

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Современные проблемы естественных наук и фармации

СБОРНИК СТАТЕЙ
Всероссийской научной конференции
(Йошкар-Ола, 16–19 мая 2023 г.)

Выпуск 12

ЙОШКАР-ОЛА
2023

УДК 61+50
ББК Бя431+Ря431
С 568

Редакционная коллегия:

О. Л. Воскресенская (отв. ред.), д-р биол. наук, проф.;

Н. В. Щеглова (отв. ред.), канд. хим. наук, доц.;

И. Б. Яковлев, д-р фармацевт. наук, проф.;

Е. А. Алябышева, канд. биол. наук, доц.;

А. Е. Аничкин, канд. биол. наук, доц.;

А. А. Павлов, канд. хим. наук, доц.

Г. П. Дробот, канд. биол. наук, доц.

*Утверждено ученым советом
Марийского государственного университета*

Современные проблемы естественных наук и фармации : сборник статей Всероссийской научной конференции (Йошкар-Ола, 16–19 мая 2023 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет». – Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2023. – Вып. 12. – 570 с.

ISBN 978-5-907622-43-2.

В сборнике материалов Всероссийской научной конференции «Современные проблемы естественных наук и фармации» представлены статьи участников конференции, охватывающие широкий круг научных исследований в области биологии, экологии и природопользования, химии и фармации. Сборник представляет интерес для научных работников, преподавателей вузов и средних образовательных учреждений, аспирантов, студентов, а также школьников.

УДК 61+50
ББК Бя431+Ря431

ISBN 978-5-907622-43-2

© ФГБОУ ВО «Марийский
государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ.....	12
<i>Абазов Р. Э., Чекуришвили Л.А., Маргиев Д.Н., Макарова Л.М.</i> Медико – генетические аспекты алкоголизма с позиции энзимологии	12
<i>Бедова П. В., Гусева К. Е.</i> Структурно-функциональная организация макрозообентоса озер Светлое и Гусинец.....	15
<i>Белослудцева Н. В., Игошкина А. Д., Урюпина Т. А., Дубинин М. В., Белослудцев К. Н.</i> Поведенческое фенотипирование SOD1-трансгенных мышей на ранней стадии развития бокового амиотрофического склероза	17
<i>Берникова С. М., Степанова Е. С.</i> Биохимические показатели крови у жителей района урановых месторождений	19
<i>Воробьева И. Г., Погнышева А. В.</i> Герпетобионты лесопарка «Сосновая роща»	22
<i>Горячева Р. Г.</i> Анализ динамики и структуры паразитарных заболеваний в Республике Марий Эл за 2018 - 2021 г.г.	25
<i>Дробот Г. П.</i> Результаты регионального этапа всероссийской олимпиады школьников по биологии в 2022 - 2023 уч. году: проблемы и пути решения.....	27
<i>Дубинин М. В., Игошкина А. Д., Степанова А. Е., Кислицына Э. И., Бейшеналиев Ж. Б., Попенова Т. А., Турбина И. А., Михеева И. Б.</i> Оценка влияния митохондриальной трансплантации на ультраструктуру скелетной мускулатуры дистрофин-дефицитных мышей.....	30
<i>Дудник Д. Е., Иркутова А. Н., Малкова А. Н., Каргашилова Е. Н.</i> Антагонистическая активность природных штаммов <i>Vacillus</i> spp. в отношении тест-культур <i>Staphylococcus</i> spp.	33
<i>Еримбетов К. Т., Обвинцева О. В.</i> Аминокислоты с разветвленной углеродной цепью как сигнальные молекулы	35
<i>Зелеев Р. М.</i> Возможности параметрического подхода в построении системы четырехногих клещей (<i>Acari, Eriophyoidea</i>)	37
<i>Зимина Д. А.</i> Влияние препарата NS1619 на некоторые цитохимические показатели лейкоцитов при мышечной дистрофии Дюшенна у мышей.....	39
<i>Калачева Л. Н., Канчурова Е. А.</i> Исследование влияния биологически активной добавки к пище «Коллоидный магний» на физиологические и функциональные показатели лабораторных животных	42
<i>Кирилов П. Д.</i> Экологическая структура орнитоценоза больничного парка Йошкар-Олинской городской больницы	45
<i>Кирилов П. Д.</i> Видовой состав и обилие гнездовой фауны птиц больничного парка Йошкар-Олинской городской больницы	47
<i>Козикова Е. С.</i> Динамика некоторых лейкоцитарных параметров крови у мышей с мышечной дистрофией Дюшенна на фоне действия 20-гидроксиэкдизона.....	49
<i>Коробейникова А. К., Охотникова В. М.</i> Музей-гербарий «YOLA» им. Н. В. Абрамова Марийского государственного университета	52
<i>Малкова А. В.</i> Эффективность нового поликомпонентного бациллярного биопрепарата при прорастивании семян овса в лабораторных условиях	55
<i>Михайлова И. Д., Лукаткин А. С.</i> Активность каталазы в растениях и каллусах огурца и редиса при действии тяжелых металлов	57
<i>Мищенко А. В., Артемьева Е. А.</i> Минирующие чешуекрылые-вредители <i>Hypericum perforatum</i> L. в Ульяновской области	59
<i>Мубаракова Д. Р.</i> Состав черноольховых лесов в заповеднике «Большая Кокшага»	61
<i>Нагуманов Ш. З.</i> <i>Cortinarius violaceus</i> (L.) Gray в Национальном парке «Марий Чодра».....	64
<i>Нгуен М. Т., Иванцова Е. А.</i> Таксономический состав фауны филлофагов в насаждениях урбанизированных территорий Волгоградской области.....	65

Неклюдова В. Д. Местонахождение кряквы в городе Йошкар-Ола.....	67
Панкратов А. А. К вопросу о показателях видового богатства фитобиоты водных объектов и ландшафтов их долин применительно к методологии изучения островных экосистем (на примере Нижегородской области).....	70
Полянская Т. А. Онтогенетическая структура ценопопуляций песчанки скальной (<i>Eremogone saxatilis</i> (L.) Kohn.) в национальном парке «Марий Чодра».....	72
Прохорова М. А. Фауна беспозвоночных животных государственного природного комплексного заказника Республики Марий Эл «Горное Заделье».....	74
Псарева В. Д., Котельникова В. Д. Особенности флоры скверов и парков г. Новокуйбышевска (Самарская область).....	76
Рахмаева С. О., Забиякин В. А. Гибель птиц от столкновения с шумозащитными ограждениями магистрали в створе улиц Кирова и Строителей: первые результаты исследований.....	78
Смелова А. Д. Морфологическая оценка влияния метаболического модулятора уридина на печень при экспериментальном диабете II типа у мышей.....	82
Snedkova P. V., Maryasova E. A. Review of biotechnological methods for the cultivation of microalgae.....	85
Суворова О. В. Флористический состав некоторых растительных сообществ с высоким проективным покрытием люпина многолистного (<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl.) на территории Республики Марий Эл.....	88
Теплых А. П., Жукова Ю. В. Семейство губоцветные (Lamiaceae) во флоре Республики Марий Эл.....	90
Федосова Ю. Е., Добрунов А., Разуваев Г. А., Максимов А. А., Крыльский Е. Д. Активность Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и НАДФ-зависимой изоцитратдегидрогеназы при ротенон-индуцированной болезни Паркинсона и введении 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2,3,4-тетрагидрохинолина.....	93
Федотова А. С. Анатомическое строение таллома лишайника пармелии бороздчатой (<i>Parmelia sulcata</i> Tayl.).....	95
Чикишев Р. В. Функциональное состояние дыхательной системы у первокурсников с разным уровнем физической подготовленности.....	97
Шайхутдинова З. Р. Морфометрические признаки тимьяна блошиного <i>Thymus pulegioides</i> L.....	99
Эркаева Д. Р. Численность и размещение врановых птиц на территории города Йошкар-Ола.....	101
Яндубаева О. Н. Выявление этилового спирта в биологических жидкостях пациентов лечебно-профилактических учреждений города Йошкар-Олы в 2022 году.....	104
ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	106
Абрамов С. П., Тимахович Н. В., Евстифеева Т. А. Оценка эффективности противопожарных мероприятий на территории земель лесного фонда Оренбургской области.....	106
Абударова З. Р. Изучение причин «цветения» Павловского водохранилища.....	108
Авраменко М. В. Роль зеленых насаждений для оптимизации микроклимата на урбанизированных территориях.....	109
Акмалова З. Б., Мингазова Н. М., Мирюлова Л. С., Шуганов И. С. Инвентаризации озер Лаишевского района Республики Татарстан и возникающие экологические проблемы.....	112
Алябьева Е. А. Изменение количества корневых волосков у проростков донника белого (<i>Melilotus Albus</i> Medik.) под влиянием ионов свинца.....	115
Алябьева Е. А. Изменение уровня шума в зависимости от типа конструкции зданий (на примере г. Йошкар-Олы).....	117
Ананьев В. Д., Гусельников Г. М., Жукова Ж. С. Проблемы концепции устойчивого развития.....	119
Андрейчев А. В. Редкие виды млекопитающих для переиздания Красной книги Республики Мордовия.....	122
Андрейчев А. В., Крыгина М. А., Майданов М. С. Флуктуирующая асимметрия краниологических признаков мелких млекопитающих в Мордовии.....	125
Артюхин Е. М., Башмаков Д. И. Влияние природных и антропогенных факторов на величину флуктуирующей асимметрии листьев <i>Betula Pendula</i> Roth в г. Арзамас.....	127
Афанасьева Н. О. Оценка скорости деструкции нефтяного пятна на водной поверхности для некоторых деструктивных факторов.....	130
Байчурина Ю. В. Борьба с сорными растениями, как незаменимый способ защиты агроценозов.....	132

Баранова И. С. О пирогенной динамике растительного покрова на гарях 2010 и 2021 г.г.....	135
Башмаков Д. И. Эффективность протекторного действия регуляторов роста при кратковременной экспозиции эпидермальных клеток лукавицы <i>Allium cepa</i> L. с ионами тяжелых металлов.....	137
Бекмансуров М. В. О флористическом разнообразии в лесных культурах на приовражно-балочных землях	140
Беренцева С. В., Малева М. Г., Собенин А. В., Борисова Г. Г. Изменения в пигментном комплексе березы повислой в зоне влияния промышленного кластера на территории г. Челябинска.....	142
Бодак А. А. Загрязнение снежных масс г. Омска продуктами сгорания автомобильного топлива	145
Васильев Г. А. Оценка радиэкологической обстановки туристско-рекреационного комплекса «Парк три Вулкана» Елизовского района Камчатского края	148
Волкова Д. А. Содержание минеральных форм азота и тяжелых металлов в воде реки Илеть.....	151
Гаврилов М. В., Кузнецова К. К. Исследование шумового загрязнения г. Краснодара в пределах улиц Московская и Солнечная	154
Галактионов И. С., Жуйкова Т. В. Оценка вклада оператора в общую изменчивость флуктуирующей асимметрии листовой пластинки <i>Betula pendula</i> Roth.....	157
Галева А. И., Мингазова Н. М., Гильманишин И. Р. Универсальная лимно-экологическая классификация для оценки биологических ресурсов озер (на примере г. Казани)	160
Герасимова Н. К., Милютин В. Е., Рыбакова В. А. Оценка загрязненности снегового покрова в зависимости от расстояния от автомагистрали методом фитоиндикации.....	162
Дауара А. Аккумуляция тяжелых металлов хвоей и листьями растений города Дамаск.....	164
Дмитриева О. О., Самонова А. Ю., Башмаков Д. И. Жизнеспособность и окислительный статус клеток при экспонировании изолированного эпидермиса <i>Allium cepa</i> L. на среде, содержащей ионы тяжелых металлов.....	167
Дрангой А. В., Воскресенский В. С. Влияние климатических факторов на содержание радионуклидов в листьях ряда растений	170
Дуденкова Н. А., Шубина О. С. Влияние жесткого ультрафиолетового излучения на клетки организма	173
Жуйкова Т. В., Мелинг Э. В., Попова А. С. Морфотипическое разнообразие листьев <i>Betula pendula</i> Roth: изменение в градиентах техногенной трансформации почв и погодных условий	175
Загайнова Е. А. Жизненное состояние древесных растений, произрастающих на территории Центрального парка культуры и отдыха города Йошкар-Олы.....	178
Закамская Е. С. Тяжелые металлы на полигоне твердых коммунальных отходов.....	180
Ибатуллина Д. Э. Предпосевная обработка семян растений хитинсодержащими растворами.....	182
Иванова Р. Р. Оценка экологического состояния урбанизированной территории методами биомониторинга.....	183
Калоев Д. З. Перспективы развития морской ветроэнергетики	186
Калюжный М. А., Лемешко П. В. Оценка токсичности наноматериалов по отношению к калифорнийским червям	189
Калыгина Т. А., Крапивникова О. В., Меркулова М. А. Экологический мониторинг: оценка состояния качества воды методом биологической индикации.....	191
Киреева О. А. О роли животных в жизни людей эпохи неолита	193
Кириллов Н. А., Григорьев С. Н., Яковлева Л. М. Проблема сохранения и восстановления фонда лекарственных растений на территории Чувашии	196
Колесов А. В. Биоиндикация состояния воздушной среды в Кировском административном округе города Омска по состоянию морфологических признаков хвои сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i>).....	199
Коренькова О. О. Оценка биоэкологического потенциала крымской популяции <i>Juniperus foetidissima</i> Willd.....	201
Кориунов Н. А. Оценка кислотно-щелочного режима почвенного покрова г. Йошкар-Олы	203
Крючкова Д. В., Домингуш Санка Валтер, Комарова Д. В., Бочарова Ю. А. Возрастные особенности и профилактика травматизма на соревнованиях по спортивно-бальным танцам.....	205

Кузнецов М. Д., Лисицына О. С., Саранцев Е. Площадь и масса листа березы повислой и их связь с усыханием кроны в условиях автотранспортного загрязнения воздуха	208
Кузнецов С. Е., Бонсэйн Йоалнгар, Сангаджиев Б. Н., Анищенко Д. А. Информационное общество и безопасность личности.....	210
Кузнецова К. К. Изучение воздействия шума на зону жилой застройки Карасунского округа	212
Кужлина В. Е. Мониторинг атмосферного воздуха на территории г. Йошкар-Олы	215
Куприянов И. А., Тимофеева Н. Д. Причины и последствия популяционных взрывов желетелых в Азовском море	218
Курбатов С. А. Закономерности распределения тяжелых металлов в системе «вода-донные отложения-гидробιονты»	221
Липатникова А. В. Изучение водоемов Лысьвенского городского округа методом биотестирования инфузориями	224
Лукина Н. В., Глазырина М. А., Филимонова Е. И., Чибрик Т. С. Medicago media в опытных посевах на золоотвале Южноуральской ГРЭС	226
Максименко А. А., Сайфетдинов А. Р. Современные тенденции экологических проблем в сельском хозяйстве (загрязнение почвы и воды, вырубка лесов и деградация биоразнообразия) и инновационные методы для решения этих проблем	229
Мехтиева Л. А., Иванова В. М., Кириенко Ц. В. Предпосылки ноосферы – садово-парковые ландшафты.....	231
Миннигалиева К. О., Жуйкова Т. В. Влияние полиметаллического загрязнения почв на водный обмен травянистых растений	234
Мосягина Д. Д. Обзор существующих методик расчета выбросов парниковых газов по протоколу GHG	237
Мусаев Элбек Ориф угли Оценка визуальной среды на территории кампуса Марийского государственного университета	239
Мякишева Ю. В., Павлов А. Ф., Родионова Г. Н. Анализ влияния загрязнителей атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения Куйбышевского района г. Самара	241
Никитина М. В., Саулина П. А., Моисеева Е. С. Применение остаточного активного ила в качестве субстрата для выращивания овса посевного	243
Николаева Ю. М. Содержание органических кислот в нивянике обыкновенном в зависимости от условий произрастания.....	245
Николаева Ю. О., Моковеева М. В. Оценка знаний студентов Марийского госуниверситета о «синдроме больного здания»	248
Оленникова Н. Н., Лобченко Е. Е. Качество воды и тенденции изменения среднегодовых концентраций наиболее характерных загрязняющих веществ воды реки Сула Ненецкого автономного округа	250
Оленникова Н. Н., Лобченко Е. Е., Корягина Н. В. Тенденции изменения максимальных концентраций характерных загрязняющих веществ в воде р. Воркута в контексте экологических проблем урбанизированных территорий	253
Пацутина Е. Н., Соколова Е. И. Анализ распространения <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. в Луганске	255
Петраковская Д. Н. Утилизация и повторное использование твердых отходов бурения	257
Петров Ю. В. Геоэкологические принципы организации природопользования в ресурсодобывающем субъекте РФ	260
Плотникова В. Д., Романова Е. Б. Гуморальный иммунный ответ зеленых лягушек рода <i>Pelophylax</i> , обитающих в различных гидрохимических условиях среды.....	263
Пугачева О. В. Оценка загрязнения почв города Бузулука по всхожести семян и проросткам кресс-салата (<i>Lepidium sativum</i>)	266
Леухин И. А., Романова Е. Н. Влияние городской среды на биометрические показатели некоторых однолетних декоративных растений	268
Рассказов А. А. Наилучшие технологии как основа охраны атмосферного воздуха	271
Русских Е. А., Сабитова А. Н., Нишанов Т. И. Газоустойчивость и аккумуляционная способность березы повислой к сернистому ангидриду	273
Саблина А. С. Оценка качества воды нецентрализованного водоснабжения на территории СНТ «Дружба»	275

<i>Сарбаев Д. А.</i> Геймификация как современный инструмент формирования экологической культуры молодежи	279
<i>Сарбаева Е. В.</i> Сезонная динамика изменения активности пероксидазы и каталазы в побегах можжевельника казацкого в условиях урбанизированной среды	281
<i>Скулкина Е. А., Дрангой А. В., Скулкина О. А.</i> Содержание радионуклидов в листьях травянистых растений, произрастающих в разных условиях	283
<i>Скулкина О. А., Овчинникова Е. С., Скулкина Е. А.</i> Роль акустических экранов в шумозащите в условиях города Йошкар-Олы	286
<i>Старикова Е. А.</i> Накопление свинца хвойными растениями в условиях городской среды (на примере г. Йошкар-Олы)	288
<i>Тоймастова З. В.</i> Экологическая характеристика местообитаний пупочника завитого (<i>Omphaloides scorpioides</i> (Hanke) Schrank)	290
<i>Угольков И. А.</i> Право граждан на благоприятную окружающую среду	293
<i>Холиков М. Н.</i> Характеристика травяно-кустарничкового яруса в посадках сосны в разных экологических условиях	295
<i>Черных В. В., Желонкина О. Ю.</i> Экологические особенности функциональных зон г. Йошкар-Олы	298
<i>Чуканов А. К.</i> Проблема загрязнения малых рек в пределах агроландшафтов Владимирской области	301
<i>Шишкин А. Ю., Аникина Н. А., Смирнов В. Ф., Смирнова О. Н., Абустина А. С.</i> Биоповреждения памятников культурного наследия федерального значения (Владимирская область)	303
<i>Ягдарова О. А.</i> Влияние экологических условий на биометрические показатели мяты полевой	305
ФАРМАЦИЯ	309
<i>Абрамян А. С., Макарова Л. М., Погорельый В. Е.</i> К вопросу межвидового различия системы цитохрома P450 при проведении доклинических исследований лекарственных средств	309
<i>Аканаева А.</i> К столетию со дня рождения выдающегося ученого в области фармакогнозии Сюезовой Зинаиды Фоминичны	312
<i>Андреева Е. А., Рогожников Е. П., Рогожников А. Ю., Помазанов В. В., Марданлы С. Г.</i> Продукты компании ЗАО «ЭКОлаб»	313
<i>Ахтамов И. И.</i> Отхаркивающие средства растительного происхождения	317
<i>Батрова С. В.</i> Производственная аптека - пережиток прошлого или шаг к совершенствованию системы здравоохранения	320
<i>Бурдакина И. А., Искусных А. Ю.</i> Хиральность как свойство природных систем: значение в биологии и фармации	322
<i>Васильева Т. Е.</i> Рациональность введения дополнительных брошюр к инструкциям лекарственных препаратов на марийском языке	324
<i>Высоков Я. Р., Киселева В. А., Помазанов В. В., Зыкова С. И.</i> Производственные аптеки: прошлое, настоящее, будущее	326
<i>Грищенко И. В., Искусных А. Ю.</i> Гистамин и блокаторы гистаминовых рецепторов: механизм действия, клинические эффекты	330
<i>Дмитряди И. Р.</i> Адель Федоровна Гаммерман: ее след в жизни Пермской государственной академии - ученики и ученики учеников	333
<i>Жидкова Ю. Ю., Ковалева А. А., Гармашова И. В., Ватанская О. А., Климкина Е. А.</i> Разработка состава, технологии и определение показателей качества пленок лекарственных с эторикоксибом	336
<i>Загайнова Н. А.</i> Анализ устойчивости антибиотиков в водной среде с помощью фитотестирования	338
<i>Закамская Е. С., Ефимова Ю. В.</i> Экстракция флавоноидов из листьев кипрея узколистного	341
<i>Камалова Ю.</i> Изучение биографии сотрудника ПФИ – заведующей библиотекой Розы Фоминичны Сюезовой	343
<i>Кириллов Н. А., Семенова Л. М., Григорьев С. Н., Долгова И. С.</i> Биологически активная добавка на основе селена	345
<i>Косарева А. Д.</i> Разработка и установление метрологических характеристик спектрофотометрического метода определения липофильности хлорофилла	348

<i>Кутузова Н. Н., Шатунова А. В.</i> Определение доброкачественности ЛРС Полыни горькой трава по числовым показателям	350
<i>Лебедева Е. Я., Майстренко В. А.</i> Влияние дексаметазона на выраженность нейровоспаления у крыс	353
<i>Матюкова И. Б.</i> Биологически активные вещества в листьях кипрея узколистного	355
<i>Петухова Н. А.</i> Сравнительная характеристика количественного содержания антоцианов в свежих и сухих плодах аронии черноплодной	358
<i>Петухова Н. А.</i> Флавоноиды: история открытия и дальнейшее изучение	360
<i>Пиляева Я. А.</i> Поиск и анализ данных о судьбах репрессированных фармацевтических специалистах	363
<i>Потемкина Н. М., Ханина М. А., Потемкин Е. М., Родин А. П.</i> Элементы надземной части и экстракта <i>Echinops sphaerocephalus</i> L.	366
<i>Прохорова М. С., Искусных А. Ю., Бурдакина И. А.</i> Энерготропные препараты креатин и карнитин: полезные эффекты и токсичность	369
<i>Тиньков О. В., Люленова В. В., Самко Г. Н., Григорьева Л. Д., Григорьев В. Ю.</i> QSAR моделирование ингибиторов HDAC2	372
<i>Уранова В. В., Близняк О. В., Лепёхина И. Е.</i> Количественное определение кумаринов в растительном сырье Руты душистой (<i>Ruta graveolens</i>)	375
<i>Фархутдинов А. А., Халиуллина А. С.</i> Тонкослойная хроматография в анализе фармакопейных растений: проблемы и перспективы	377
<i>Федотова А. М., Кадыров Ы.</i> Влияние диспергирования сырья крапивы двудомной на количественное содержание витаминов	379
<i>Черешнева Н. Д.</i> Влияние санкций на лекарственное обеспечение госпитального и амбулаторного звена	381
<i>Чистяков М. С.</i> Краткая ретроспектива становления аптечной службы в советской постреволюционной России	384
<i>Ханина М. А., Ермолаев И. И., Лежнина М. Г., Родин А. П., Короткова Л. О.</i> Элементы надземной части и сухого экстракта <i>Arcinum cannabinum</i> L.	386
<i>Яндыганова Р. А.</i> Анализ салицина в коре и побегах ивы козьей, ивы ломкой и ивы пепельной	389
Химия	391
<i>Айтова Е. И.</i> Особенности сорбции ионов кобальта(II) энтеросорбентом «Полиасорбин»	391
<i>Айтова Е. И.</i> Изучение сорбции катионов в системе «Поликомпонентный сорбент – Co(II) – H ₂ O»	392
<i>Атабаева Э. А.</i> Термодинамика комплексообразования в системе «Co(II,III) – этилендиамин – ЭДТА»	394
<i>Ахмадуллина Р. З.</i> Методы определения оксиэтилидендифосфоновой кислоты в воде	396
<i>Бартенева Е. С., Грехнева Е. В., Брескин К. А., Ефанов К. С.</i> Влияние физико-химических факторов на получение комплекса включения β-ЦД с нимесулидом	398
<i>Басырова Р. Р.</i> Изучение сорбционной активности энтеросорбента на основе лигнина гидролизного	400
<i>Брескин К. А., Розанова Е. Н., Жмыхов В. М., Бартенева Е. С.</i> Изучение и сравнение белковых пенообразователей на основе гидролизатов кератинсодержащего сырья, полученных гидролизом с использованием гидроксида натрия и смеси гидроксида натрия с гидроксидом кальция	402
<i>Брыксина В. А., Айдемирова Ф. А., Байшева У. В., Курьято Н. А.</i> Исследование возможности применения лекарственного препарата для противокоррозионной защиты стали в кислой среде	404
<i>Васильева П. А.</i> Изучение геометрического строения комплексов Co(II) с азотсодержащими лигандами	406
<i>Веселова Е. А., Партыка А. А., Вяткина О. В.</i> Влияние термообработки на фотокаталитические свойства TiO ₂	408
<i>Волков А. В.</i> Мониторинг концентрации фенола в атмосферном воздухе г. Йошкар-Ола	410
<i>Вотинцева С. А., Булатова Е. Э., Надейкина А. П.</i> Разработка состава лекарственной пленки на основе желатина	412
<i>Галкин Д. С.</i> Однородно- и смешаннолигандное комплексообразование меди(II) с трис-(1-гидроксиэтил)аминометаном и этилендиамином в водных растворах	415
<i>Глушакова М. Е.</i> Получение 4-нитро-2-аминобензойной кислоты	418

Головина Н. В. Кинетика сорбции метиленового синего хитозаном, хитином и пленочными материалами на их основе	420
Головьев М. Д., Зяблищева Я. И., Адамович Т. А. Сравнительные исследования флавоноидов и антиоксидантной активности плодов и листьев брусники обыкновенной и кизила обыкновенного	423
Гольшиева А. Н. Изучение стабильности фурфурола в органических растворителях	425
Гольшиева А. Н., Герцен М. М. Разработка способа повышения содержания кислородсодержащих функциональных групп в составе гуминовых кислот	428
Горшков А. А. Оптическая ширина запрещенной зоны и магнитная восприимчивость нанокompозитов на основе магнетита, кремнезема и анатаза, осажденных гидротермальным пероксо-методом	431
Григорьева В. С. Взаимодействие пара-метоксисалкона с аминами	434
Гуров Д. С. Определение тепловых эффектов реакций комплексообразования 3d-металлов с ЭДТА	437
Дудина Е. А. Спектрофотометрическое исследование комплексных соединений железа(III) с диэтилентриаминпентауксусной кислотой в водных растворах	439
Егорова Е. А. Комплексообразование никеля(II) в водных растворах при совместном присутствии диэтилентриаминпентауксусной кислоты и этилендиамина, диэтилентриамина	443
Ежова И. А. Изучение сорбции в системе «Pb ²⁺ – Полиапсорбин – вода»	445
Ежова И. А. Изучение реакции комплексообразования ионов цинка с ксиленоловым оранжевым	446
Жданова К. В. Особенности процессов электрохимического никелирования изделий из кобальта	448
Желонкина А. В. Определение вредных веществ в воздухе	450
Зяблищева Я. И., Головьев М. Д., Адамович Т. А. Плоды и листья кизила обыкновенного и брусники обыкновенной как источники антоцианов	453
Иванова Е. В. Взаимодействие пара-диметиламинохалкона с фенилгидразином в различной среде	455
Иванова Е. С. Исследование химических взаимодействий гидразонов некондиционного ракетного топлива гептил с тетрацианоэтиленом	457
Иванова Т. А. Анализ растворов используемых в процессе иммерсионного золочения печатных плат	458
Исламов И. И., Юсупова А. В., Макаров А. А., Джемилев У. М. Направленный синтез новых соединений, содержащих в структуре фармакофорные 1Z,5Z-диеновые и алкилкарбинольные фрагменты	461
Карпова К. А. Метрологические характеристики спектрофотометрического метода количественного определения глицина	464
Киба А. В. Разработка рецептуры геля из ксантановой камеди с добавлением лидокаина, экстрактов ромашки и прополиса	466
Кислицына Е. А. Исследование влияния состава торфсмеси на содержание биологически активных веществ в мелиссе лекарственной	469
Князев Д. А. Влияние водорода как газа-носителя на непредельные органические соединения в масс-спектрометрическом детекторе	471
Кобякова М. Е., Кудрявцев Т. А., Белоусов С. Ю., Колесов В. И. Исследование таутомеризации С-нитроимидазо[4,5-е]бензо[1,2-с;3,4-с']дифуроксана методами квантовой химии	473
Коновалова Д. В., Соловьева А. Ю. Качественный и количественный состав полифенолов облепихи крушиновидной и аронии черноплодной	475
Корсакова В. Е. Определение содержания кобаламина в фармацевтических препаратах и биологически активных добавках методом спектрофотометрического анализа	476
Кошкин А. А. Хелатирование катионов никеля(II) этилендиаминтетрауксусной кислотой в водных растворах диэтилентриамина и триэтилентетрамина	479
Курьято Н. А., Князева Л. Г., Дорохов А. В., Брыксина В. А. Использование составов на основе отработанных моторных масел в качестве ингибиторов коррозии	481
Лебедева В. В. Исследование процесса комплексообразования Cu(III) с аланином электрохимическими методами	483
Макаров К. В. Стабилизация меди(III) нитрилотриметилфосфоновой кислотой	485
Макаров К. В., Лоскутов В. В. Исследование скорости растворения этилцеллюлозы в бутилацетате методом рефрактометрии	487

Макарова Э. Х., Ишбулатов И. В., Макаров А. А. Реакция каталитического гомо-цикломагнирования в синтезе дийод- δ -дилактона	490
Медведев Д. А. Сорбционные свойства хитина и продуктов его частичного дезацетилирования.....	491
Меренкова А. М., Кудрявцев Т. А., Кудрявцева Т. Н., Мельниченко В. Э. Синтез 4-((2-гидрокси-9-оксо-9,10-дигидроакридин-3-ил)дiazенил)бензолсульфоновой кислоты и ее устойчивость в водных растворах.....	494
Михайлов А. Д. Сорбция паров воды кристаллизующимися арамидными волокнами	496
Михайлова Э. А. Получение N-2,4-динитрофенил-N'-2,5-дибромбензоил-п-фенилендиамин	499
Михеев Н. В. Спектрофотометрическое исследование гетеролигандного комплексообразования в системе кобальт(II) – нитрилотриуксусная кислота - этилендиамин.....	502
Пантюхин В. А. Изучение молекулярного механизма разложения органических нитратов	504
Петухова М. Э. Состояние катионов кобальта(II, III) в водных растворах трис-(1-гидроксиэтил)аминометана	506
Полевщиков Д. И., Лоскутов В. В. Исследование концентрационных и температурных зависимостей вязкости и плотности растворов этилцеллюлозы в бутилацетате	508
Прокофьева С. А., Губа Е. Н., Бабаков А. Н. Вопрос безопасности натуральных и синтетических добавок	511
Сазанова Г. С. Исследование комплексообразования в тройной системе Fe(III) –Sm(III) –яблочная кислота.....	514
Сазанова Г. С. Комплексы самария(III) с яблочной кислотой в водном растворе	517
Сидоркина Д. Ю. Изучение кинетики окисления комплекса кобальта(II) с этилендиамином.....	519
Сидуков Д. А. Изучение строения комплексов Ni(II) с этилендиамином.....	520
Скалозуб Ю. Р., Митракова Е. А. Изучение влияния массы сорбента на процесс сорбции красителя кислотного зеленого антрахинонового H2C мелом	523
Смелова А. Д. Содержание органических кислот и аскорбиновой кислоты в свежих плодах калины	525
Смелова М. Е. Сорбционные свойства лекарственного препарата на основе диоктаэдрического смектита.....	527
Сорокина К. В. Фотометрическое определение подвижной серы в присутствии органилового К	530
Суркова Н. П. Термодинамика комплексообразования в системе Co(II) – ЭДТА	533
Сулейманова Д. Р. Получение 3-бром-4-метоксибензальдегида	536
Танакова А. В. Подходы к получению эфиров антраниловой кислоты	538
Уваров А. А. Некоторые термодинамические характеристики ортованадата железа (III).....	541
Феофанов М. С. Квантово-химический расчет геометрии и параметров реакции образования транс-изомеров бис-иминодиацетата кобальта(III).....	543
Фирстова Л. А. Сорбция метиленового синего энтеросорбентами на основе коллоидного диоксида кремния	546
Хазиев А. Р. Аспекты хромато-масс-спектроскопического анализа хлорорганических веществ	549
Шамова Д. Э. Изучение сорбционных свойств сорбента “Полифепан” к ионам Cu ²⁺	551
Шарифуллина Я. Р. Получение амидов 4-метоксикоричной кислоты	553
Щеглова Н. В., Петухова Т. В., Фокин А. С., Михайлов Д. А., Власова Е. Б., Пономарёва И. Г. Определение восстановителя в растворах химического никелирования	556
Яндулов К. В. Получение амида орто-аминобензойной кислоты	558
Яппаров Р. Т. Агрегативно кинетическая устойчивость остаточных продуктов переработки нефти при высоких температурах	561
Яшина М. С. Структура комплексов кобальта(II) с триэтилентетраминном.....	564



16–19 мая 2023 г. состоялась двенадцатая Всероссийская научная конференция «Современные проблемы естественных наук и фармации». Организатором конференции является Институт естественных наук и фармации федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Марийский государственный университет».

Всероссийская научная конференция «Современные проблемы естественных наук и фармации» традиционно была направлена на обмен информацией о результатах фундаментальных исследований в области биологии, химии, фармации, экологии и природопользования. Наряду с фундаментальными вопросами на конференции обсуждались практически значимые проблемы и инновации в перечисленных областях науки. 2023 год был объявлен в России Годом педагога и наставника с целью признания особого статуса представителей профессии, поэтому ряд докладов конференции был посвящен значительной роли преподавателей высших образовательных учреждений в становлении и развитии кафедр и факультетов, в подготовке высококвалифицированных кадров.

Участниками конференции в 2023 году стали более 300 преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов образовательных учреждений, научных центров и предприятий из тридцати пяти городов России. Было заслушано более 80 устных докладов, в том числе и в дистанционном формате. Значительное количество докладов было представлено во время стендовых сессий.

Во время работы конференции проходил конкурс студенческих научных работ с номинациями «Лучший научный доклад в виде мультимедийной презентации» и «Лучший научный стендовый доклад», победители которых получили дипломы и памятные призы. Были отмечены научная новизна представленных докладов и большой потенциал молодых исследователей.

Всероссийская научная конференция «Современные проблемы естественных наук и фармации» прошла на высоком научном уровне и в благоприятной атмосфере, обсуждаемые проблемы отличались актуальностью и значимостью, что способствовало высокой активности участников в научных дискуссиях и установлению новых профессиональных контактов.

Организационный комитет Всероссийской научной конференции «Современные проблемы естественных наук и фармации» выражает благодарность за оказанную поддержку:

- ООО «Диаэм»
- ЗАО «СКБ Хроматэк»
- ООО Премьер-Пласт
- ООО «Технотех»



Медико – генетические аспекты алкоголизма с позиции энзимологии

Абазов Р. Э., Чекурушвили Л.А., Маргиев Д.Н., Макарова Л.М.

Науч. рук. – Погорельый В. Е., д-р биол. наук, профессор

Пятигорский медико-фармацевтический институт –
филиал ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Пятигорск
abazovvv@yandex.ru

Алкоголизм – это хроническое неинфекционное заболевание, которое протекает с фазами обострений и ремиссий. Ведущими расстройствами при этом заболевании являются патологическое влечение к алкоголю и абстинентный синдром при прекращении приема алкоголя. В процессе заболевания развиваются соматоневрологические и социальные осложнения. Необходимо подчеркнуть, что в России алкоголь является наиболее популярным и распространенным психоактивным веществом (ПАВ). Несмотря на рост наркомании, алкоголизм остается доминирующим в нашей стране [1].

По данным ВОЗ, алкоголизмом в мире страдают около 70 млн человек. Распространенность алкоголизма составляет 2 %. В Российской Федерации в 2000 г. состояло на учете 1513,1 чел. На 100 тыс. населения (около 1,5 %). При этом надо иметь в виду, что истинное число случаев в 2–3 раза превышает официальные данные. По оценкам экспертов ВОЗ, количество алкоголиков составляет около 5 млн. человек, или 3,4 % от всего населения России. Важно то, что в последние десятилетия в России увеличились масштабы злоупотребления алкоголем.

Так, главный показатель злоупотребления алкоголем – потребление алкоголя на душу населения – за минувшие два десятилетия возрос в 1,5 раза и достигает 18 литров абсолютного алкоголя на человека в год, в то время как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) считает, что уже 8 литров алкоголя представляет тот предел, который угрожает генофонду любой нации.

Проблемы, связанные с потреблением алкоголя, – это не только проблемы России. Злоупотребление алкоголем – это широко распространенная проблема, особенно в западных странах. Самое большое потребление алкоголя обнаружено в развитых странах, преимущественно в Северном полушарии. После незначительного падения потребления в начале 90-х годов потребление алкоголя в Европе возросло и достигло в среднем 12,5 литра абсолютного алкоголя на душу населения. Это значит, что имеется от 1,5 до 2 млн алкоголиков (4–5% взрослого населения) и 5 млн злоупотребляющих алкоголем (бытовых пьяниц).

Таблица 1

Органы-мишени при отравлении этанолом и продуктами его метаболизма [3–6]

Орган	Последствия для организма	
Головной мозг	Центр эмоций	Приводит к ухудшению когнитивных функций. Процесс обратим, если полностью отказаться от спиртного до необратимых изменений в гиппокампе.
	Кора	Высшие когнитивные функции притупляются, кора растормаживается. Снижение критичности и скорости восприятия информации. Активно деградирует.
	Гипоталамус и гипофиз	Проблемы с гормональным балансом. Угнетение способности обучаться, усваивать новое вплоть до полной утраты.
	Продолговатый мозг	Угнетение базовых функций: дыхания, терморегуляции и др.
	Мозжечок	Неспособность в полной мере координировать движения.
	Мезолимбический путь	Этанол стимулирует выработку дофамина – формирование привычки.
Миндалевидное тело	Нарушения анализа возникающих опасностей, формирования эмоционального состояния и воспоминаний. Постепенное повышение устойчивости к алкоголю. (Протеинкиназа С)	
Сердце	Сердечная недостаточность. Боли в области сердца и изменения электрокардиограммы, подобные ИБС. Аритмии.	
Печень	Прямое и опосредованное гепатотоксическое действие. Алкогольная болезнь печени, цирроз.	
Почки	Начало заболевания: алкогольный токсический нефроз. В дальнейшем – алкогольный гломерулонефрит и пиелонефрит.	

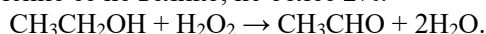
Предрасположенность к алкоголизму связана с генами, которые можно разделить на:

- отвечающие за метаболизм спиртного
- связанные с нейropsychической деятельностью [2].

Известно, что любое вещество, поступившее в организм, сначала обезвреживается в печени, и только потом выводится из организма. Этиловый спирт имеет довольно простое химическое строение, поэтому в его метаболизме участвует 2 основных фермента, один из которых локализуется в цитоплазме гепатоцитов – это алкогольдегидрогеназа (АДГ), а другой – в митохондриях – ацетальдегиддегидрогеназа (АЛДГ). Работа фермента АДГ и его фракций, катализирующих реакцию окисления этанола с образованием токсического вещества ацетальдегида, представляет один из основных путей метаболизма спирта. Дальнейшее преобразование ацетальдегида проходит с участием фермента АЛДГ. При небольших концентрациях спирта в организме – это главный путь, через который проходит 80–90% всего этанола [7].

Второй путь определяется работой микросомальных ферментов, и в частности, работой цитохром Р-450, этот путь не отличается от метаболизма, например, лекарственных веществ. Он играет незначительную роль в случае поступления в организм небольшого количества спирта, но при регулярном его поступлении доля микросомального окисления возрастает (до 7 раз).

Третий способ связан с окислением этанола каталазой при участии перекиси водорода и образованием того же альдегида. Эта реакция характерна главным образом для нервных клеток, и протекает она в пероксисомах и цитозоле клеток, значение ее не велико, не более 2%.



Алкогольдегидрогеназа 1В (ADH1B). Выявление мутации A143G (Arg47His)

Белок алкогольдегидрогеназа состоит из альфа-, бета- и гамма-субъединиц, каждая из которых кодируется соответствующим геном. Ген алкогольдегидрогеназы ADH1B кодирует бета-субъединицу белка ADH. На активность фермента может влиять замена одного нуклеотида в кодирующей ее последовательности ДНК. В процессе эволюции образовались два варианта данного гена. Основной вариант обозначается как *1 (или А), а вариант гена, произошедший в результате мутации, – как *2 (или G). Вследствие такой замены меняется активность фермента ADH [7].

Активность фермента АДГ определяется аминокислотой в 47-м положении белка: гистидин в этом положении характерен для активной формы (ADH1B*2), а аргинин – для малоактивной (ADH1B*1). Белки, которые кодируют аллели ADH1B*2, обладают повышенной ферментативной активностью *in vitro*, что свидетельствует о быстром превращении этанола в ацетальдегид и его накоплении в крови. Аллель *2 в европейской популяции встречается редко, всего у 2 % населения. В то время как у азиатов частота встречаемости аллеля *2 составляет 73 % [7, 8]. Выявление данного генетического маркера может во многом объяснить различия в реакции на алкоголь у разных людей [5].

Альдегиддегидрогеназа 2 (ALDH2). Выявление маркера G1510A (Glu504Lys)

Существует два основных изофермента альдегиддегидрогеназы (ALDH): цитоплазматический и митохондриальный. Ген, кодирующий митохондриальную форму фермента, называется ALDH2 и локализован на 12-й хромосоме. Отсутствие активности фермента ALDH2, по-видимому, является причиной непереносимости алкоголя, наблюдаемой у азиатских и северных народностей.

На активность фермента сильно влияет замена одного нуклеотида в кодирующей последовательности ДНК. В процессе эволюции образовались два варианта данного гена. Основной вариант обозначается как *1 (или G), а вариант гена, произошедший в результате мутации, обозначается как *2 (или А). Вследствие такой замены фермент ALDH2 утрачивает активность. Присутствие в генотипе даже одного аллеля *2 значительно снижает работоспособность альдегиддегидрогеназы, и как следствие, вызывает непереносимость алкоголя. Glu504Lys – происходит замена глутаминовой кислоты на аминокислоту лизин в белке в позиции 504 [7, 8].

У некоторых людей после употребления даже небольшого количества алкоголя проявляются признаки непереносимости: покраснение лица, тахикардия, тошнота, мышечная слабость и другие. Такое врожденное свойство сохраняется на всю жизнь и связано с особенностями метаболизма. При этом этанол достаточно быстро превращается в ацетальдегид, спирт быстро удаляется из крови (присутствуют аллели ADH1B*2 и ADH1C*1 (ген ADH1C отвечает за скорость элиминации, у варианта ADH1C*1 она наибольшая). Но ацетальдегид, в свою очередь, расщепляется очень медленно и циркулирует в крови в высоких концентрациях (недостаточная активность ферментов обусловлена аллелем ALDH2*2). Именно его длительное присутствие и вызывает неприятные симптомы и плохое самочувствие у человека сразу после принятого алкоголя [5]. Такой вариант метаболизма считается в какой-то мере защитой от алкоголизма. При постоянном употреблении алкоголя существует повышенный риск развития рака печени, пищевода, так как ацетальдегид является канцерогеном. Этот тип обмена спиртов встречается преимущественно в азиатской популяции.

У большинства европейцев все происходит наоборот: первый этап окисления идет медленно (аллели ADH1B*1 и ADH1C*2), и этанол длительно не выводится из организма, а второй этап (превращение до нетоксичных продуктов – ацетата) – быстро (за это отвечает «быстрый» аллель альдегиддегидрогеназы ALDH2*1) [7]. При таком варианте работы ферментов риск развития алкогольной зависимости выше. Соответственно, и риск развития заболеваний вследствие токсического действия этанола значительно возрастает [5].

Цитохром 2E1 (CYP2E1)

Цитохром 2E1 (CYP2E1) участвует в метаболизме ацетона, бензола, а также тетрахлористого углерода и других канцерогенов, присутствующих в табачном дыме. Фермент также участвует в метаболизме этанола [5].

Длительное злоупотребление алкоголем стимулирует продукцию цитохрома P-450 (CYP2E1), обеспечивая более быструю элиминацию этанола у больных алкоголизмом [9]. Эти нарушения функции микросомальной этанол-окисляющей системы, наряду с повышенной выработкой ацетальдегида, способствуют снижению обезвреживающей функции печени по отношению к экзогенным токсинам и этанола в том числе [10].

Таблица 2

Оценка генотипа по маркеру

Алкогольдегидрогеназа 1B (ADH1B)	Альдегиддегидрогеназа 2 (ALDH2).
*1/*1 – нормальная активность фермента *1/*2 – повышенная активность фермента *2/*2 – значительно повышенная активность фермента Многими авторами было показано увеличение активности фермента до 100 раз у лиц, имеющих генотип *2/*2, по сравнению с людьми, несущими основные варианты гена – *1/*1.	*1/*1 – нормальная (быстрая) активность фермента *1/*2 – низкая активность фермента *2/*2 – отсутствие активности фермента

Полиморфизмы гена CYP2E1 определяют по рестрикционным эндонуклеазам PstI/RsaI (мутантный аллель CYP2E1*5B), при которых мутантный аллель способствует повышенной транскрипционной и ферментативной активности. Полиморфизм гена семейства CYP2E1, обуславливает индивидуальную переносимость алкоголя и риск развития алкогольной болезни печени.

Вариант T полиморфизма RsaI (RsaI c2) способствует повышенной транскрипционной активности и связан с АБП [7, 8].

Окислительный стресс, вызываемый этанолом – это основной механизм повреждения печени этанолом [9,10]. Фермент CYP2E1 производит перекиси водорода и свободных радикалов пероксида и гидроксила. CYP2E1 индуцируется этанолом. Поэтому, изменение активности фермента или его уровня в тканях соответствует измененному риску повреждения тканей организма. Активация микросомальной этанол-окисляющей системой, приводящая к ускорению элиминации этанола у больных алкоголизмом, формирует большое количество его токсических метаболитов, вызывающих окислительный стресс и повреждение печени. У лиц, злоупотребляющих алкоголем, основное значение в метаболизме этанола имеет именно этот путь [1, 7, 8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Предрасположенность к алкоголизму. URL: <https://genomed.ru/journal/obraz-zhizni/predraspolozhennost-k-alkogolizmu> (дата обращения 11.03.2023).
2. Востриков В. В., Павленко В. П., Шабанов П. Д. Биохимические маркеры алкогольной и опиатной зависимости // Обзоры по клинич. Фармакол. И лек. Терапии. 2004. №3.– С.18–54.
3. Пивоварчик М. В. Участие опиоидной и дофаминовой систем мозга в реализации аддиктивных свойств этанола // Журнал ГрГМУ. 2003. №4 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uchastie-opioidnoy-i-dofaminovoy-sistem-mozga-v-realizatsii-addiktivnyh-svoystv-etanola> (дата обращения: 26.04.2023).
4. Взаимодействие этанола с комплексом рецептор ГАМК/хлорный канал. URL: https://law.sci.house/narkologiya_1008/vzaimodeystvie-etanola-kompleksom-retseptor-111912.html (дата обращения 11.03.2023).
5. Погорелый В. Е., Макарова Л.М. Общие вопросы лекарственной токсикологии. Казань, 2021, 188 с.
6. Петров В. И., Гаевый М. Д., Галенко-Ярошевский П. А. Основы фармакотерапии и клинической фармакологии. Ростов на Дону, 2010. (3-е издание, исправленное и дополненное), 800 с.
7. Губергриц Н. Б., Кишеня М. С., Голубова О. А. Полиморфизм генов метаболизма этанола при хроническом алкогольном панкреатите. Терапевтический архив. 2014. № 86 (2). С. 49–55. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/terapevticheskij-arkhiv/2014/2/030040-3660201429>.
8. Алкогольдегидрогеназа 1B (ADH1B). Выявление мутации A143G (Arg47His). URL: <https://helix.ru/kb/item/18-041> (дата обращения 11.03.2023).
9. Недзьведь М. К. Патологическая анатомия хронического алкоголизма по данным РКПБ: проблемы психиатрии в РБ. С. 133–135. 1995. URL: <https://volynka.ru/articles/text/319> (дата обращения 11.03.2023).
10. Макарова Л. М., Погорелый В. Е. Современный взгляд на проблемы лекарственного повреждения печени. Казань, 2022, 116 с.

Структурно – функциональная организация макрозообентоса озер Светлое и Гусинец

Бедова П. В., Гусева К. Е.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
bedova@marsu.ru

На правобережье реки Ветлуги в Республике Марий Эл расположено шесть озер, которые в административном отношении относятся к Юринскому району. Озера Светлое и Гусинец находятся на правом берегу реки Окна.

Памятник природы РМЭ «Озеро Светлое» создан в 1976 году, имеет региональное значение как водный источник с чистой прозрачной водой, живописными берегами, место произрастания редкого водного растения – аира болотного. Памятник природы «Озеро Гусинец» создан в 1994 году, имеет региональное значение как место обитания водоплавающих птиц [1].

Эти ООПТ созданы достаточно давно, однако подробных исследований макрозообентоса на данных охраняемых территориях не проводилось. Поэтому целью настоящей работы является выяснение особенностей фауны донных беспозвоночных животных памятников природы «Озеро Светлое» и «Озеро Гусинец». Ранее в Юринском районе подробно была изучена река Перша [2]. Данные ООПТ располагаются друг от друга на расстоянии примерно 7 км, но имеют совершенно разные параметры.

Озеро Гусинец представляет собой вытянутой формы водоем, междунного происхождения [3]. Дно озера песчаное либо илисто-песчаное с толстым слоем разложившейся растительности, местами сапропель с запахом сероводорода. В озере много коряг, упавших деревьев. В глубинной части озера залегают ил коричневого цвета, маслянистый на ощупь и с запахом. Вода в озере светло-коричневого цвета, прозрачность 1,2 м. Озеро является бессточным, и, скорее всего, имеет болотное питание. Растительность редкая, в основном, где у берегов имеется хоть немного песка. Максимальная глубина в озере составляет 6,2 м, средняя глубина 3,6 м.

Озеро Светлое округлой формы, междунного происхождения с суффозионно-карстовым провалом [3]. Литораль широкая, в основном песчаная, заросшая водной растительностью. Песок побережья на юго-восточном берегу чистый крупный, в остальных либо заиленный, либо покрыт слоем разлагающейся растительности. На глубине происходит заиление. Дно озера ровное, котловина блюдцеобразной, чашеобразной формы. Глубины плавно нарастают к их центральной части. Самое глубокое место в середине озера – 28,5 метра. Средняя глубина составляет 14,8 м. В глубинной части озера залегают илы серого и черного цвета, маслянистые на ощупь. Прозрачность по диску Секки составила 3,5 м. Озеро является бессточным.

Отбор гидробиологического материала проводился на исследуемых водоемах в летний период 2022 года. Сбор и обработка осуществлялись по стандартным методикам [4]. В озере Светлое и Гусинец сборы осуществлялись на 7 литоральных станциях.

Определение каждой пробы начинали с разделения животных по систематическим группам, затем определяли и подсчитывали отдельные виды. Определение видового состава проводили по определителю [5]. Кроме того, были использованы эталонные коллекции Зоологического института РАН.

Для оценки уровня органического загрязнения водоемов использовали модифицированный индекс сапробности Пантле-Букка для качественных данных водоемов центра Европейской России, позволяющий существенно упростить анализ сапробности [6].

В результате проведенных исследований выяснилось, что фауна беспозвоночных животных озера Гусинец насчитывает 37 видов, относящихся к 4 типам, 8 классам, 13 отрядам, 29 семействам и 33 родам. В макрозообентосе озера Гусинец зарегистрированы виды, относящиеся к пяти зоогеографическим группам: европейско-сибирские – 13,5 %, палеарктические – 18,9 %, европейские – 35,1 %, европейско-азиатские – 27,0 %, европейско-западносибирские – 5,4 %.

По таблице 1 видно, что максимальную долю в видовом составе макрозообентоса озера Гусинец имели представители класса Насекомые (51,4 %). В озере Гусинец насекомые насчитывали 19 видов. При этом, представители отряда Двукрылые составляли 42,1 % от общего видового состава насекомых. Представители отряда Жесткокрылые – 26,3 %, представители отрядов Стрекозы и Клопы – 21,1 % и 10,5 % соответственно.

Все найденные виды макрозообентоса озера Гусинец по типу питания [7] относились к семи группам: зоофаги – 32,4 %, детритофаги – 19,0 %, фитофаги – 10,8 %, зоофитофаги – 21,6 %, фитозоофаги – 10,8 %, детритифитофаги – 2,7 %, фитодетритофаги – 2,7 %.

Встречаемость характеризует распределение видов по изучаемой территории. Доминантами по встречаемости в озере Гусинец являлись водные клещи *Limnochares 15pecios* (Linnaeus, 1758), их частота встречаемости составляла 86 %.

Таблица 1

Доля представителей отдельных классов макрозообентоса в % от общего видового состава озер Светлое и Гусинец

Таксономическая группа	Озеро Светлое	Озеро Гусинец
Класс Нематоды	2,0 %	–
Класс Ресничные черви	2,0 %	2,7 %
Класс Малощетинковые черви	3,9 %	5,4 %
Класс Пиявки	7,8 %	5,4 %
Класс Ракообразные	2,0 %	2,7 %
Класс Насекомые	54,9 %	51,4 %
Класс Паукообразные	7,8 %	10,8 %
Класс Двустворчатые моллюски	5,9 %	5,4 %
Класс Брюхоногие моллюски	13,7 %	16,2 %

Средняя численность макрозообентоса озера Гусинец составляла $134,1 \pm 6,4$ экз/м². Средняя биомасса составляла $3,94 \pm 0,53$ г/м². По значению средней биомассы водоем относится к категории «выше средней кормности» [8].

Наибольший вклад в общую биомассу внесли представители отряда Жесткокрылые, которые составили 20,7 % от общей биомассы беспозвоночных озера Гусинец. Наибольший вклад в общую численность внесли представители класса Паукообразные, которые составили 30,1 % от общей численности беспозвоночных животных озера Гусинец.

Индекс Пантле-Букка в озере Гусинец равен 2,82, что позволяет сказать, что в озере α-мезосапробные воды.

В фауне донных беспозвоночных животных озера Светлое зарегистрирован 51 вид, которые относились к 5 типам, 9 классам, 16 отрядам, 33 семействам и 43 родам. Максимальную долю в видовом составе занимали представители класса Насекомые, которые составляли 54,9 % (таблица 1).

В макрозообентосе озера Светлое зарегистрированы виды, относящиеся к шести зоогеографическим группам: палеарктические – 21,6 %, европейско-сибирские – 9,8 %, европейские – 29,4 %, европейско-азиатские – 33,3 %, европейско-западносибирские – 3,9 %, голарктические – 2,0 %.

Класс Насекомые представлен в озере Светлое 28 видами. Из представителей отрядов наибольшую долю составили Стрекозы (32,1 %). Представители отряда Двукрылые составили 28,6 % от общего видового состава. Представители отряда Жесткокрылые – 21,4 %, представители отряда Клещи составили 10,7 %, представители отрядов Ручейники и Вислокрылки составили по 3,6 % от общего видового состава.

Все найденные виды макрозообентоса озера Светлое по типу питания относились к семи группам: зоофаги – 37,2 %, детритофаги – 13,7 %, фитофаги – 5,9 %, зоофитофаги – 21,6 %, фитозоофаги – 11,8 %, детритифитофаги – 7,8 %, фитодетритофаги – 2,0 %.

Доминантом по встречаемости в озере Светлое являлся равноногий рак водяной ослик *Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758), частота встречаемости которого составила 100%.

Средняя численность макрозообентоса озера Светлое составила $208,9 \pm 19,9$ экз/м². Средняя биомасса составила $5,518 \pm 0,79$ г/м². По значению средней биомассы водоем относится к высококормным.

Наибольший вклад в биомассу внесли представители класса Gastropoda, которые составили 34,2 % от общей биомассы макрозообентоса в озере Светлое. Наибольший вклад в общую численность внесли представители класса Crustacea, которые составили 18,8 % от общей численности беспозвоночных животных озера Светлое.

Индекс Пантле-Букка в озере Светлое равен 2,68, что позволяет сказать, что в озере α-мезосапробные воды.

Таким образом, разные по гидрологическим параметрам охраняемые водоемы различаются и по особенностям донной фауны. Наибольшее количество видов, их численность и биомасса характерны для озера Светлое, водоема с широкой литоралью и хорошо развитой высшей водной растительностью. В озере Светлое преобладают виды с европейско-азиатским ареалом, в озере Гусинец – с европейским. Также в озерах разные доминанты по частоте встречаемости, по численности, по биомассе. А вот трофическая структура в обоих водоемах включала по 7 групп при доминировании зоофагов.

Исследуемые нами водоемы нуждаются в особой охране. Также велика их ценность в научном плане. Поэтому, мы рекомендуем выделить водоохранные зоны вокруг озер с установкой соответствующих аншлагов, т.к. из-за парковки автомобильного транспорта на склонах дюны восточного берега озера Светлое происходят эрозионные процессы. Кроме того, периодически в летнее время проводить рейды с инспекторами на озера для выявления и предотвращения нарушений природоохранного законодательства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особо охраняемые природные территории Республики Марий Эл: иллюстрированный сборник/Департамент экологической безопасности и защиты населения Республики Марий Эл. Йошкар-Ола, 2013. 76 с.
2. Бедова П. В., Бушуева И. В. Структурно-функциональные характеристики макрозообентоса реки Перша // Современные проблемы естественных наук и медицины: сборник статей Всеросс. Науч. конф. Вып. 9. Мар. Гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2020. С. 129-132.
3. Озера Среднего Поволжья / Под ред. И. Н. Сорокин, Р. С. Петрова Л.: Наука, 1976. 236 с.
4. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Ред. В. А. Абакумов. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 65 с.
5. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Планктон и бентос / Под ред. Л. А. Кутиковой, Я. И. Старобогатова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 477 с.
6. Чертопруд М. В., Чертопруд Е. С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. Москва: МАКС Пресс, 2003. 196 с.
7. Монаков А. В. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: МАКС Пресс, 1998. 321 с.
8. Константинов А. С. Общая гидробиология. 4-изд., перераб и доп. М.: Высш. Шк., 1986. 472 с.

Поведенческое фенотипирование SOD1-трансгенных мышей на ранней стадии развития бокового амиотрофического склероза

Белослудцева Н. В.^{1,2}, Игошкина А. Д.¹, Урюпина Т. А.¹, Дубинин М. В.¹, Белослудцев К. Н.^{1,2}

1 – ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, г. Пущино

2 – Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

nata.imagination@gmail.com

Боковой амиотрофический склероз (БАС) – прогрессирующее нейродегенеративное заболевание, приводящее к тяжелой инвалидизации вследствие нарастающей мышечной слабости, атрофии, спастичности и, в конечном итоге, к параличу поперечнополосатой скелетной мускулатуры и ранней смерти, как правило, в течение 3–5 лет после появления симптомов [1]. БАС является третьим наиболее значимым нейродегенеративным заболеванием во всем мире с частотой возникновения 2–2,5 на 10 тыс. человек в год и распространенностью около 5 случаев на 100 тыс. человек. Большинство случаев возникновения БАС (90–95%) являются спорадическими (SALS), в то время как около 10% случаев наследуются доминантным образом и относятся к семейным формам БАС (FALS). Две формы заболевания – SALS и FALS – клинически неотличимы, поскольку в обоих случаях развиваются схожие патологические признаки. Двигательные проблемы могут возникать на ранних стадиях развития БАС в обеих формах, и по мере прогрессирования заболевания у многих пациентов развивается двигательная дисфункция. В конечном итоге, нарушения иннервации дыхательных мышц и диафрагмы являются основной причиной летального исхода [2].

В настоящее время внутриклеточные механизмы возникновения и развития неуправляемой гибели двигательных нейронов при БАС окончательно не выяснены. В связи с этим, до сих пор отсутствует методика лечения и не разработаны способы профилактики данного заболевания. В то же время, раннее выявление клинических симптомов, в том числе начальных изменений в двигательной активности, может способствовать подбору наиболее оптимальной поддерживающей терапии БАС.

Считается, что БАС может быть отнесен к протеинопатиям, при этом агрегация мутантных форм белков и формирование их внутриклеточных депозитов рассматривается как один из ключевых механизмов повреждения клеток. На начальных этапах патологического процесса происходит избыточное накопление и агрегация мутантных белков, а далее в этот процесс могут вовлекаться нормально-функционирующие клеточные белки. Примерно в 20% случаев FALS, заболевание возникает из-за мутаций в гене, кодирующем антиоксидантный фермент Cu,Zn супероксиддисмутазу (SOD1), который в здоровой клетке катализирует дисмутацию анионов супероксида в молекулярный кислород и пероксид водорода [3].

Мутации в кодирующих последовательностях гена *SOD1* были обнаружены у больных БАС во всем мире. Однако распределение мутаций *SOD1* заметно различается даже среди внешне похожих популяций (например, Нидерландов и Бельгии, Ирландии и Англии), и одни и те же мутации в разных популяциях могут быть связаны с различными клиническими проявлениями. Кроме того, у пациентов с одной определенной мутацией *SOD1* обнаруживаются внутрисемейные различия в тяжести симптомов и скорости прогрессирования заболевания. Примечательно, что патогенность мутации *SOD1* происходит не из-за недостатка функционального белка, а скорее из-за накопления его неправильно свернутых агрегатов [3].

На сегодняшний день создано несколько линий трансгенных мышей, отличающихся темпами развития и тяжестью заболевания. Эти параметры коррелируют с количеством копий мутантного гена,

экспрессирующихся у разных линий животных. У мышей G93A, экспрессирующих мутантный ген *SOD1*, наблюдается несколько последовательных стадий заболевания: 1) досимптомная стадия, предшествующая гибели мотонейронов (2 месяца); 2) поздняя досимптомная стадия и/или ранняя симптомная стадия (3–4 месяца); 3) развернутая симптомная стадия (5–7 месяцев) [1]. На фоне прогрессирования паралича скелетных мышц мыши SOD1-G93A умирают в возрасте 7–9 мес., в зависимости от генетического фона.

Целью настоящей работы было изучение возможных ранних моторных изменений у SOD1-трансгенных мышей в возрасте 8 недель в сравнении с однопометниками дикого типа и нетрансгенными животными, используемых в качестве контрольных групп. В качестве модели БАС использовались мыши генотипа B6SJLTg(SOD1-G93A)dl1Gur/J, экспрессирующие мутантный человеческий ген *SOD1* (Gly93 Ala; глицин замещен на аланин в позиции 93). Трансгенные мыши G93A, экспрессирующие мутантный *SOD1*, характеризуются прогрессирующей дегенерацией мотонейронов, как при БАС у человека.

В работе были использованы три экспериментальные группы животных: 1) самцы мышей линии B6xSJL (дикий тип); 2) самцы мышей линии SOD1-G93A(Tg-) (нетрансгенные животные); и 3) самцы мышей линии SOD1-G93A(Tg+) (SOD1-трансгенные животные) в количестве 10 шт. в каждой группе. Возраст мышей во всех экспериментальных группах составлял 8 недель. Животные были приобретены в НПП «Питомник лабораторных животных» ФИБХ РАН (г. Пущино), имеющего категорию «Specific pathogen free» (SPF). Каждая группа животных содержалась в отдельно отведенной клетке с соблюдением всех норм санитарной безопасности. Эксперименты выполнены в соответствии с положениями Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и совета ЕС по охране животных, используемых в научных целях. Проведение исследования было одобрено этическими комиссиями МарГУ и ИТЭБ РАН (Протокол № 02/2023 от 08.02.2023 г.).

В работе были отработаны протоколы для проведения четырех поведенческих тестов: 1) тест на вращающемся стержне («Ротарод»), 2) тест с подвешиванием на струне, 3) тест с подвешиванием на сетке, и 4) тест на силу захвата передних и задних конечностей. Животные проходили предварительное обучение за один день до начала испытаний. Предварительно было обнаружено, что масса тела мышей в экспериментальных группах достоверно не отличается и составляет $22,2 \pm 0,9$, $20,4 \pm 1,4$, $20,7 \pm 0,7$ г. в группах B6xSJL, SOD1-G93A(Tg-) и SOD1-G93A(Tg+), соответственно.

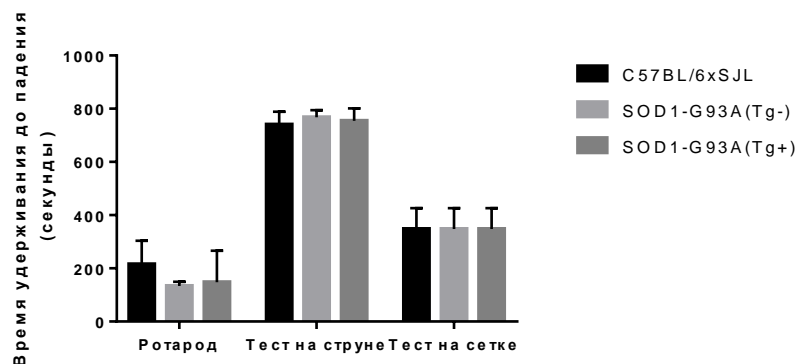


Рис. 1. Исследование моторной функции SOD1-трансгенных мышей в возрасте 8 недель в сравнении с контрольными однопометниками (мыши линий C57BL/6xSJL и SOD1-G93A(Tg-)) с помощью поведенческих тестов: вращающийся стержень («ротарод»), подвешивание на струне и подвешивание на сетке. Результаты представлены в виде средних значений \pm стандартная ошибка среднего ($n = 10$).

Для оценки двигательной координации и двигательного обучения мышей тестировали на вращающемся стержне аппаратно-программного комплекса Ротарод («Нейроботикс», Россия) согласно общепринятой методике [4, 5]. Для каждого испытания мышей помещали на стержень, который ускорялся с 0 до 48 оборотов в минуту в течение 360 секунд. Тест с подвешиванием на струне является общей мерой двигательной функции с повышенным вниманием к силе захвата. В каждом испытании мышей держали за хвост и опускали до тех пор, пока они не обхватывали проволоку передними лапами, а затем отпускали. В испытаниях регистрировалось время до падения наряду с качественным анализом двигательных реакций мыши [4]. Испытание с подвешиванием на сетке проводилось с целью дополнительного оценивания силы хвата [4, 6]. Для этого мышей помещали на металлическую проволочную сетку (25×27 см), которая находилась на высоте над корзиной, и переворачивали. Результаты проведения поведенческих тестов

представлены на рисунке 1. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета программ GraphPad Prizm 7.0 и однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA). Для последующего сравнения средних дисперсионного комплекса использовали тест Tukey.

Кроме того, мыши подвергались испытаниям на силу хвата передних и задних конечностей, который проводился с помощью цифрового динамометра “ALMEMO” (Ahlborn Mess, Германия). Было обнаружено, что показатель силы хвата составлял $161,6 \pm 29,9$; $165,4 \pm 33,5$; и $148,0 \pm 29,7$ г для передних лап, и $38,8 \pm 12,4$; $48,2 \pm 8,6$; и $38,8 \pm 7,7$ для задних лап мышей линий B6xSJL, SOD1-G93A(Tg-) и SOD1-G93A(Tg+), соответственно.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод об отсутствии статистически значимых отличий в моторной координации и мышечной силе хвата между самцами мышей линий F1 C57BL/6xSJL, B6SJL-Tg(SOD1-G93A)d11Gur(Tg-) и B6SJL-Tg(SOD1-G93A)d11Gur(Tg+) в возрасте 8 недель, что указывает на досимптомную стадию развития патологии у модельных SOD1-G93A(Tg+) животных.

Отработанные протоколы тестов будут в дальнейшем использованы для поведенческого фенотипирования мышей с моделью БАС на последующих стадиях развития патологии. Дальнейший мониторинг разных видов двигательного поведения у SOD1-трансгенных мышей может оказаться полезным для оценки эффективности терапии БАС и должен учитываться при оценке сенсорных и когнитивных функций.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-25-00286.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухамедьяров М. А., Хабибрахманов А. Н., Зефиоров А. Л. Ранние дисфункции при боковом амиотрофическом склерозе: патогенетические механизмы и роль в инициации заболевания // Биологические мембраны. 2020. Vol. 37(4). P. 264–270.
2. Barber S. C., Shaw P. J. Oxidative stress in ALS: key role in motor neuron injury and therapeutic target // Free Rad. Biol. Med. 2010. Vol. 48. P. 629–641.
3. Berdyński M., Misztal P., Safranow K. et al. SOD1 mutations associated with amyotrophic lateral sclerosis analysis of variant severity // Sci Rep. 2022. Vol. 12. P. 103.
4. Oliván S., Calvo A.C., Rando A., Muñoz M.J., Zaragoza P., Osta R. Comparative study of behavioral tests in the SOD1G93A mouse model of amyotrophic lateral sclerosis // Exp Anim. 2015. Vol. 64(2). P. 147–53.
5. Bennett E. J., Mead R. J., Azzouz M., Shaw P. J., Grierson A. J. Early detection of motor dysfunction in the SOD1G93A mouse model of amyotrophic lateral sclerosis (ALS) using home cage running wheels // PLoS ONE. 2014. Vol. 9(9), e107918.
6. Stover K. R., Campbell M. A., Van Wassen C. M., Brown R. E. Analysis of motor function in 6-month-old male and female 3xTg-AD mice // Behav. Brain Res. 2015. Vol. 281. P. 16–23.

Биохимические показатели крови у жителей района урановых месторождений

Берникова С. М., Степанова Е. С.

Курганский государственный университет, г. Курган
svetlana_minina@mail.ru

Аннотация. Впервые проведено популяционное исследование биохимических показателей крови жителей Звериноголовского района Курганской области, расположенного в зоне урановых месторождений. Показатели были получены в рамках диспансеризации местного населения, определялись стандартными лабораторными методами и находились в пределах референсных значений. Отмечены достоверные гендерные и возрастные отличия некоторых биохимических показателей. Уровень глюкозы с возрастом достоверно повысился как у мужчин, так и у женщин. У женщин во II периоде зрелости и пожилом возрасте отмечены достоверно более низкие значения уровня глюкозы по сравнению с мужчинами. Минимальные значения холестерина как у мужчин, так и у женщин отмечены в первом периоде зрелости. Во второй зрелости уровень холестерина достоверно выше по сравнению с первой зрелостью. В I периоде зрелости уровень холестерина достоверно ниже у женщин, чем у мужчин. У пожилых мужчин уровень холестерина достоверно снизился относительно мужчин II периода зрелости. Результаты исследования могут быть использованы для мониторинга влияния условий проживания на здоровье человека.

Ключевые слова: урановые месторождения, Курганская область, Звериноголовский район, диспансеризация, биохимический анализ крови, глюкоза, холестерин.

Курганская область относится к Зауральскому урановорудному району и является одной из трех уранодобывающих провинций России. С 1980 г. на территории области проводятся геолого-разведочные работы, в результате которых в Звериноголовском муниципальном округе выявлены Далматовское и Добровольное месторождения. В настоящее время добыча урана на Далматовском месторождении ведется методом подземного скважинного выщелачивания, который является в экологическом отношении наиболее щадящим из всех известных способов добычи. На Добровольном месторождении проводят разведочные

работы с целью получения информации о целесообразности промышленного освоения месторождения [1]. В связи с тем, что урановые месторождения представляют собой потенциальную радиоактивную и токсическую опасность, что может быть источником сдвигов физиологических функций живых систем, проведенное исследование является актуальным.

Целью исследования явилось изучение некоторых биохимических показателей крови у жителей Звериноголовского муниципального округа. В связи с поставленной целью необходимо было решить следующие задачи: 1) проанализировать уровень глюкозы и холестерина в крови у жителей Звериноголовского муниципального округа разных возрастных групп и сравнить их с референсными значениями; 2) проанализировать уровень глюкозы и холестерина в крови у жителей Звериноголовского муниципального округа разных половых групп и сравнить их с референсными значениями.

В исследовании анализировались результаты, полученные в период с 2015 по 2022 гг. в ГБУ «Межрайонная больница №3» с. Звериноголовское Курганской области в ходе диспансерного наблюдения относительно здоровых жителей Звериноголовского муниципального округа, не имеющих хронических заболеваний. Нами были использованы результаты анализов 100 мужчин и 65 женщин. Представителей обеих половых групп мы разделили по возрастному критерию согласно возрастной анатомо-физиологической периодизации на три группы: I группа – I период зрелости: мужчины – 22–35 лет, женщины – 21–35 лет, II группа – II период зрелости: мужчины – 35–60 лет, женщины – 35–55 лет, III группа – пожилой возраст: мужчины – 60–75 лет, женщины – 55–75 лет [2].

Уровень глюкозы и общего холестерина определяли в венозной крови, взятой натощак из локтевой вены, с использованием биохимического полуавтоматического анализатора BS-3000P. Статистическая обработка результатов производилась в программе Microsoft Excel по t-критерию достоверности Стьюдента [3].

Результаты исследования биохимических показателей крови представлены в таблице 1. Рассмотренные показатели были в пределах референсных значений для изученных возрастно-половых групп [4].

Таблица 1

Биохимические показатели крови у жителей Звериноголовского района (M ± m)

Показатель	I период зрелости		II период зрелости		Пожилой возраст	
	Мужчины (n = 17)	Женщины (n = 18)	Мужчины (n = 68)	Женщины (n = 31)	Мужчины (n = 15)	Женщины (n = 16)
Глюкоза	4,01 ± 0,14	3,98 ± 0,14	4,57 ± 0,06 [#]	4,25 ± 0,12 ^{*#}	4,64 ± 0,17 [#]	4,28 ± 0,13 ^{*#}
Холестерин	4,05 ± 0,11	3,51 ± 0,2 [*]	4,52 ± 0,09 [#]	4,39 ± 0,1 [#]	4,21 ± 0,13	4,38 ± 0,36 [#]

Примечание: * – разница достоверна по сравнению с показателями у мужчин; # – разница достоверна по отношению к I периоду зрелости.

Анализируя уровень глюкозы в крови, было выявлено, что с возрастом уровень глюкозы в крови у лиц обеих гендерных групп повысился по сравнению с лицами первой зрелости: у мужчин во втором периоде зрелости уровень глюкозы достоверно выше на 14 %, в пожилом – на 16 %, у женщин в втором периоде зрелости и в пожилом возрасте уровень глюкозы достоверно выше на 7 % (рис. 1). Известно, что с возрастом увеличивается риск развития сахарного диабета, патологий печени и желудочно-кишечного тракта, воспалительных заболеваний эндокринных желез и др. Поэтому у лиц пожилого возраста происходит изменение метаболизма углеводов, которое связано с возрастными гормональными изменениями [5, 6].

Также выявлены достоверные гендерные различия. У женщин во все три рассмотренных возрастных периода уровень глюкозы меньше, чем у мужчин, причем во II периоде зрелости и в пожилом возрасте разница достоверная: на 7,5 % и 8,4 % соответственно. Меньшие значения уровня глюкозы в крови у женщин связаны, возможно, с менструальным циклом в зрелости и менопаузой в пожилом возрасте [7].

В исследованиях Груздевой О.В с соавторами, которые в ходе диспансеризации изучали гендерные и возрастные особенности концентрации в крови глюкозы и общего холестерина, также выявлено увеличение уровня глюкозы в крови с возрастом и достоверно большие значения уровня глюкозы у мужчин по сравнению с женщинами [8].

Рассматривая уровень холестерина с возрастом, минимальные значения холестерина как у мужчин, так и у женщин отмечены в первом периоде зрелости (рис. 2). Во второй зрелости уровень холестерина достоверно выше по сравнению с первой группой: у мужчин на 12 %, у женщин на 25 %, что явилось максимальным среди всех трех возрастных групп. Также выявлены половые различия по содержанию холестерина: в I и II периодах зрелости у женщин уровень холестерина меньше, чем у мужчин на 15,4 % и 3 % соответственно. В пожилом возрасте у женщин уровень холестерина статистически незначимо выше на 4 % по сравнению с мужчинами. Гендерные различия уровня холестерина связаны, скорее всего, с особенностями

гормональной регуляции: известно, что эстрогены снижают содержание холестерина, в то же время андрогены, напротив, повышают уровень холестерина. У мужчин пожилого возраста уровень холестерина достоверно снизился относительно мужчин II периода зрелости из-за уменьшения количества андрогенов, а у женщин повысился в связи с уменьшением количества эстрогенов. У женщин метаболические нарушения прогрессируют с окончанием репродуктивного возраста и началом климакса, и острые сосудистые нарушения проявляются у женщин в более поздние возрастные периоды. У мужчин же метаболические нарушения начинаются в более раннем возрасте, запуская механизмы атерогенеза [8].

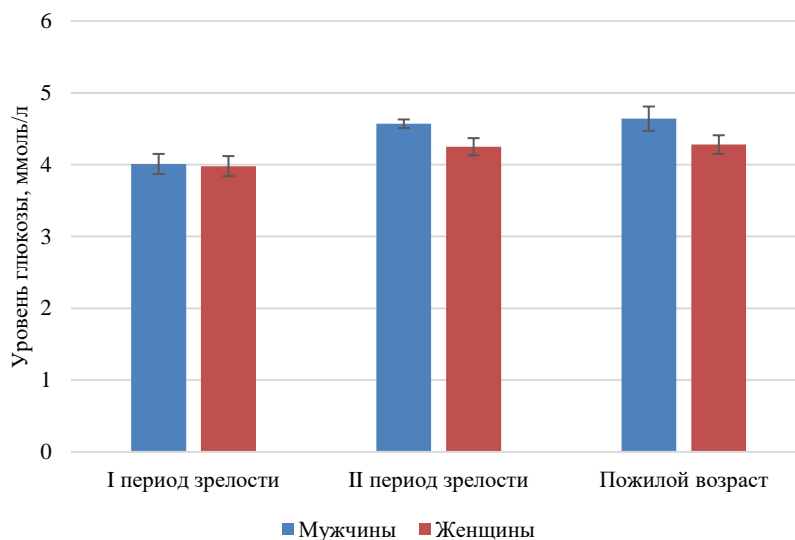


Рис. 1. Уровень глюкозы в крови у жителей Звериноголовского муниципального округа Курганской области разных возрастно-половых групп

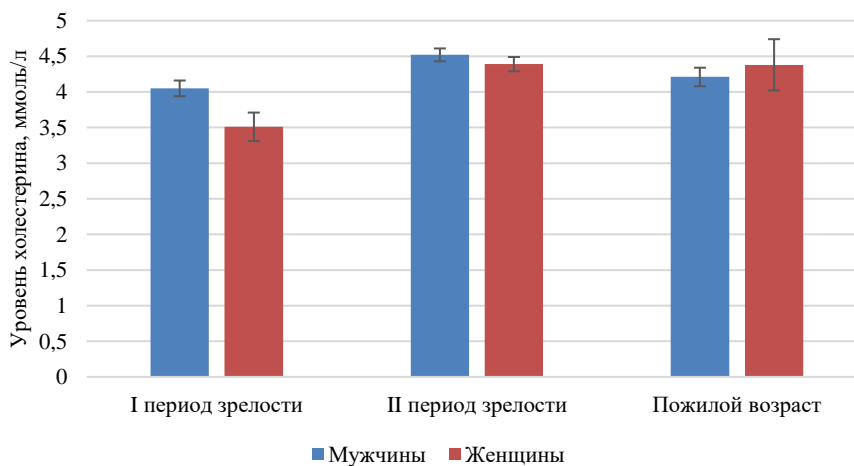


Рис. 2. Уровень холестерина в крови у жителей Звериноголовского муниципального округа Курганской области разных возрастно-половых групп

Таким образом, в результате изучения некоторых биохимических показателей крови у жителей Звериноголовского муниципального округа мы сформулировали следующие выводы:

1. Уровень глюкозы и холестерина у лиц, проживающих в районах урановых месторождений были в пределах референсных значений для изученных возрастно-половых групп.

2. Отмечены достоверные возрастные отличия некоторых биохимических показателей. Уровень глюкозы с возрастом достоверно повысился как у мужчин, так и у женщин. Минимальные значения холестерина как у мужчин, так и у женщин отмечены в первом периоде зрелости. Во второй зрелости уровень холестерина достоверно выше по сравнению с первой группой: у мужчин на 12 %, у женщин на 25 %, что явилось максимальным среди всех трех возрастных групп.

3. Отмечены достоверные гендерные отличия некоторых биохимических показателей. У женщин во II периоде зрелости и пожилом возрасте отмечены достоверно более низкие значения уровня глюкозы по сравнению с мужчинами. Уровень холестерина достоверно ниже у женщин, чем у мужчин в I периоде зрелости. У пожилых мужчин уровень холестерина достоверно снизился относительно мужчин II периода зрелости из-за уменьшения количества андрогенов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Курганской области в 2021 году. Курган, 2022. 194 с.
2. Прилепский И. А. Современные тенденции продления возрастных границ среднего возраста / И. А. Прилепский // Вестник МГУКИ, 2012. № 3 (47). С. 137 – 142.
3. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 284 с.
4. Антонов В. С., Волков А. С. Автоматизация гематологического анализа. Интерпретация показателей гемограммы // Лабораторная служба. Часть 3, 2014. № 3 (2). С. 6–28.
5. 103 By: сайт URL <https://mag.103.by/zdorovje/117073-sahar-v-krovi-u-zhenshhin-norma-v-tablice-po-vozzrastu-uroveny-glyukozy-posle-40-50-60-let/> (дата обращения 15.04.2023).
6. Medi.ru: сайт URL <https://medi.ru/info/7303/> (дата обращения 16.04.2023).
7. Медицинская клиника: сайт URL <https://medcentr-diana-spb.ru/analizyi/chto-povyshaet-i-ponizhaet-uroven-glyukozy-v-krovi/> (дата обращения 10.03.2023).
8. Груздева О. В., Паличева Е. И., Максимов С. А., Жилева Т. П., Дылева Ю. А., Макаров С. А. Гендерные и возрастные особенности концентрации в крови глюкозы и общего холестерина как факторы риска заболеваний сердечно-сосудистой системы по результатам диспансеризации // Лабораторная служба, 2016. №5(2). С. 15–21.

Герпетобионты лесопарка «Сосновая роща»

Воробьева И. Г., Погнышева А. В.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
vigir@mail.ru

Изучение почвенного населения лесных экосистем, находящихся на территориях городов имеет научное и практическое значение, т.к. проблема чистоты городской среды остается одной из важнейших на современном этапе развития цивилизации [1].

Лесопарковая зона г. Йошкар-Ола разделена на несколько участков, каждый из которых занимает большую площадь. Особо охраняемая природная территория муниципального значения «Сосновая роща» (далее ООПТ) городского округа «Город Йошкар-Ола», расположена на юго-востоке столицы. Зеленые насаждения в границах ООПТ «Сосновая роща» представлены, в основном, одним лесным массивом [2].

В данной работе проанализирована сезонная динамика и групповой состав герпетобионтного населения отдельных растительных ассоциаций лесопарка «Сосновая роща». Актуальность данной работы заключается в том, что участки расположенных в непосредственной близости от строящейся автодороги.

Герпетобионты – это отличные биоиндикаторы условий окружающей среды и регуляторы численности других беспозвоночных животных. Применение биоиндикаторов позволяет оценить экологическое состояние экосистемы не по уровням абиотических факторов (по нормативам ПДК), а по комплексу биотических показателей. При этом выявляются адаптивные возможности организмов, учитываются не только прямые, но и косвенные эффекты воздействий. Методы биоиндикации не требуют применения дорогостоящей аппаратуры, при этом сохраняется достоверность получаемых оценок [1].

Сбор материала производился на двух пробных площадях, расположенных в сосняке разнотравном и дубняке пойменном в полевой сезон 2020 года (с 16 июня по 26 июля). Пробные площади расположены в пределах 200 метров на восток от строящейся автомагистрали.

Сбор материала проводился методом стандартных почвенных ловушек, как наиболее удобный и целесообразный для данного исследования. Выемка биологического материала проводилась каждые 10 суток. При определении динамической плотности (уловистости) герпетобионтов использовали общепринятый показатель – экземпляры на 100 ловушко-суток (экз./100 лов.-сут.), т.е. число экземпляров, попавших за 10 суток в 10 ловушек [3].

В результате полевых сборов за период исследования был собран достаточный материал для проведения анализа герпетобионтного населения изученных биогеоценозов. Анализ почвенного населения показал, что беспозвоночные представлены всеми типичными систематическими группами животных. В ловушки попадали не только истинные герпетобионты, но и представители почвенных беспозвоночных других экологических групп, такие как дождевые черви, моллюски, двупарноногие многоножки, личинки мух.

Общая динамическая плотность беспозвоночных на участках в течение сезона изменялась от 126 до 374 экз./100 лов.-сут.(рис.1).

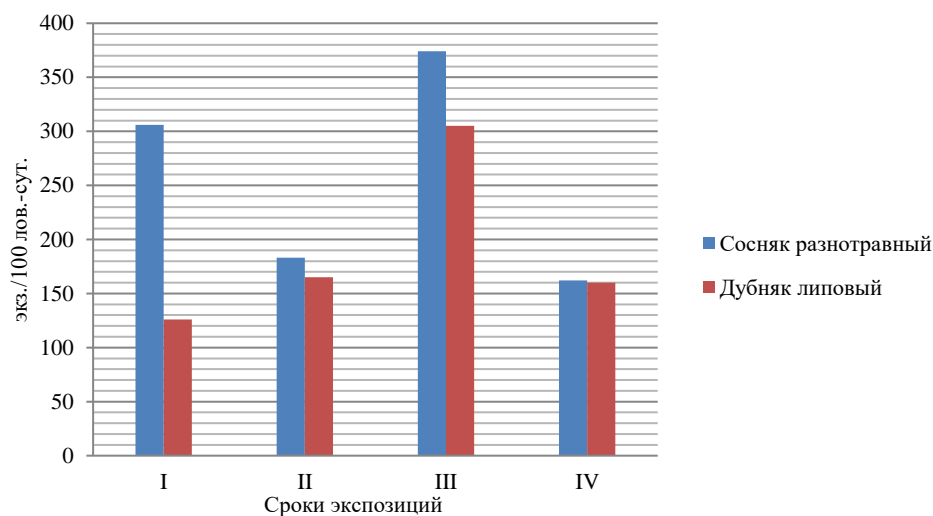


Рис. 1. Динамическая плотность (экз./100 лов.-сут.) почвенных беспозвоночных в лесопарке «Сосновая роща», 2020
Примечание: сроки экспозиции: I – 16.06–26.06; II – 26.06–6.07; III – 6.07–16.07; IV – 16.07–26.07.

На каждом из участков прослеживался рост активности животных до середины июля, а затем уловистость животных снижалась. Это связано с сезонностью размножения отдельных групп и подготовкой и переходом в неактивное состояние. Как правило, повышение обилия на отдельных участках в середине сезона связано с увеличением плотности отдельных групп герпетобионтов, таких как сенокосцы или пластинчатоусые жуки, жужелицы. На участках лесопарка в этот период наблюдалось резкое увеличение обилия сенокосцев (*Orpiones*) – до 249 экз./100 лов.-сут. В сосняке и до 146 экз./100 лов.-сут. В дубняке, для которых высокая влажность в начале сезона способствовала раннему выходу молоди.

Более высокое обилие беспозвоночных в сосняке разнотравном связано с тем, что этот участок расположен на прирусловом валу, а дубняк в низкой части поймы р. Малая Кокшага. В мае и начале июня вся площадь дубняка была полностью залита водой, а к середине июня участок еще был достаточно переувлажнен и температура почвы, в этот период не превышала 11оС. Поэтому и уловистость беспозвоночных составляла всего 126 экз./100 лов.-сут. [4, 5].

Попарное сравнение уловистости герпетобионтов по участкам и срокам не показало достоверных различий между участками, а различия в отдельные сроки связаны с обилием определенной систематической группой беспозвоночных (рис 2.).

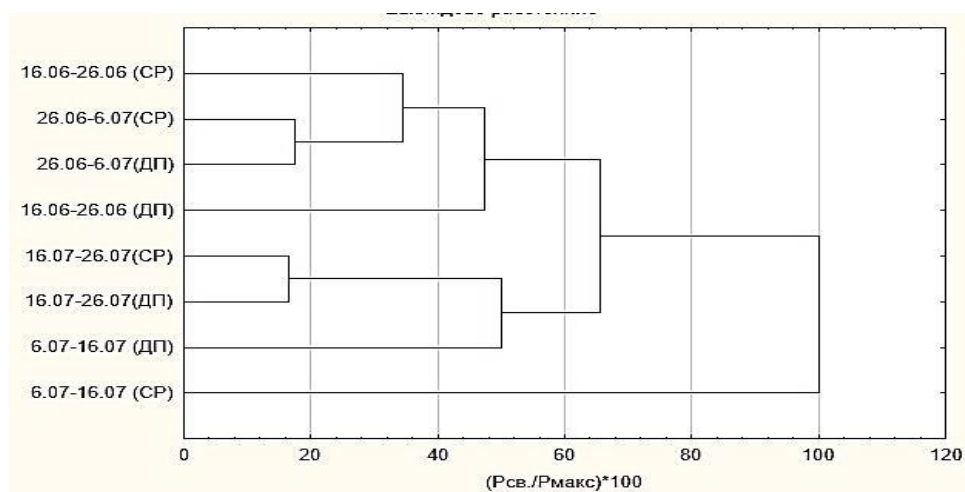


Рис.2. Результат попарного сравнения уловистости герпетобионтов (СР – сосняк разнотравный; ДП – дубняк липовый)

Высокие значения динамической плотности герпетобионтов сосняка в середине июня определялись обилием пауков, и сенокосцев (106 и 85 экз./100 лов.-сут.). Среди пауков (Aranei) высока доля ювенильных стадий развития. Обилие остальных групп почвенной мезофауны не превышало 10 экз./100 лов.-сут. Именно эти две систематические группы доминировали в сосняке в течение всего сезона. Обилие пауков постепенно снижалось и к концу июля их динамическая плотность в сосняке снизилась до 16 экз./100 лов.-сут.).

В дубняке также выше была активность у поверхностных слоев почвы и подстилки. Как и в сосняке, обилие пауков выше было в начале сезона (85 экз./100 лов.-сут.), а к началу августа динамическая плотность пауков составляла всего 7 экз./100 лов.-сут. Наоборот, активность сенокосцев и их обилие увеличилось к июлю и наибольшие значения на этом участке составляли 146 экз./100 лов.-сут.

В экотопах лесопарка «Сосновая роща» определено 36 видов пауков: в сосняке разнотравном – 32 вида, в дубняке липовом – 20 видов. Во все сроки экспозиции в ловушках сосняка присутствовали следующие виды пауков: *Diplostyla concolor* (Wider, 1834), *Linyphiidae* gen sp. В ювенильном состоянии, *Pardosa lugubris* (Walckenaer, 1802), *Piratula hygrophila* (Thorell, 1872). *Pardosa lugubris* доминировала в первые два срока экспозиции, а *Piratula hygrophila* в первые три срока экспозиции. В дубняке биоразнообразие пауков ниже и можно выделить один доминирующий вид – *Piratula hygrophila*, уловистость которого достигала в начале сезона 40 экз./100 лов.-сут. Еще два вида *Diplostyla concolor* (Wider, 1834) и *Gonyglidium rufipes* (Linnaeus, 1758) встречались с постоянной регулярностью.

По мере подсыхания почвы и прогревания верхних подстилочных слоев в дубняке, активность остальных почвенных беспозвоночных становилась выше, и к началу июля показатели значений динамической плотности составили 316 экз./100 лов.-сут. В этот период значения динамической плотности в сосняке и дубняке достоверно не отличаются, хотя состав доминирующих групп различен. В сосняке супердоминантами являются сенокосцы, а также значительное обилие пауков, муравьев и подстилочных двупарноногих многоножек. Представители семейства Carabidae и Staphylinidae малочисленны и в ловушках обнаруживались только представители мелких видов. Уловистость жужелиц была выше в первую половину лета, а стафилины встречались в течение всего сезона.

Напротив, в дубняке, наряду с сенокосцами и пауками высокая активность наблюдалась среди жуков жужелиц и стафилинов, особенно, во вторую половину лета. Хотя, следует отметить, что в дубняке, также преобладали мелкие жужелицы и доминировал один вид *Trechus (Eparhys) secalis* (Payk., 1790). Еще один вид жужелиц, который встречался в течение всего сезона и на обоих участках – *Patrobis atrorufus* (Stroem, 1768), но численность его была низкой. Жужелицы рода *Carabus* и *Cychnus* отмечались единично. На пробных площадях в ООПТ «Сосновая роща» было выявлено определено 19 видов жужелиц, из которых 14 являются общими для обоих экотопов. *Stomis pumicatus* (Panzer, 1795), *Poecilus versicolor* (Sturm, 1824), *Amara communis* (Panz., 1797), *Amara (Curtonotus) brevicollis* (Chaudoir, 1850), *Notiophilus palustris* (Duft., 1812) выявлены только в сосняке разнотравном. Один вид *Stomis pumicatus* (Panzer, 1795) занесен в Красную книгу РМЭ.

Нужно отметить довольно высокую активность жуков еще двух семейств Silphida и Curculionidae. Долгоносики, закономерно чаще встречались в сосняке, а уловистость мертвоедов была выше в дубняке, до 18 экз./100 лов.-сут. Нанос органики в период паводка способствовал увеличению численности мертвоедов в дубняке. Доминировал *Nicrophorus vespilloides* Herbst, 1783, еще два вида мертвоедов *Phosphuga atrata* (Linnaeus, 1758) и *Oiceoptoma thoracica* (Linnaeus, 1758) встречались единично.

Изучение герпетобионтного населения на двух пробных площадях показало, что активность и биоразнообразие животных в целом ниже, чем в аналогичных биогеоценозах ГПЗ «Большая Кокшага» [6], но также зависит от развитости напочвенного покрова, выраженности и сформированности почвенных горизонтов, режима влажности и прогреваемости участка.

Состав доминирующих систематических групп на исследованных пробных площадях остается неизменным в течение сезона. Основными доминантами являются пауки, сенокосцы, жуки жужелицы и стафилины, мертвоеды.

Развитый травостой повышает встречаемость растительноядных групп (полужесткокрылые) и сапротрофных организмов, таких как дождевые черви и двупарноногие многоножки.

В сосняке выявлена высокая активность рыжих лесных муравьев, которые могут составлять конкуренцию жужелицам и стафилинам, но гнезд с надземным куполом в данном биогеоценозе не обнаружено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еремеева Н. И. Герпетобионты как индикаторы чистоты городской среды // Известия ТРТУ. Экология 2002 – море и человек. С.145–148. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gerpetobionty-kak-ndikator-ychistoty-gorodskoy-sredy/viewer>

2. Экологическое состояние г. Йошкар-Олы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://marsu.ru/science/libr/resours/yoshkar-ola/index.html>.
3. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. М., 1965. С. 241–252.
4. Бастраков А. И. Структура населения почвенной мезофауны пойменных биоценозов среднего и нижнего течения реки Большая Кокшага // Материалы IV Всеросс. Научной конф. С междунар. Участием. Ч. 1. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2011. С. 9–10.
5. Бастраков А. И., Рыбалов Л. Б., Воробьева И. Г. Почвенная мезофауна долины реки Большая Кокшага (на примере среднего течения) // Поволжский экологический журнал. № 4. 2014. С. 452–462.
6. Воробьева И. Г., Богданов Г. А., Сбоева С. П. Население почвенной мезофауны сосняков заповедника «Большая Кокшага» // Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Вып. 8. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. С. 340–353.

Анализ динамики и структуры паразитарных заболеваний в Республике Марий Эл за 2018 – 2021 г.г.

Горячева Р. Г.^{1,2}, студ. 1 курса

Науч. рук. — Турмухаметова Н. В., канд. биол. наук, доц.

1 – Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

2 – Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Марий Эл, г. Йошкар-Ола
pzl.mari-el@yandex.ru

По данным Всемирной Организации Здравоохранения более 5 млрд. человек в мире поражены паразитарными заболеваниями, из них около 2 млрд. инфицированы геогельминтами [1–3].

Ведущей нозоформой среди геогельминтозов является аскаридоз, по оценке экспертов ежегодно им заражается около 1,5 миллиардов человек, более 100 тыс. погибают от осложнений. На территории Российской Федерации (РФ) аскаридоз является наиболее распространенной инвазией в группе геогельминтозов: ежегодно регистрируют до 40–60 тыс. заболевших, что составляет 15 % от общего числа больных гельминтозами [3–5].

Патологическое воздействие аскаридоза на человека выражено в снижении иммунитета, аллергизации организма, угнетении центральной нервной системы, задержке развития детей, заболеваниях желудочно-кишечного тракта [1, 6–7].

Гельминты *Ascaris lumbricoides* L., *Ancylostoma duodenale* Dubini, *Necator americanus* Stiles, *Trichuris trichiura* L. В почве находят условия для своего превращения в инвазионные формы, которые сохраняются до тех пор, пока случайно не попадут в организм человека [8–11].

Анализ эпидемиологической ситуации по аскаридозу в РФ показывает, что эта глистная инвазия регистрируется в 45 субъектах РФ и распространена чаще на территориях с неудовлетворительными санитарными условиями [3, 12]. Особенности эпидемиологической ситуации в современных условиях связаны с возросшей миграцией трудовых ресурсов из-за рубежа и развитием тепличных хозяйств на дачных участках. Показатель заболеваемости аскаридозом в стране остается на высоком уровне. Риск заражения аскаридами в разных регионах возрастает в связи с изменением климата, природными и антропогенными катастрофами [1, 5, 13–14].

В число не менее контагиозных гельминтозов человека входит и энтеробиоз. Это обусловлено как легкостью передачи инвазии, так и недостаточным уровнем санитарной культуры населения практически всех стран земного шара. В мире этим гельминтом поражено более 355 млн. человек, подавляющее большинство из которых дети. В настоящее время на территории РФ энтеробиоз является самым распространенным гельминтозом [6, 15].

Цель работы – анализ динамики заболеваемости геогельминтозами в Республике Марий Эл (РМЭ).

Анализ проводился на основе: ежегодных отчетов ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Марий Эл» по паразитарным заболеваниям, данных лабораторных исследований почвы и осадков сточных вод, сведений медицинских лечебных и профилактических учреждений по обследованию разных категорий населения.

Установлено, что в 2018 г. произошло снижение заболеваемости аскаридозом – на 12,4%, что превышает (средний многолетний уровень (СМУ) на 12,5%, энтеробиозом – на 2,3% (ниже СМУ на 3%). Доля детского населения среди заболевших аскаридозом составила – 95,6%, энтеробиозом – 97,9%. Так, заболеваемость аскаридозом на 100 тыс. населения составила 13,5, энтеробиозом – 221 (рис. 1) [5, 16].

В 2019 г. произошло увеличение заболеваемости аскаридозом – на 4,3% (показатель выше СМУ на 13,5%), снижение заболеваемости энтеробиозом – на 11,4% (показатель ниже СМУ на 15,2%), доля детей в популяции заболевших аскаридозом 88,5%, энтеробиозом – 98,7% (рис. 1) [17].

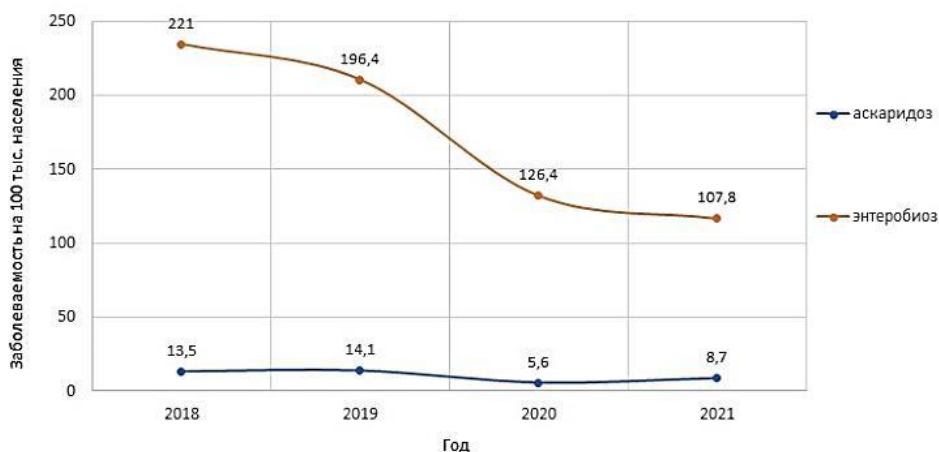


Рис. 1. Динамика заболеваемости геогельминтозами в Республике Марий Эл

В 2020 г. в РМЭ было выявлено 38 случаев заболевания аскаридозом, что в 2,5 раза ниже, чем в 2019 г. (показатель ниже СМУ в 2,4 раза), также снизился показатель заболеваемости энтеробиозом на 35,7% (показатель ниже СМУ на 45%). Доля детской заболеваемости составила – 94,7% и 98,5%, соответственно (рис. 1) [5, 16].

В РМЭ в 2021 г. произошло увеличение заболеваемости аскаридозом – с 38 до 59 случаев (показатель ниже СМУ на 29,1%), снижение по энтеробиозу – на 15,3% (показатель ниже СМУ на 49,1%). Снижение контактными гельминтозами было вызвано эпидемиологической ситуацией в стране в связи с сокращением посещения детских образовательных учреждений (рис. 1) [5, 16].

При лабораторных исследованиях почвы и осадков сточных вод были выявлены возбудители паразитозов: 2018 г. – 5 случаев, 2019 г. – 3; 2020 г. – 4; 2021 г. – 5 случаев обнаружения инвазионных яиц геогельминтов [17].

Следовательно, показатели заболеваемости аскаридозом и энтеробиозом в РМЭ значительно варьируют. Важную роль в эпидемиологическом процессе играют природно-климатические и социальные факторы. Наиболее уязвимой группой являются дети в возрасте до 14 лет. Наличие в окружающей среде инвазионных яиц аскарид и яиц остриц обуславливает риск заражения населения, сохранение жизнеспособности яиц в течение длительного времени усиливает угрозу новых заражений.

На основании проведенных лабораторных исследований почвенных образцов при проведении эпидемиологического мониторинга наличие в окружающей среде инвазионных яиц аскарид и яиц остриц обуславливает риск заражения населения, а сохранение жизнеспособности яиц в течение длительного времени усиливает угрозу новых заражений.

Таким образом, на основании аналитических данных по заболеваемости геогельминтозами по РМЭ в период с 2018 по 2021 гг. можно заключить, что показатели заболеваемости аскаридозом в республике варьируют; важную роль в эпидемиологическом процессе играют природно-климатические и социальные факторы; наиболее уязвимой группой являются дети в возрасте до 14 лет. Выявилась тенденция к снижению заболеваемости энтеробиозом, т.к. в период с 2019 по 2021 гг. в связи с возникшей эпидемиологической ситуацией посещение детских общеобразовательных учреждений сократилось. Высокий процент зараженности геогельминтозами приходится на долю детского населения республики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медицинская паразитология и паразитарные болезни: кварталный научно-практический журнал / учредители: МЗ РФ, Всероссийское общество эпидемиологов, микробиологов и паразитологов, ООО «С-ИНФО». М., 2016 г. 64 с.
2. Медицинская паразитология и паразитарные болезни: кварталный научно-практический журнал / учредители: МЗ РФ, Всероссийское общество эпидемиологов, микробиологов и паразитологов, ООО «С-ИНФО». М., 2018. 64 с.
3. Медицинская паразитология и паразитарные болезни: кварталный научно-практический журнал / учредители: МЗ РФ, Всероссийское общество эпидемиологов, микробиологов и паразитологов, ООО «С-ИНФО». М., 2021. 64 с.
4. Итоги и перспективы изучения проблем инфекционных и паразитарных болезней // Сб. трудов/колл. Авт. Т. 2. Тюмень: Изд-во Тюмен. Гос. ун-та, 2015. 240 с.
5. Заболеваемость протозоозами и гельминтозами населения Российской Федерации в 2009–2010 гг.: Информационный сборник статистических и аналитических материалов. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 80 с.
6. Паразитарные болезни человека / Под ред. В.П. Сергиева, Ю. В. Лобзина, С. С. Козлова. – СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2011. 608 с.
7. Гельминтозы человека / Под ред. Ф. Ф. Сопрунова. М.: Медицина, 1985. 368 с.

8. Санитарная паразитология / Н.А. Романенко, И.К. Падченко, Н.В. Чебышев. М.: Медицина, 2000. 320 с.
9. Борьба с гельминтами, передающимися через почву / П. К. Бивер. М., 1962. 52 с.
10. Пособие по санитарной паразитологии / Е. П. Хроменкова, Л.Л. Демидова. А. В. Упырев. Ростов-на Дону: Дониздат, 2015. 71 с.
11. Романенко Н. А., Новосильцев Г. И. Надзор за антропогенным воздействием на окружающую среду при кишечных паразитозах // Медицинская паразитология. 1992. № 2. С. 5–7.
12. СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573660140> (дата обращения 26.04.2023).
13. Подходы к совершенствованию системы надзора и управления эпидемическим процессом паразитарных заболеваний / Т. Ф. Степанова, А. С. Корнаев. Тюмень, 2012. 148 с.
14. Смирнов Г. Г. Медицинская гельминтология. М., 1959. 264 с.
15. Черкасский Б. Л. Инфекционные и паразитарные болезни человека. М., 1994. 617 с.
16. Санитарно-эпидемиологическая обстановка // Управления Роспотребнадзора по Республике Марий Эл. URL: http://12.gospotrebnadzor.ru/epidemiologic_situation (дата обращения 26.04.2023).
17. МУ 4.2.2661-10. Методы санитарно-паразитологических исследований. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 63 с.

Результаты регионального этапа всероссийской олимпиады школьников по биологии в 2022 – 2023 уч. году: проблемы и пути решения

Дробот Г. П.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
droga59@mail.ru

Всероссийская олимпиада школьников стала второй после государственной итоговой аттестации работой педагогов и руководителей образовательных организаций. В ФЗ 273 (ст. 77. Организация получения образования лицами, проявившими выдающиеся способности) указано: «В целях выявления и развития у обучающихся творческих способностей и интереса к научной (научно-исследовательской) деятельности, пропаганды научных знаний проводится всероссийская олимпиада школьников...» [1]. Олимпиада по предмету – это не только проверка образовательных достижений учащихся, но и познавательное, эвристическое, интеллектуально-поисковое соревнование школьников в творческом применении знаний, умений, способностей, компетенций по решению нестандартных заданий и заданий повышенной сложности [2].

Традиционным является участие детей во Всероссийской олимпиаде школьников по биологии, которая признается одной из самых интересных, но в тоже время сложных учебных дисциплин школьной программы. Задания олимпиады требуют знаний по всем разделам биологических наук, на современном научном уровне, превышающем содержание школьного биологического курса. Ежегодно во время проведения регионального этапа нами отмечается тот факт, что школьники, успешно преодолевшие теоретический тур, испытывают трудности на практическом туре. При этом замечена тенденция, и мы писали об этом ранее [3], что задания практического тура все время усложняются, а требования к самому туру постоянно возрастают. Поэтому в настоящее время назрела необходимость включения в систему подготовки школьников к биологическим олимпиадам специализированных практических занятий.

Цель нашего исследования – проанализировать результаты регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников по биологии за последние несколько лет и за 2022–2023 учебный год и определить наиболее часто встречающиеся ошибки, сделать попытку нахождения путей решения сложных ситуаций.

Посмотрим на общую картину прошедших региональных этапов (2020–2023 гг.) Всероссийской олимпиады школьников по биологии. Как можно видеть из таблицы 1, процент решаемости по всей олимпиаде даже у ребят-победителей оказался очень низким.

Таблица 1

Процент выполнения всех видов олимпиадных заданий победителями регионального этапа олимпиады за 2020–2023 гг.

Класс	Январь 2020	Январь 2021	Январь 2022	Январь 2023
9	65,0 %	61,5 %	56,4 %	56,0 %
10	63,1 %	62,3 %	66,6 %	58,8 %
11	66,6 %	55,1 %	67,5 %	74,3 %

Так, у победителей в девятом классе уровень решаемости составлял от 65 % до 56 %; в 10-м классе – от 66,6 % до 58,8 %; в 11-м классе – от 55,1 % до 74,3 %. Вызывает беспокойство тот факт, что у учащихся 9-х и 10-х классов просматривается тенденция снижения уровня решаемости к нынешнему году до 56–58 %.

У одиннадцатиклассников наметилась некоторая тенденция к повышению уровня выполнения олимпиадных теоретических и практических заданий в целом. Если представить, что одни и те же дети из года в год участвуют в олимпиаде, то значительное снижение процента выполнения заданий бывшими девятиклассниками (2019г.) в 10 классе (2020 г.) и, тем более, в 11-м классе (2021 г.) можно объяснить ковидными ограничениями, удаленными занятиями, преобладанием самостоятельной работы учащихся. Аналогичная картина характерна для девятиклассников 2020 г., ставших 10-классниками в 2021г.

На практическом туре на Региональном этапе за последние 3 года (2021–2023 гг.) у ребят-победителей во всех трех классах выявлен низкий уровень практической подготовки, не превышающий 60 % у девятиклассников и 66 % у десятиклассников. Причем, у десятиклассников вообще наблюдается стойкая тенденция снижения этого уровня. Радуют одиннадцатиклассники, у которых практические навыки становятся лучше за исследуемый период и приближаются к 70% решаемости (рис. 1).

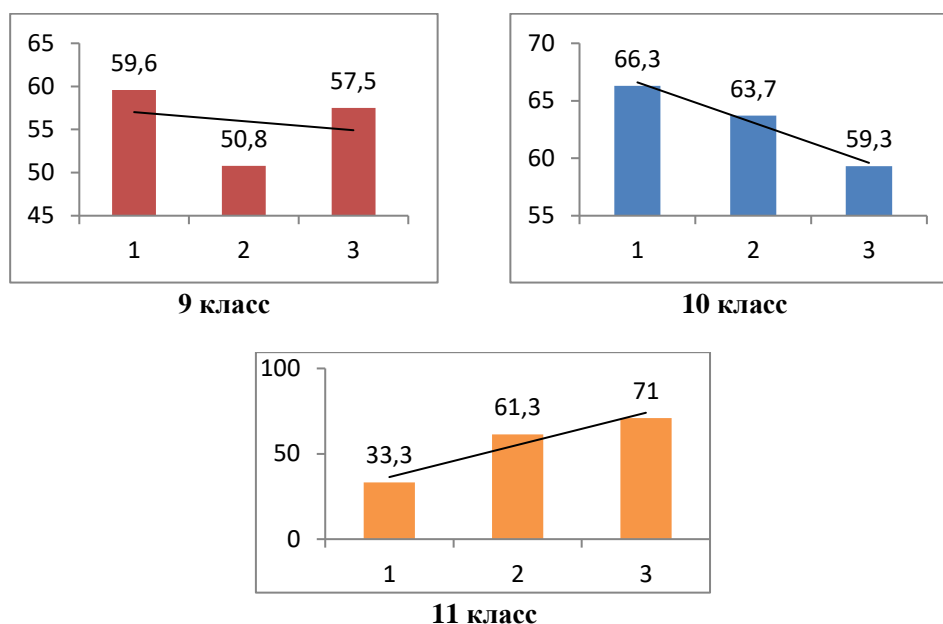


Рис. 1. Уровень решаемости практической части олимпиады у победителей по годам наблюдения (региональный этап) (%).
Примечание: 1 – 2021 г.; 2 – 2022 г.; 3 – 2023 г.

В связи с тем, что без практической подготовки не бывает успехов в общем зачете олимпиады, мы провели мониторинг решаемости практических заданий по кабинетам в каждом классе на региональном этапе в нынешнем 2023 г. (табл.2).

Таблица 2

Процент выполнения заданий за весь практический тур у победителей и участников олимпиады в 2023 г.

9 класс 39,1 % в среднем на кабинет	57,5 % решаемости у победителя
10 класс 38,8 % в среднем на кабинет	59,3 % решаемости у победителя
11 класс 28,8 % в среднем на кабинет	71,0 % решаемости у победителя

Как можно видеть из таблицы 2, практический тур 2023 г. оказался провальным во всех классах! Мы проанализировали, какие кабинеты практического тура оказались самыми сложными для ребят (табл.3).

Так в **9-м классе** трудности вызвали все кабинеты, но особенно кабинет **Биологии человека**, где процент выполнения заданий составил менее 30 %. В **10-м классе** особо трудными по выполнению оказались кабинеты **Зоологии позвоночных** и **Биологии человека**, где решаемость составила чуть более 30 %. При этом во всех кабинетах 10 класса были нулевые результаты! Т.е. некоторые дети вообще не владели практическими навыками, а ведь региональный этап ВОШ считается достаточно высоким по уровню. Сразу возникает вопрос об объективности выставления оценок этим детям на муниципальном этапе олимпиады. Практические кабинеты 11-го класса оказались очень сложными, причем все!

Причины здесь разные, в различных классах они, скорее всего, свои. Понятно, что не последнюю роль сыграли карантинные мероприятия по ковиду, когда дети были лишены в предыдущие два года нормальной полноценной подготовки. Некоторые ребята не владели техникой микроскопирования, изготовления

срезов растительных организмов, не представляли работу с определителями, не могли сделать требуемые рисунки биологических объектов, плохо ориентировались в вопросах систематики, не умели обосновывать свои ответы ни словесно, ни графически, не представляли работу с дозаторными пипетками и т.д. Как и в прошлые годы у ребят остается проблема применения в самый ответственный момент своих теоретических знаний при выполнении практического задания. Либо эти теоретические знания были исходно низкими. И опять возникает вопрос, как такой ребенок оказался на региональном этапе?

Таблица 3

Проблемы практического тура 2023 г.

9 класс	10 класс	11 класс
Зоология беспозвоночных средний балл по кабинету 17,4 (24,5–11); 43,5 % решаемости	Зоология позвоночных средний балл по кабинету 16,1 (35–0); 32,2 % решаемости	Экология и этология средний балл по кабинету 20,3 (42–15); 20,3 % решаемости
Ботаника средний балл по кабинету 18,3 (32–1); 45,8 % решаемости	Морфология растений средний балл по кабинету 23,6 (36–0); 47,2 % решаемости	Физиология и анатомия растений средний балл по кабинету 16,4 (35–6,9); 33,0 % решаемости
Биология человека средний балл по кабинету 11,2 (18,5–2,5) 28 % решаемости!	Биология человека средний балл по кабинету 11,2 (26–0) 37 % решаемости!	Биохимия и микробиология средний балл по кабинету 16,5 (29,5–6) 33,0 % решаемости!

Следует указать, что на практическом туре все чаще и чаще даются задания не с микроскопами и объектами, пробирками или приборами, а почти исключительно с текстами и рисунками. Все увеличивается количество виртуальных заданий с использованием компьютеров. А это уже несколько иные навыки, представления и владения. Значит, выполнению биологических заданий с компьютерами необходимо тоже учить.

А кто же успешен на региональном этапе за последние пять лет? Исследования показывают, что из года в год мы имеем победителями и призерами учащихся одних и тех же образовательных организаций! Это политехнический лицей-интернат г. Йошкар-Олы, Коркатовский лицей и Многопрофильный лицей-интернат п. Руэм. Значит, здесь существует система подготовки, которую, очевидно, следует распространять и на другие учебные заведения республики.

Подводя итоги прошедшего регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников по биологии необходимо отметить ряд выводов и высказать наши предложения:

1. Учащиеся всех классов слабо подготовлены к практическому туру (даже победители имеют довольно низкие проценты решаемости, кроме 11 класса)! Из 9 кабинетов практического тура проблемными являются практически все!

2. Сегодня мы четко знаем, что победителями олимпиады становятся те, кто в равной степени обладает теоретическими знаниями и практическими навыками. Практический тур сложнее теоретического и содержит немало элементов, которые отсутствуют в школьной программе. Основываясь только на материалах школьных учебников невозможно рассчитывать на успех! Не все школьные учителя могут посоветовать соответствующую литературу, либо школы ею не располагают. В этой ситуации могли бы помочь Интернет-ресурсы, а также обращение к вузовским педагогам.

3. Назрела необходимость создания в каждой школе, занимающейся подготовкой детей к предметной олимпиаде по биологии, элективного курса по такой подготовке. В рамках такого курса дети могли бы сформировать практические навыки по обработке, описанию и критическому анализу фактического материала; навыки лабораторных наблюдений и экспериментов; научиться оформлять и представлять материалы исследований; узнали бы новейшие достижения отечественной и зарубежной науки, современные биологические методы, получили бы навыки решения сложных олимпиадных задач.

4. В школах не хватает системного подхода при подготовке детей к олимпиадам. Как правило, эта подготовка начинается недели за 2 до начала олимпиадных турниров. Далеко не во всех образовательных организациях ведутся систематические занятия по углубленному курсу биологии, разбираются архивы олимпиадных заданий, педагоги большинства школ не обращаются за помощью в практической подготовке к преподавателям вузов, где имеется хоть какая-то материальная база.

5. На региональном этапе победителями и призерами из года в год становятся учащиеся одних и тех же образовательных организаций! Пора обратиться за опытом к педагогам именно лучших учебных заведений в подготовке к биологической олимпиаде. Необходимо организовать мастер-классы, семинары и т.п. по передаче опыта.

6. Необходимо рассмотреть возможность участия педагогов образовательных организаций РМЭ в курсах повышения квалификации по работе с одаренными детьми и подготовке их к олимпиаде. Курсы могут

быть организованы в качестве дополнительной образовательной программы ИЕИФ МарГУ. Необходимо, чтобы часы, затраченные на эти курсы, учитывались для учета повышения квалификации учителей.

7. На сессиях в Центре одаренных детей п. Руэм несколько лет назад прошло сокращение часов, а вот эти часы и можно было использовать на расширение практической подготовки.

8. Среди контингента детей, приезжающих на сессии в Центр одаренных детей, часто происходит ротация. Это значит, что дети посещают далеко не все сессии! Особенно это заметно по лагерю «УМКА», где углубление детей в биологию начинается летом после 7-го класса. Однако уже на первой сессии в 8-м классе мы видим совершенно других детей. Количество сессий в 8 классе необходимо увеличить и вместо одной проводить хотя бы две! Это позволило бы работать на опережение, что важно при подготовке к олимпиадам, т.к. всегда встречаются задания из не пройденного материала.

9. Назрела необходимость опрашивать самых одаренных детей на предолимпиадные тренинги или курсы по подготовке к ВОШ в крупные центры, которые их организуют. Эти центры работают в каникулы, в течение учебного года, летом (так называемые летние школы), круглый год в Сириусе и т.д. Они находятся при разных учебных заведениях и, особенно, в Центре педагогического мастерства в Москве, Кирове и других городах. Цена этих тренингов немаленькая от 40 до 60 тысяч за цикл на сегодняшний день. Зато, как показывает наш собственный мониторинг, именно после таких выездных занятий регион имеет призовые места на заключительном этапе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ривкин Е. Ю. Всероссийская олимпиада школьников: проблемы и возможности // Образовательная политика. 2015. № 4 (70). С.89–94.

2. Покивайлова Л. А., Галкина Е. А. Организационно-педагогические условия подготовки учащихся к олимпиадам // Материалы IV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева Красноярск, Россия. URL: <https://scienceforum.ru/2012/article/2012002283>

3. Дробот Г. П. Подготовка учащихся к практическому туру регионального этапа всероссийской олимпиады школьников по биологии (на примере кабинета Человек, 9 класс) // Современные проблемы медицины и естественных наук: сборник статей Международной научной конференции. Вып. 8, Йошкар-Ола, 15–19 апреля 2019 г. / Мар. Гос. ун-т: Йошкар-Ола, 2019. С.328–330.

Оценка влияния митохондриальной трансплантации на ультраструктуру скелетной мускулатуры дистрофин-дефицитных мышечных волокон

Дубинин М. В.¹, Игошкина А. Д.¹, Степанова А. Е.¹, Кислицына Э. И.¹, Бейшеналиев Ж. Б.¹,

Попенова Т. А.¹, Турбина И. А.¹, Михеева И. Б.²

¹ – Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

² – Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, г. Пущино
dubinin1989@gmail.com

Одним из популярных направлений современной биомедицины является митохондриальная заместительная терапия. Действительно, показано, что слияние «здоровых» и поврежденных митохондрий приводит к элиминации последних из митохондриальной сети, что способствует поддержанию общего состояния митохондрий [1]. Кроме того, недавно установлено, что инъекция здоровых митохондрий (аллогенного и аутогенного происхождения) в сердечную мышцу снижает риск инфаркта и уменьшает его зону с 30 до 6–7% [2]. Трансплантированные митохондрии значительно увеличивают уровень внутриклеточного АТФ и восстанавливают энергетическую функцию клеток сердца [3]. Кроме того, в отличие от клеточной терапии, показано, что трансплантация митохондрий не вызывает заметного иммунного ответа. В отличие от трансплантации ксено- и аллогенных клеток, митохондрии способны достаточно быстро проникать в клетки и сохранять свою функциональность в миоцитах в течение по крайней мере 28 дней [3]. Инъекция здоровых митохондрий, помимо улучшения энергетического баланса клетки, может дополнительно регулировать уровень внутриклеточного кальция, что может привести к стабилизации внутриклеточного кальциевого гомеостаза до контрольных значений. Недавно было показано, что внесение митохондрий здорового донора в поврежденную скелетную мышцу способствует восстановлению нервно-мышечной функции. В частности, в модели BaCl₂-индуцированного повреждения скелетных мышц выявлено, что системная доставка митохондрий усиливает регенерацию мышц, снижает интенсивность фиброза и восстанавливает мышечную функцию [4]. Предполагается, что дополнительное количество митохондрий в регенерирующих мышцах может способствовать увеличению общей продукции энергии, необходимой для сборки белка. Кроме того, митохондриальная замести-

тельная терапия может способствовать усилению митофагии или внесению митохондриальной ДНК в митохондрии клеток-реципиентов. Все это позволяет предположить, что внесение аллогенных митохондрий от здоровых доноров может быть использовано для улучшения общего состояния митохондриальной сети клеток организмов-реципиентов.

В настоящей работе оценена возможность применения митохондриальной заместительной терапии для коррекции состояния этих органелл в скелетных мышцах дистрофин-дефицитных мышей, представляющих собой приближенную модель мышечной дистрофии Дюшенна. Для этого производились инъекции аллогенных митохондрий, полученных методом дифференциального центрифугирования из скелетной мускулатуры мышей дикого типа, в скелетную мышечную ткань мышей с миодистрофией Дюшенна возрастом 4 недели (до начала интенсивных процессов деградации скелетной мускулатуры). Митохондрии (1 мкг/г массы мышцы), предварительно окрашенные MitoTracker Red CMXRos (для последующей визуализации) и ресуспендированные в 50 мкл среды, содержащей 120 мМ KCl, 5 мМ NaH₂PO₄, 2,5 мМ глутамата, 2,5 мМ малата, 5 мМ сукцината, 10 мМ HEPES-KOH (pH 7,4) вводились туберкулиновым шприцом. В этом случае каждое животное ($n = 12$) получало две инъекции суспензии органелл – по одной в мышцы передней и задней поверхности бедра, что соответствует предлагаемым подходам [4]. Контрольные *mdx* животные получали инъекции указанной среды инкубации, не содержащей митохондрий. Инъекции производились через два дня на третий, каждое животное было подвергнуто 10 процедурам. По завершению эксперимента животные выдерживались в течение недели в условиях вивария, после чего была оценена ультраструктура ткани скелетной мускулатуры мышей. Полученные данные были сравнены с показателями контрольных *mdx* мышей, получавших носитель, а также животных дикого типа.

Ранее было показано, что митохондрии, введенные путем инъекции в скелетную мускулатуру, успешно проникают в мышечные волокна реципиента [4]. В настоящей работе также проведена оценка успешности митохондриальной трансплантации после 10 сеансов инъекций аллогенных митохондрий в скелетные мышцы *mdx* мышей. Для этого из свежеизолированных мышц (четырёхглавые мышцы бедра обеих задних конечностей) экспериментальных групп мышей были приготовлены серийные поперечные криосрезы. С помощью флуоресцентной микроскопии были оценены сигналы флуоресценции MitoTracker Red CMXRos, соответствующие предварительно окрашенным аллогенным митохондриям. Можно видеть, что в мышечных волокнах *mdx* мышей, получавших инъекции меченых митохондрий, обнаруживается интенсивная флуоресценция зонда, тогда как в мышцах контрольных животных, получавших, флуоресцентного сигнала не обнаружено (Рис. 1). Это свидетельствует об успешном проникновении аллогенных митохондрий через мембрану мышечного волокна и их интеграцию в миоциты мышей-реципиентов.

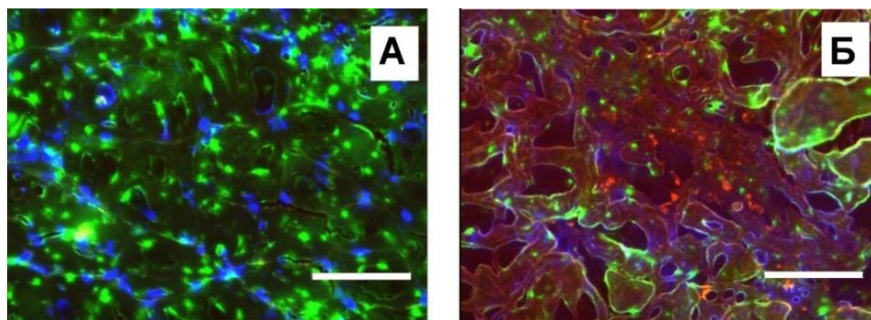


Рис. 1. Типичные микрофотографии ткани четырехглавой мышцы бедра *mdx* мышей, получавших инъекции носителя-среды инкубации (отрицательный контроль) (А) и животных, получавших аллогенные митохондрии, окрашенные MitoTracker Red CMXRos (Б).

Синий цвет соответствует клеточным ядрам, окрашенным флуоресцентным красителем Hoechst 33342. Желто-зеленым цветом отмечены преимущественно мембраны мышечных волокон, окрашенные флуоресцентным красителем LumiTrace PKH2. Красный цвет (на панели Б) соответствует аллогенным митохондриям, окрашенным MitoTracker Red. Шкала – 75 мкм.

Из рис. 2 можно видеть, что введение аллогенных митохондрий мышам оказывает существенное влияние на ультраструктуру скелетной мускулатуры мышей-реципиентов. Миофибриллы скелетной мышцы мышей группы контроля характеризуются классической архитектурой М–Z диапазона. В субсарколеммальной области, находящейся на периферии мышечного волокна, митохондрии располагались небольшими скоплениями. Органеллы имели шарообразную или удлиненную форму. Нарушения в расположении крист или повреждения внешней и внутренней мембран отсутствовали. Преобладали митохондрии с темным матриксом и плотной упаковкой крист. Саркоплазматический ретикулум в основном был представлен уплощенными цистернами. В мышечных волокнах скелетных мышц группы *mdx* были обнаружены мозаично расположенные деструктивные изменения миофибрилл, саркоплазмы, саркоплазматического

ретикулума и митохондрий. Иногда можно было наблюдать истончение диаметра миофибрилл без нарушения организации саркомеров, искривление Z-линии и расширение промежутков саркоплазмы между миофибриллами. Отмечено достоверное уменьшение ширины саркомеров по сравнению с мышцами дикого типа и увеличение их длины (рис. 3), что соответствует известным данным [5]. В саркоплазме выявлено увеличение содержания гликогена, вторичных лизосом, расширение и фрагментация до пузырьков разного диаметра саркоплазматического ретикулума. В субсарколеммальной области митохондрии располагались также, как и в группе контроля небольшими скоплениями. Однако в ультраструктуре митохондрий имелись принципиальные отличия. Преобладали митохондрии шаровидной формы, значительно набухшие, с разрушенными кристами и зонами резкого просветления матрикса, часто во внешней мембране некоторых из них наблюдались трещины и разрывы. В группе *mdx*+мх также, как и в группе *mdx* сохранялись расширения саркоплазмы между миофибриллами с увеличенным содержанием гликогена и фрагментированным саркоплазматическим ретикулумом. Наблюдалось восстановление размера саркомеров до уровня контрольных животных (рис. 3). Эта группа, в отличие от групп *mdx* и контроля, характеризовались большими скоплениями митохондрий в субсарколеммальной области. В группе *mdx*+мх структура митохондрий была сходна с группой контроля. Это были шарообразной или удлинённой формы органеллы с темным матриксом и плотной упаковкой крист. Отличительной чертой группы *mdx*+мх является присутствие в субсарколеммальной области большого количества мелких митохондрий с небольшим числом крист.

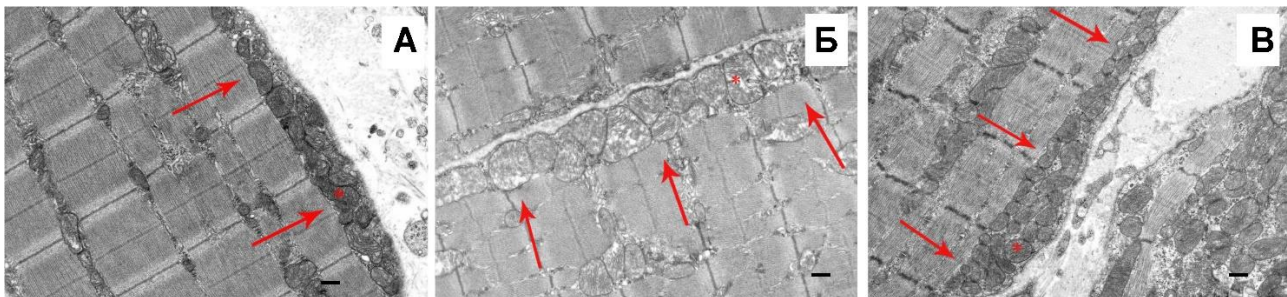


Рис. 2. Типичные электронные микрофотографии срезов скелетных мышц (четырёхглавой мышцы бедра) мышцей группы контроля (А), *mdx* (Б) и *mdx*+митохондрии (В), демонстрирующие ультраструктуру субсарколеммальной популяции митохондрий (отмечена красными стрелками). Шкала – 1 мкм.

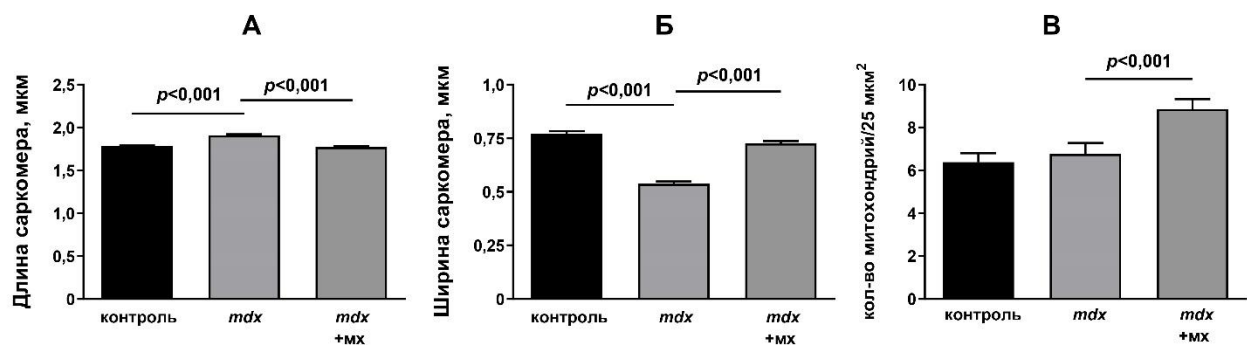


Рис. 3. Графическое представление профилей электронной микроскопии (рис. 2): длина саркомера (А), ширина саркомера (Б) и количество митохондрий на пластинку (В). Количество исследуемых полей зрения – от 40 до 50. Представлены средние значения ± стандартная ошибка среднего.

Таким образом, можно полагать, что введение аллогенных митохондрий в ткани дистрофин-дефицитных мышеч приводит к их успешной интеграции в симпласты реципиентов и может способствовать улучшению ультраструктуры скелетной мускулатуры при МДД.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда, № 20–75–10006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Twig G., Elorza A., Molina A. J., Mohamed H., Wikstrom J. D., Walzer G., Stiles L., Haigh S. E., Katz S., Las G., Alroy J., Wu M., Py B. F., Yuan J., Deeney J. T., Corkey B. E., Shirihai O. S. Fission and selective fusion govern mitochondrial segregation and elimination by autophagy // *EMBO J.* 2008. V. 27(2). P. 433–446.
2. McCully J. D., Levitsky S., Del Nido P. J., Cowan D. B. Mitochondrial transplantation for therapeutic use // *Clin. Transl. Med.* 2016. V. 5(1). P. 16.

3. Masuzawa A., Black K. M., Pacak C. A., Ericsson M., Barnett R. J., Drumm C., Seth P., Bloch D. B., Levitsky S., Cowan D. B., McCully J. D. Transplantation of autologously-derived mitochondria protects the heart from ischemia/reperfusion injury // *Am. J. Phys. Heart Circ. Physiol.* 2013. V. 304. P. 966–982.

4. Orfany A., Arriola C. G., Doulamis I. P., Guariento A., Ramirez-Barbieri G., Moskowitsova K., Shin B., Blitzer D., Rogers C., Del Nido P. J., McCully J. D. Mitochondrial transplantation ameliorates acute limb ischemia // *J. Vasc. Surg.* 2020. V. 71(3). P. 1014–1026.

5. Wissing E. R., Millay D. P., Vuagniaux G., Molkentin J. D. Debio-025 is more effective than prednisone in reducing muscular pathology in mdx mice // *Neuromuscul. Disord.* 2010. V. 20. P. 753–760.

Антагонистическая активность природных штаммов *Bacillus* spp. В отношении тест-культур *Staphylococcus* spp.

Дудник Д. Е., Иркитова А. Н., Малкова А. Н., Каргашилова Е. Н.

Алтайский государственный университет, г. Барнаул
dudnik-dina@mail.ru

Инфекционные заболевания животных и птиц наносят серьезный экономический ущерб сельскому хозяйству. Они вызывают гибель молодняка и взрослого поголовья, падение продуктивности и, кроме того, оказывают влияние на качество продукции животноводства. Причиной инфекций является патогенная и условно-патогенная микрофлора, одним из основных представителей которой являются бактерии рода *Staphylococcus*. Стафилококки вызывают такие заболевания как мастит, пододерматит, септикопиемия, заболевания желудочно-кишечного тракта и др [1–3]. Лечение данных инфекций антибиотиками не всегда эффективно вследствие роста случаев обнаружения штаммов устойчивых к их действию. На данный момент известны штаммы стафилококков резистентные к метициллину, ванкомицину, пенициллину, ампициллину, ципрофлоксацину, эритромицину и цефалозину [4]. Кроме того, профилактика стафилококковых инфекций включает в себя использование химических дезинфицирующих средств, которые также способны вызывать явление резистентности [5].

Одним из способов борьбы с инфекциями, вызываемыми различными видами стафилококков, являются биологические препараты на основе полезных микроорганизмов (пробиотики, микробные дезинфицирующие средства). Такие препараты безопасны для животных и человека, а также не вредят экологии. Биологические микробные препараты подавляют рост патогенной и условно-патогенной микрофлоры путем антагонизма. При этом не формируется резистентность и сам биопрепарат не накапливается в животном организме, что позволяет получать экологически чистую продукцию [2, 6].

В качестве основы микробных препаратов используются разные виды микроорганизмов, обладающих необходимыми свойствами. *Bacillus* spp. Одни из наиболее активно используемых бактерий в производстве биологических препаратов для сельского хозяйства. Большой интерес, проявляемый к ним, обусловлен рядом полезных свойств, которыми обладают бациллы. Бациллы продуцируют ряд противомикробных соединений, включая липопептиды, сурфактин, бактериоцины и бактериоциноподобные ингибирующие вещества. Также высокий антагонистический потенциал *Bacillus* spp. Обеспечивается синтезом органических кислот, снижающих рН и оказывающих конкурентное вытесняющее действие на патогены [7].

Кроме того, средства и препараты на основе бактерий *Bacillus* spp. Более выгодны с экономической точки зрения. Бациллы удобны в культивировании и, благодаря способности к спорообразованию, могут сохранять высокую активность при хранении в течении длительного времени [8].

Таким образом, все вышеизложенное указывает на актуальность поиска и изучения штаммов *Bacillus* spp., обладающих высокой антагонистической активностью в отношении условно-патогенных бактерий *Staphylococcus* spp.

В качестве объектов исследования использовались 17 штаммов *Bacillus* spp. Из коллекции инжинирингового центра «Промбиотех». Все штаммы были выделены из различных природных ниш и идентифицированы с помощью биохимических тест-систем и секвенирования 16S РНК.

Тест-культуры *Staphylococcus* spp были выделены из санитарно неблагополучных животноводческих помещений (2 штамма) и из гнойных абсцессов животных (2 штамма). Определение видовой принадлежности проводили с помощью дифференциальных питательных сред.

Изучение антагонистической активности штаммов проводили методом перпендикулярных штрихов [9]. На поверхность плотной питательной среды высевали петли в виде прямого штриха штамм *Bacillus* spp. И культивировали в термостате 24 ч при 37°C. После культивирования к штрихам бацилл перпендикулярно подсевали штаммы тест-культур и оставляли еще на 24 ч в аналогичных условиях. Результаты оценивали по размеру зоны задержки роста тест-культуры на границе контакта с исследуемым штаммом: высокая активность – 11–30 мм, средняя – 4–10 мм, слабая – до 4 мм.

Для определения антагонистической активности штаммы *Bacillus* spp. Выращивали на жидкой L-среде, а тест-культуры на мясопептонном бульоне с добавлением 6,5 % NaCl. Непосредственно определение антагонизма проводили на мясопептонном агаре.

По результатам проведенного исследования было установлено, что все исследуемые штаммы *Bacillus* spp. Проявляли различную степень антагонизма ко всем культурам *Staphylococcus* spp. Штаммы, не угнетающие рост стафилококков, отсутствовали (табл. 1).

Таблица 1

Антагонистическая активность штаммов *Bacillus* spp. По отношению к тест-культурам *Staphylococcus* spp.

Исследуемый штамм	Тест-культура			
	<i>S. aureus</i> 1	<i>S. epidermidis</i> 2	<i>S. aureus</i> 2	<i>S. aureus</i> 3
	Зона подавления роста тест-культуры, мм			
<i>B. licheniformis</i> 5	14,0 ± 0,0	17,5 ± 0,7	14,0 ± 1,0	8,3 ± 0,6
<i>B. licheniformis</i> 6	17,5 ± 0,7	17,5 ± 0,7	16,5 ± 0,7	13,5 ± 0,7
<i>B. licheniformis</i> 7	13,0 ± 1,4	13,0 ± 1,4	10,0 ± 1,0	2,0 ± 0,0
<i>B. licheniformis</i> 8	5,0 ± 0,0	5,3 ± 0,6	4,3 ± 0,6	4,7 ± 0,6
<i>B. licheniformis</i> 10	6,0 ± 0,0	11,6 ± 0,7	5,5 ± 0,7	5,0 ± 0,0
<i>B. pumilus</i> 4	20,0 ± 3,6	16,5 ± 0,7	13,0 ± 1,0	7,5 ± 0,7
<i>B. pumilus</i> 5	18,0 ± 1,0	16,3 ± 0,6	13,0 ± 0,0	6,5 ± 0,7
<i>B. pumilus</i> 6	14,0 ± 2,0	14,0 ± 1,4	10,3 ± 0,6	5,7 ± 0,6
<i>B. pumilus</i> 7	15,0 ± 1,0	18,5 ± 0,7	13,0 ± 1,0	6,0 ± 0,0
<i>B. pumilus</i> 16	15,3 ± 0,6	15,7 ± 0,6	13,3 ± 0,6	7,3 ± 0,6
<i>B. firmus</i> 1	16,0 ± 0,0	14,0 ± 0,0	12,5 ± 0,7	9,0 ± 1,4
<i>B. firmus</i> 2	23,1 ± 1,0	16,3 ± 0,6	15,0 ± 2,8	11,3 ± 2,9
<i>B. firmus</i> 3	4,0 ± 0,0	14,3 ± 0,6	13,3 ± 0,6	8,5 ± 0,7
<i>B. megaterium</i>	19,5 ± 0,7	19,0 ± 4,2	19,7 ± 0,6	10,7 ± 1,2
<i>B. mojavensis</i>	7,3 ± 0,6	6,5 ± 0,7	10,2 ± 0,6	7,5 ± 0,7
<i>B. toyonensis</i> 15	8,0 ± 0,0	7,3 ± 0,4	8,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0
<i>B. subtilis</i> gr. 1	5,5 ± 2,1	4,0 ± 1,0	3,3 ± 0,6	3,7 ± 1,2

Примечание: результаты представлены в виде средних значений ± стандартное отклонение (n = 3)

Высокая антагонистическая активность в отношении культуры *S. Aureus* 1 наблюдалась у штаммов *B. Licheniformis* 5, *B. Licheniformis* 6, *B. Licheniformis* 7, *B. Firmus* 1, *B. Firmus* 3, *B. Megaterium* и всех штаммов *B. Pumilus*. Штаммы *B. licheniformis* 8, *B. licheniformis* 10, *B. firmus* 3, *B. mojavensis*, *B. toyonensis* 15 и *B. subtilis* gr.1 проявляли среднюю активность.

В отношении *S. epidermidis* 2 высокий уровень антагонизма был установлен для *B. licheniformis* 5, *B. licheniformis* 6, *B. licheniformis* 7, *B. licheniformis* 10, *B. megaterium* и всех исследуемых штаммов вида *B. firmus* и *B. pumilus*. Среднюю антагонистическую активность проявляли все остальные штаммы бацилл, за исключением *B. Subtilis* gr.1, который проявлял слабую активность.

В отношении культуры *S. Aureus* 2 высокую активность демонстрировали *B. Licheniformis* 5, *B. Licheniformis* 6, *B. Pumilus* 4, *B. Pumilus* 5, *B. Pumilus* 7, *B. Pumilus* 16, *B. Megaterium* и все исследуемые штаммы вида *B. Firmus*. Для *B. Toyonensis* 15 было характерно слабое подавление роста данной тест-культуры. Остальные штаммы показали среднюю антагонистическую активность.

Высокий уровень антагонизма в отношении *S. Aureus* 3 проявляли только 2 штамма – *B. Licheniformis* 6 и *B. Firmus* 2. Все остальные штаммы характеризовались средним уровнем активности. Исключение составили штаммы *B. Licheniformis* 7 и *B. Subtilis* gr.1, не оказавшие влияния на рост тест-культуры.

Кроме того, установлено, что большинство штаммов бацилл в отношении культуры *S. Aureus* 3 показывали только среднюю или низкую степень антагонизма. Это может указывать на высокую агрессивность данного штамма. Однако *B. Licheniformis* 6 и *B. Firmus* 2 успешно подавляли рост тест-культуры *S. Aureus* 3.

Таким образом, по результатам исследования был определен антагонистический потенциал природных штаммов *Bacillus* spp. Для всех штаммов была зафиксирована антагонистическая активность в отношении тест-культур *Staphylococcus* spp. Высокий уровень подавления всех патогенов выявлен у 2 штаммов – *B. Licheniformis* 6 и *B. Firmus* 2. Данные штаммы-антагонисты являются перспективной основой для создания безопасных микробных препаратов (пробиотиков, биологических дезинфектантов и др.) для животноводства и птицеводства.

Работа выполнена при поддержке ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет–2030», проект «Наработка биопрепаратов для сельского хозяйства».

ЛИТЕРАТУРА

1. Балбуцкая А. А., Скворцов В. Н., Хохлова Н. С., Белимова С. С. Антибиотикочувствительность стафилококков, изолированных от кроликов // Международный вестник ветеринарии. 2018. № 3. С. 68–72.
2. Тарабукина Н. П., Неустроев М. П., Дулова С. В., Степанова А. М., Скрябина М. П. Новое санитарно-гигиеническое средство на основе штаммов *Vacillus subtilis* // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 52–55.
3. Макарова В. Н., Бадеева О. Б., Симанова И. Н. Анализ желудочно-кишечных болезней молодняка крупного рогатого скота в хозяйствах Вологодской области // Ветеринария и кормление. 2018. № 7. С. 23–24.
4. Анганова Е. В., Аблов А. М., Батомункуев А. С., Плиска А. А. Проблема антибиотикорезистентности возбудителей инфекционных болезней животных и птиц // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2 (26). С. 55–58.
5. Ильякова А. В., Шестопалов Н. В., Федорова Л. С., Белова А. С. Возможность использования спорообразующих бактерий рода *Vacillus* в производстве дезинфектантов // Гигиена и санитария. 2020. № 5. С. 436–442.
6. Андреева А. В., Николаева О. Н. Новые экологически безопасные препараты в ветеринарной практике // Российский электронный научный журнал. 2016. № 3 (21). С. 266–283.
7. De Cesare A., Caselli E., Lucchi A., Sala C., Parisi A., Manfreda G., Mazzacane S. Impact of a probiotic-based cleaning product on the microbiological profile of broiler litters and chicken caeca microbiota // Poultry Science. 2019. V. 98. P. 3602–3610.
8. Орлова Т. Н., Иркитова А. Н., Гребенщикова А. В. Антагонистическая активность *Vacillus subtilis* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 5. С. 141–145.
9. ОФС.1.7.2.0009.15 Определение специфической активности пробиотиков. Общая фармакопейная статья. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М., 2018. Т. 2. С. 2800–2823.

Аминокислоты с разветвленной углеродной цепью как сигнальные молекулы

Еримбетов К. Т.¹, Обвинцева О. В.²

1 – ООО НТИЦ «ПРИМ», г. Обнинск, Калужская обл.

2 – Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. Л.К. Эрнста», г. Боровск, Калужская обл. erimbetovkt@mail.ru; obvintseva.olga@yandex.ru

Лейцин, изолейцин и валин как аминокислоты с алифатическими разветвленными цепями (ААРЦ), являются незаменимыми для животных и людей не только потому, что они не могут быть синтезированы в организме, но и в связи с их значительной метаболической и регуляторной ролью. В последние годы выявлен ряд новых функций ААРЦ при различных состояниях организма у животных и человека. Эти аминокислоты участвуют в регуляции метаболизма не только белков, но также липидов и углеводов, помогают в ранней имплантации и развитии эмбрионов, улучшают здоровье кишечника и его способность транспортировать аминокислоты, повышают иммунитет за счет увеличения экспрессии β -дефензина, повышающего регуляторную функцию провоспалительных цитокинов и понижающего действие противовоспалительных цитокинов. Также известно, что ААРЦ имеют решающее значение для анаболизма скелетных мышц и всего тела, а также для поддержания энергетического гомеостаза. Они также являются сигнальными молекулами, например, способными активировать у млекопитающих мишень комплекса рапамицина 1 (mTORC1). Это имеет значение для процессов метаболизма; кроме того, повышенные уровни ААРЦ и их кетокислот в крови, а также нарушение катаболизма этих аминокислот вовлечены в развитие инсулинорезистентности и ее последствий, включая сердечно-сосудистые заболевания и некоторые виды рака. Показано также, что добавки этих аминокислот могут помочь в лечении некоторых хронических заболеваний [1]. ААРЦ играют решающую роль в регуляции метаболизма, в процессах питания, здоровья кишечника и иммунитета у животных. Как наиболее распространенные незаменимые аминокислоты, они являются не только субстратами для синтеза азотистых соединений, но также сигнальными молекулами, регулирующими метаболизм глюкозы, липидов, синтез белка, здоровье кишечника и иммунитет через специальную сигнальную сеть, особенно фосфоинозитид-3-киназа и протеинкиназа, являющееся мишенью сигнального пути рапамицина (PI3K / АКТ / mTOR) [2–4]. Последние исследования подтверждают, что ААРЦ и их производные являются потенциальными биомаркерами таких заболеваний, как инсулинорезистентность, сахарный диабет 2 типа, рак и сердечно-сосудистые заболевания. Эти заболевания тесно связаны с катаболизмом и балансом этих аминокислот. Следовательно, оптимизация их диетических уровней должна положительно сказаться на параметрах, связанных со здоровьем и болезнями [5]. ААРЦ повышают синтез белка за счет модуляции трансляции, что объясняет их привлекательность для спортсменов для гипертрофии мышц, ускоренного восстановления и сохранения мышечной массы. Помимо анаболических эффектов, эти аминокислоты могут увеличивать содержание митохондрий в скелетных мышцах и адипоцитах, возможно, повышая окислительную способность. Однако повышенные уровни циркулирующих в крови ААРЦ коррелируют с тяжестью инсулинорезистентности. Предполагается, что повышенный уровень циркулирующих в крови ААРЦ, выявляемый при инсулинорезистентности, может

быть результатом нарушения регуляции их распада [6]. Таким образом, в последние годы мы являемся свидетелями выявления новых функций ААРЦ: (1) недостаточный или чрезмерный их уровни в рационе усиливает липолиз; (2) эти аминокислоты, особенно изолейцин, играют важную роль в увеличении потребления и утилизации глюкозы за счет активации транспортеров глюкозы в кишечнике и мышцах; (3) добавление лейцина в рацион улучшает качественные параметры формирования скелетно-мышечной ткани; (4) лейцин, валин и изолейцин полезны для здоровья молочных желез, качества молока и роста эмбрионов; (5) эти аминокислоты усиливают развитие кишечника, транспорт аминокислот в кишечнике и производство муцина; (6) лейцин, изолейцин и валин участвуют в регуляции врожденных и адаптивных иммунных ответов. Кроме того, аномально повышенный уровень ААРЦ в крови (снижение их катаболизма) является хорошим биомаркером для раннего выявления цирроза печени, ожирения, сахарного диабета и других метаболических заболеваний [7, 8].

Разработка рационов с низким содержанием сырого белка при сохранении адекватного снабжения аминокислотами за счет добавления кристаллических аминокислот является устоявшейся практикой в питании животных. Использование кристаллических аминокислот снижает затраты на питание и выведение азота при сохранении показателей роста. Добавление ААРЦ в рацион с пониженным содержанием белка повышает синтез белка после употребления пищи и ингибирует деградацию белка натошак, что в конечном итоге способствует увеличению массы скелетных мышц у животных [9]. В другом исследовании показано, что фосфорилирование mTOR и S6K1 в мышцах было усилено после добавления ААРЦ в низкопротеиновый рацион растущих животных, вне зависимости от изменений в потреблении пищи. Обогащение низкопротеиновых рационов ААРЦ увеличивает потребление пищи и мышечную массу, а также способствует улучшению показателей роста животных [10]. Растущее количество доказательств свидетельствует о том, что пища оказывает специфические прямые и косвенные действия на активацию кишечных рецепторов, подобно коктейлю «гормонов» [11]. Эта активация может увеличить секрецию гормонов желудочно-кишечного тракта, таких как пептид YY (PYY), глюкагоноподобный пептид 1 (GLP-1) и холецистокинин (ССК). В желудочно-кишечном тракте существует множество рецепторов для аминокислот, которые были обнаружены, например, такие как T1R1/T1R3, CaSR, GCR6A и mGluR [12]. Активация этих рецепторов может обеспечить регуляцию приема пищи, пролиферации клеток желудочно-кишечного тракта, моторики тонкого кишечника и нервных рефлексов. Исследование структуры и функции рецепторов ААРЦ жизненно важно для лучшего понимания их физиологической роли.

В наших исследованиях было установлено, что добавление ААРЦ в рацион с пониженным содержанием белка до уровня «идеального» протеина при оптимальном соотношении лейцина, изолейцина и валина к лизину 100:100, 57:100, 68:100 способствовало более эффективной трансформации аминокислот на синтез и отложение белков в организме растущих животных. Об этом свидетельствуют повышенный уровень ретенции азота ($18,87 \pm 0,54$ против $16,71 \pm 0,11$, г/сутки; $P \leq 0,05$ по U-тесту), более низкие уровни эндогенных потерь азота ($0,43 \pm 0,03$ против $0,74 \pm 0,04$ г азота/кг метаболической массы тела $0,75$ /сутки; $P \leq 0,05$ по U-тесту), сниженное содержание мочевины в крови – конечного продукта катаболизма аминокислот ($3,32 \pm 0,29$ против $4,99 \pm 0,19$, ммоль/л; $P \leq 0,05$ по U-тесту). Эти сдвиги сопровождалось повышением эффективности использования азотистых веществ в организме животных в постнатальный период онтогенеза. Более интенсивное расходование аминокислот на синтезе белков (главным образом – белков мышц) у животных обеспечивало повышение среднесуточных приростов массы тела (559 ± 32 против 427 ± 31 , г/сутки; $P \leq 0,01$ по t-тесту), мышечной массы ($65,2 \pm 1,5$ против $60,4 \pm 1,3$ %; $P \leq 0,05$ по U-тесту), содержания белков в скелетно-мышечной ткани ($20,07 \pm 0,21$ против $18,20 \pm 0,13$, г/100 г; $P \leq 0,05$ по U-тесту) при снижении уровня липидов в длиннейшей мышце спины ($2,26 \pm 0,18$ против $2,97 \pm 0,12$, г/100 г; $P \leq 0,05$ по U-тесту).

В ближайшей перспективе использование высокопроизводительной функциональной геномики, метаболомики и протеомики позволит в большей мере раскрыть функции ААРЦ в экспрессии генов, синтезе белков и регуляции метаболизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mann G., Mora S., Madu G., Adegoke O. A. J. Branched-chain amino acids: catabolism in skeletal muscle and implications for muscle and whole-body metabolism // *Front Physiol.* 2021. Vol. 12. P. 702–826.
2. Tato I., Bartrons R., Ventura F., Rosa J. L. Amino acids activate mammalian target of rapamycin complex 2 (mTORC2) via PI3K/Akt signaling // *J. Biol. Chem.* 2011. Vol. 286. P. 6128–6142.
3. Jewell J. L., Russell R. C., Guan K. L. Amino acid 36peciose36 upstream of mTOR // *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 2013. Vol. 14. P. 133–139.
4. Lynch C. J., Adams S. H. Branched-chain amino acids in metabolic 36peciose36 and insulin resistance // *Nat. Rev. Endocrinol.* 2014. Vol. 10. P. 723–736.
5. Nie C., He T., Zhang W., Zhang G., Ma X. Branched chain amino acids: beyond nutrition metabolism // *Int. J. Mol. Sci.* 2018. Vol. 19. No. 4. P. 954.

6. Gannon N. P., Schnuck J. K., Vaughan R. A. BCAA Metabolism and Insulin Sensitivity – Dysregulated by Metabolic Status? // *Mol. Nutr. Food Res.* 2018. Vol. 62. No. 6. E1700756.
7. Zhang S., Zeng X., Ren M., Mao X., Qiao S. Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review // *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2017. Vol. 8. P. 10–20.
8. Holeček M. The role of skeletal muscle in the pathogenesis of altered concentrations of branched-chain amino acids (valine, leucine, and isoleucine) in liver cirrhosis, diabetes, and other diseases // *Physiol. Res.* 2021. Vol. 70. No 3. P. 293–305.
9. Zheng L., Wei H., He P., Zhao S., Xiang Q., Pang J., Peng J. Effects of supplementation of branched-chain amino acids to reduced-protein diet on skeletal muscle protein synthesis and degradation in the fed and fasted states in a piglet model // *Nutrients.* 2016. Vol. 9. No 1. P. 17–25.
10. Zheng L., Wei H., Cheng C., Xiang Q., Pang J., Peng J. Supplementation of branched-chain amino acids to a reduced-protein diet improves growth performance in piglets: involvement of increased feed intake and direct muscle growth-promoting effect // *Br. J. Nutr.* 2016. Vol. 115. No 12. P. 2236–2245.
11. Ryan K. K., Seeley R. J. Food as a hormone // *Science.* 2013. Vol. 339. P. 918–926.
12. Brennan S. C., Davies T. S., Schepelmann M., Riccardi D. Emerging roles of the extracellular calcium-sensing receptor in nutrient sensing: control of taste modulation and intestinal hormone secretion // *Br. J. Nutr.* 2014. Vol. 111. S16–S22.

Возможности параметрического подхода в построении системы четырехногих клещей (Acari, Eriophyoidea)

Зелеев Р. М.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань
zeleewy@rambler.ru

Параметрическая систематика – альтернатива привычного способа классификации биоразнообразия в форме иерархии, в отличие от которой возможно отражение не только генеалогической преемственности, но и пространства потенциальных форм таксона. Это позволяет прогнозировать преобразования изучаемой группы организмов. При таком подходе важен подбор признаков, наиболее полно раскрывающий все известное разнообразие таксона. В базовом варианте визуально удобно использовать три признака в качестве координат таксономического пространства, в котором подчиненные группы займут отдельные ячейки, образуя группировки в соответствии со степенью их сходства по используемым признакам. Связь между рангами в такой системе осуществляется распаковкой ячеек, содержащих подчиненные группы в признаковых пространствах, адекватных специфике этих групп. Сами вмещающие таксоны также могут быть представлены в форме отдельных ячеек или их совокупностей в признаковом пространстве таксона более высокого ранга. То есть, параметрическая систематика включает и элементы иерархии. К тому же, привычные филогенетические «деревца» иерархической систематики легко встраиваются в признаковое пространство параметрической системы таксона, в качестве конкретных траекторий освоения этого пространства, но при этом визуализируются случаи конвергенции признаков подчиненных таксонов, что проявляется в попадании отдельных ветвей древа в одну и ту же ячейку таксономического пространства, что нами обозначается термином «биоизотопы» [1].

Тип членистоногих, с характерной для большинства его представителей дискретностью проявления признаков наружной морфологии, имеющей, как правило, количественное выражение, удобен для применения параметрической систематики. Ранее нами [1–3] делались попытки построения параметрических систем ряда групп членистоногих разного таксономического ранга, что в перспективе позволяет расширить круг этих групп – вплоть до всего типа в целом. Для этой задачи могут быть использованы признаки, связанные с тагмозисом, проявляющим общую для всех групп членистоногих тенденцию к олигомеризации. Особый интерес представляют группы организмов, сильно уклоняющиеся от типичного габитуса вмещающего таксона, и проявляющие признаки, свойственные неродственным группам организмов (таксоны *incertae sedis*). Одной из таких групп являются галловые (четырёхногие) клещи (Acari, Eriophyoidea), утратившие две последние пары конечностей.

Четырёхногие клещи выделены как самостоятельный таксон австрийским акарологом Альфредом Налепой в 1898 г. Они известны как одна из наиболее опасных групп вредителей растениеводства. Микроскопические, исключительно слепые клещи, червеобразной или веретенной формы тела, все постэмбриональные стадии которых сохранили 2 пары ног. Среди них мельчайший представитель класса паукообразных, *Abacarus hystrix* – один из наиболее мелких представителей членистоногих в целом, всего 0,125–0,250 мм длиной. В надсемействе галловых клещей (Eriophyoidea) ныне описано около 5000 видов из 360 родов. Наиболее богато видами семейство Eriophyidae, включающее более 3700 видов из 270 родов (два других семейства традиционной системы галловых клещей – Phytoptidae и Diptilomiopidae – менее многочисленны). Древнейшие представители галловых клещей известны из триасового янтаря (†*Ampezzoa*, †*Triasacarus* и др.). Особенности габитуса этих клещей характерны для форм тесных пространств, например,

паразитического *Demodex* из волосяных сумок млекопитающих, и интерстициального *Nematalicus* песчаных лагун. Это сходство сейчас принято считать конвергентным [4, 5]. У галловых клещей выявляется много интересных, но пока не вполне понятных особенностей биологии и экологии [6, 7].

Одним из шагов в понимании природы четырехногих клещей была находка в 1982 г. архаической формы – *Pentasetacus araucariae* Slieske, обитающей в Андах (Чили), что позволило пересмотреть взгляды на систему и эволюцию всего надсемейства. Этот вид имеет наиболее полный набор хет на дорсальном (проподосомальном) щитке – пять щетинок, что могло быть исходной формой хетома щитка любого известного типа. В работе [8] предложена схема (рис. 1) возможных путей преобразований хетома дорсального щитка, где от исходной архаической формы, в ходе разных последовательностей редукции щетинок, намечены пути формирования известных сегодня вариантов хетома, характерных для отдельных таксонов четырехногих клещей. В этой схеме показаны также траектории редукции хетома у форм, обитающих на хвойных и однодольных растениях.

Нами предлагается вариант приведенной на рис 1 схемы, преобразованный в соответствии с принципами параметрической систематики (рис. 2). Полученный результат позволяет более компактно и рационально отражать новые сведения по распределению хетома дорсального щитка известных видов четырехногих клещей и выявлению эволюционных траекторий у отдельных таксономических и экологических групп. В предлагаемом варианте пространства путей преобразования хетома дорсального щитка выявляются плезiomорфный и апоморфный полюса, а сравнение траекторий движения между ними у упомянутых форм с хвойных и однодольных растений демонстрирует эффект эквифинальности, когда к апоморфному полюсу возможно эволюционное «движение» в ходе олигомеризации хетома разными путями у разных групп четырехногих клещей. Для обеих упомянутых групп клещей (с хвойных и однодольных растений) остается лишь один последний эволюционный шаг, приводящий к полной утрате щетинок щитка, в результате чего представители обеих групп попадают в единую ячейку (рис. 2, 1–12в) данного таксономического пространства, то есть становятся биоизотопами.

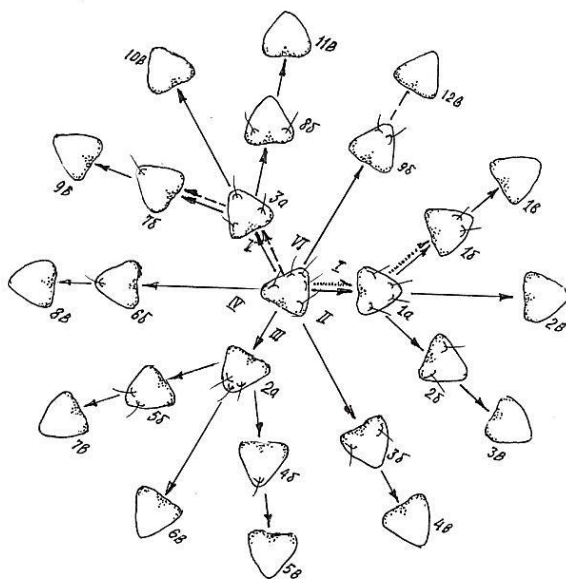


Рис. 1. Возможные пути преобразования хетома проподосомального щитка четырехногих клещей (сплошная линия). Пунктиром показан путь преобразования щитка у клещей с хвойных, точками у клещей с однодольных [8].

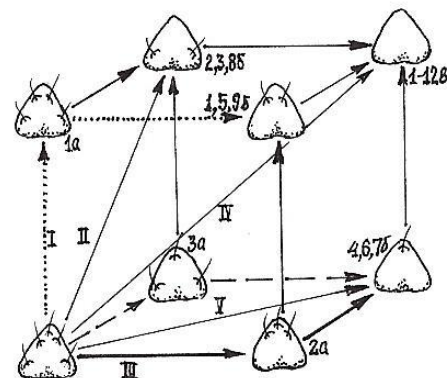


Рис. 2. Та же схема, изображенная в параметрическом варианте. Обозначения отдельных стадий преобразования сохранены

Во всех случаях, когда в одну ячейку, или в одну траекторию будут попадать явно неродственные группы, в соответствии с правилами параметрической систематики, можно использовать другой набор удобных признаков, чтобы надежно разделить выявленные изотопные группы. Такими признаками в случае с четырехногими клещами могут быть детали строения конечностей и их хетом, включая форму коготков и особенно – эмподиев, а также характер кольчатости, скульптурных образований и хетотаксии опистосомы, различия в строении ротового и полового аппаратов, и ряд других признаков [5–8].

С другой стороны, есть возможность включения этого надсемейства в структуру вмещающего таксона, но явные признаки гипоморфоза как результат миниатюризации, затрудняют установление непосредственного родства, так как сходные тенденции в онтогенезе у считающихся родственными, паутиных и плоских клещей могут происходить независимо [5]. Для создания полноценной системы четырехногих

клещей, включая сравниваемые с ними группы, необходимы максимально полные диагнозы для всех используемых в работе видов, родов и семейств, что не всегда выполнимо с равной степенью детализации. Но выполнение такой работы может способствовать лучшему пониманию характера связей изучаемых групп и выявлению как наиболее вероятных, так и невозможных путей трансформаций, например, траекторий преобразования хетома дорсального щитка: насколько вероятны различные диагональные переходы, указанные на рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зелеев Р. М. Таксонометрический анализ и возможности прогнозов в систематике / Проблемы популяционной биологии: Материалы XII Всероссийского популяционного семинара памяти Н.В. Глотова. – Йошкар-Ола: ООО ИПФ «СТРИНГ», 2017. – С. 103–105.
2. Зелеев Р. М. Создание параметрических систем таксонов Ascothoracida и Myzostomida: существующие проблемы и пути их решения // Уч. Записки Казанского университета. Сер. Естественные науки. – 2017. Т. 159. Кн. 3. – С. 395–406.
3. Зелеев Р. М., Сафин А. Р. Пути и этапы совершенствования параметрической системы отряда веерокрылых насекомых (Insecta, Strepsiptera) // Уч. Зап. Казанского ун-та, 2014. Т. 156. Сер. Естеств. Науки. Кн. 3. – С. 17–51.
4. Четвериков Ф. Е. Четырехногие клещи (Acarı, Euryphyoidea) с осоковых (сем. Сурепaceae L.) Европейской части России и сопредельных территорий. Автореф. Дисс. Канд. Биол. Наук. СПб, 2008. – 19с.
5. Четвериков Ф. Е. Направления эволюции четырехногих клещей (Acarı, Euryphyoidea) на растениях. Дисс. Д.б.н. 03.02.04 – зоология. СПбГУ, 2018. – 386с.
6. Шевченко В. Г. Происхождение и морфофункциональная оценка четырехногих клещей (Acarina, Eriophyoidea). / Исследования по эволюционной морфологии беспозвоночных. Л.: Изд. ЛГУ, 1970. – С. 153–183.
7. Сухарева С. И., Четвериков Ф. Е. Морфологические преобразования при переходе от протогинной к дейтогинной форме самок у четырехногих клещей (Acarı: Euryphyoidea) // Вестник СПбГУ, 2013. Сер. 3, Вып. 1. – С. 3–15.
8. Шевченко В. Г., Багнюк И. Г., Сухарева С. И. Новое семейство четырехногих клещей Pentasetacidae (Acariformes, Tetrapodili) и его значение для трактовки происхождения и эволюции группы // Зоол. Журнал, 1991. Т. 70, вып. 5. С. 47–53.

Влияние препарата NS1619 на некоторые цитохимические показатели лейкоцитов при мышечной дистрофии Дюшенна у мышей

Зими́на Д. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Дробот Г. П., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
diana.zim2017@yandex.ru

Мышечная дистрофия Дюшенна (МДД) – одна из наиболее распространенных форм наследственных нервно-мышечных патологий с заболеваемостью примерно одного больного на 3500–5000 новорожденных мальчиков [1]. На протяжении десятилетий ученые пытались найти эффективные методы лечения этого смертельного заболевания. Хотя абсолютного излечения от МДД не существует, за последние несколько лет были разработаны методы лечения, которые могут отсрочить начало или замедлить прогрессирование заболевания [2].

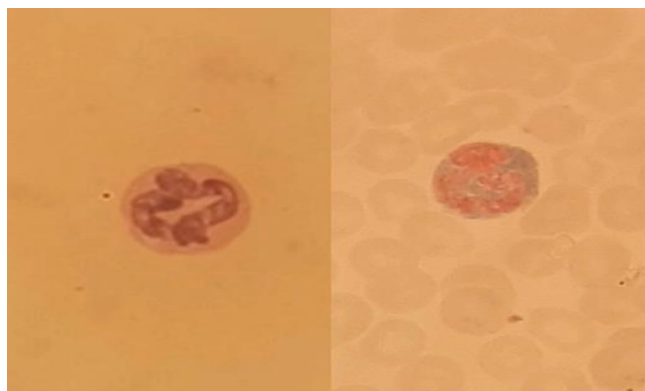
NS1619 относится к классу бензимидазолов. Это активатор калиевого канала с большой проводимостью, активируемый кальцием. Данное соединение известно своими сосудорасширяющими и антипролиферативными свойствами [3].

Настоящая работа посвящена исследованию влияния препарата NS1619 на некоторые цитохимические параметры лейкоцитов, в частности на содержание гликогена и активность лизосомально-катионных белков (ЛКБ) в нейтрофилах мышей при заболевании Дюшенна.

Объектом для исследования служила кровь самцов мышей линии C57BL/10 (дикий тип, WT) и мышей линии C57BL/10ScSn-mdx с дефицитом дистрофина. Мыши были разделены на четыре группы. Группа 1 (контроль): это мыши дикого типа. Группа 2 (контроль+ NS 1619): мыши дикого типа, которым вводили NS1619. Группа 3 (mdx): мыши с дефицитом дистрофина. Группа 4 (mdx+ NS1619): мыши с дефицитом дистрофина и леченные NS1619. Препарат NS1619 (5 мг/мл, Sigma- Aldrich», США) растворяли в смеси этанола и стерильного физиологического раствора (7,4:92,6(v/v)) и вводили в объеме 150–200мкл (0,5мг/кг массы тела) на мышью внутрибрюшинно ежедневно в течение 4 недель. Через 4 недели животных выводили из эксперимента. Сразу после вскрытия животных были взяты образцы крови для цитохимических исследований. Кровь мышей была взята в соответствии с Европейской конвенцией о защите позвоночных, используемых в экспериментальных и других целях [4]. Затем были изготовлены и зафиксированы мазки крови исследуемых групп животных.

Для определения клеток, содержащих гликоген, проводили ШИК-реакцию [5]. При наличии в цитоплазме нейтрофилов гликогена обнаруживается розовое окрашивание (рис. 1, А). Для определения

лизосомально-катионных белков мазки крови окрашивали раствором бромфенолового синего, после чего ядра докрашивали 1% сафранином [6]. При положительном окрашивании в цитоплазме нейтрофилов наблюдали синие гранулы (рис. 1, В).



А В

Рис. 1. Нейтрофилы с положительной цитохимической реакцией: А – гликоген, В – ЛКБ

После окрашивания мазков производили подсчет нейтрофилов, в которых прошла реакция, т.е. процентное содержание положительно реагирующих клеток, используя иммерсионную систему микроскопа. Результаты цитохимических реакций оценивали полуколичественным методом Karlow (1955), где учитывали степень интенсивности реакции по количеству окрашенного вещества в цитоплазме клетки, с последующим вычислением среднего цитохимического коэффициента (СЦК) [5], который вычисляли в условных единицах. Полученные результаты статистически обрабатывали с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса [7].

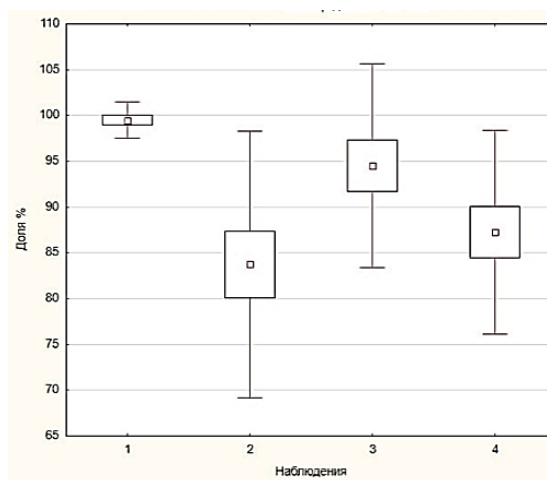


Рис. 2 Доля нейтрофилов, содержащих гликоген.

Примечание: здесь и далее: 1 – контроль, 2 – контроль+ NS1619, 3 – mdx, 4 – mdx+ NS1619.

В ходе эксперимента были получены следующие результаты: в контрольной группе мышей количество клеток, содержащих гликоген, составило $99,5 \pm 0,5$ %; в клетках мышей дикого типа с препаратом NS1619 (контроль+ NS1619) – $83,75 \pm 3,64$ %; у особей с дефицитом дистрофина (mdx) – $94,5 \pm 2,78$ %, а в группе с дефицитом дистрофина и леченных NS1619 (mdx+ NS 1619) – $87,25 \pm 2,78$ %. Таким образом, наибольшее количество клеток, содержащих гликоген встречается у контрольных мышей и больных мышечной дистрофией Дюшенна. При статистической обработке были выявлены различия ($p = 0,0155$), дальнейшие множественные сравнения показали, что во второй группе отмечается снижение долей нейтрофилов, содержащих гликоген. Следует отметить, что выявляется тенденция снижения величины данного показателя при дополнительном применении препарата NS1619 для группы больных (MDX) мышей. Аналогичные изменения были зафиксированы и для величин среднего цитохимического коэффициента (СЦК) по гликогену. При подсчете СЦК по гликогену в нейтрофилах у контрольной группы его величина составила $2,01 \pm 0,04$ у.е.; в клетках группы контроль+ NS1619 – $1,13 \pm 0,05$ у.е.; у особей с дефицитом дистрофина – $1,9 \pm 0,1$ у.е.; а в нейтрофилах животных с дефицитом дистрофина и леченных NS1619 – $1,65 \pm 0,08$ у.е.

При оценке цитохимической реакции на лизосомально-катионные белки получены следующие результаты: в контрольной группе мышей количество клеток, содержащих катионные белки, составило $42,25 \pm 9,15$ %; у контрольных мышей, получавших препарат NS1619 – $41,75 \pm 4,23$ %; в нейтрофилах мышей с дефицитом дистрофина – $14,25 \pm 5,28$ %; а у группы мышей с дефицитом дистрофина и получавших NS1619 – $37,25 \pm 3,64$ %. Однако, статистические различия по данному показателю между изученными группами отсутствуют ($p > 0,05$). Из рисунка 3 можно увидеть, что количество нейтрофилов с ЛКБ в группе mdx имеет очень низкий уровень, а вот у мышей группы mdx+NS1619 наблюдается тенденция увеличения доли этих клеток до уровня контрольных значений. Значения среднего цитохимического коэффициента были следующими: у контрольной группы $0,92 \pm 0,26$ у.е.; у группы контроль+ NS1619 – $1,09 \pm 0,14$ у.е.; у группы mdx – $0,35 \pm 0,11$ у.е.; у группы mdx+ NS1619 – $0,89 \pm 0,08$ у.е. При статистической обработке данных были обнаружены отличия и минимальное значение этого параметра наблюдается у больных мышей (рис.4). При межгрупповых сравнениях имеются статистические различия относительно контрольных мышей, получавших препарат и больных мышей ($p = 0,0442$). Также мы можем наблюдать только тенденцию по повышению уровня этого параметра при лечении больных мышей.

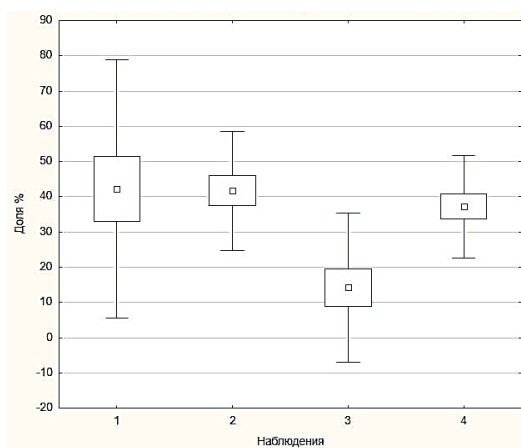


Рис.3 Доля нейтрофилов, содержащих ЛКБ (%).

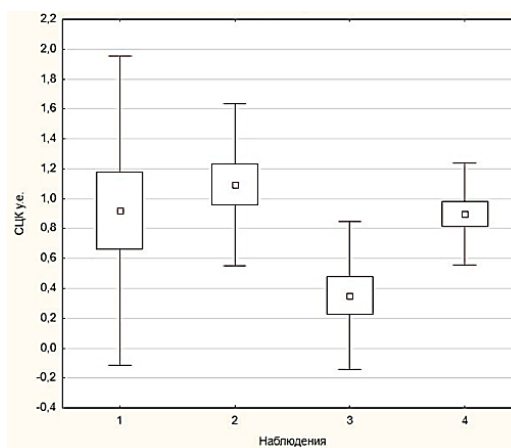


Рис. 4. Средний цитохимический коэффициент по ЛКБ (у.е.)

Полученные результаты не позволяют сделать четких выводов по влиянию изученного препарата на цитохимические особенности лейкоцитов больных мышей. Это, возможно, объясняется малой выборкой в группах животных. Тем не менее, у контрольных мышей и больных дистрофией Дюшенна, получавших препарат NS1619, установлены сходные изменения долей нейтрофилов, содержащих гликоген, и величины СЦК по гликогену в этих клетках, проявляющиеся в их уменьшении, что, может приводить к нарушению энергетического баланса этих лейкоцитов.

У больных дистрофией Дюшенна мышей обнаружены незначительная доля нейтрофилов, содержащих ЛКБ, и низкое значение СЦК по ЛКБ в этих клетках, что может свидетельствовать о подавлении активности кислороднезависимых антимикробных систем нейтрофилов при данной патологии. Введение же препарата NS1619, по-видимому, приводит к некоторой нормализации величин указанных параметров, что, возможно, связано с его влиянием на ряд метаболических процессов нейтрофилов.

Таким образом, выявлено разнонаправленное влияние препарата NS1619 на изученные цитохимические параметры лейкоцитов: относительно неблагоприятное — в отношении содержания гликогена и противоположное — по накоплению ЛКБ.

Последний факт может свидетельствовать о повышении активности кислороднезависимых антимикробных систем нейтрофила при действии изучаемого препарата [9,10]. Известно, что одним из главных факторов неспецифической резистентности наряду с миелопероксидазой являются как раз катионные белки нейтрофилов. Лизосомальные катионные белки играют важную роль в иммунологических процессах, определяют взаимосвязь в развитии клеточных и гуморальных факторов иммунитета, а также в формировании неспецифического и специфического звена резистентности, обеспечивая иммунный гомеостаз и, вследствие этого, развитие приспособлений к условиям жизнедеятельности в онтогенезе [8]. Следовательно, при определении ЛКБ возможна оценка уровня неспецифической резистентности и взаимодействия клеточных систем в организме [11]. Известно, что неспецифическая резистентность организма – ведущий критерий потенциала здоровья животного, его способности к адаптогенезу [12]. Это важно, учитывая, что при данной дистрофии в организме развиваются воспалительные процессы [13].

Полученные результаты, конечно, требуют дальнейшего анализа, но могут свидетельствовать о благоприятном воздействии NS1619 на некоторые метаболические характеристики нейтрофилов мышей

с дистрофией Дюшенна, что, вероятно, предполагает возможность использования этого препарата в качестве комплексной терапии для лечения данного заболевания. Выбранные же цитохимические тесты, при дополнительной проверке, можно рекомендовать как дополнительные показатели для оценки состояния больных мышечной дистрофией и контроля проводимого лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Циркунова А. Г., Смекалова Е. А., Кураш И. А. Глюкокортикостероиды в терапии мышечной дистрофии Дюшенна // Международный научный журнал Молодой ученый. 2019. № 10. С. 82–85.
2. Verhaart I. E. C., Aartsma-Rus A. Therapeutic developments for Duchenne muscular dystrophy // Nat.Rev.Neurol. 2019. P. 372–374.
3. National Center for Biotechnology Information [Электронный ресурс]: образовательный портал. – Электрон. Дан. – Режим доступа <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/ns-1619> (дата обращения 19.04.2023).
4. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS N 123). Страсбург от 18 марта 1986 г. URL: <https://base.garant.ru>
5. Трубочева В.С., Дробот Г.П., Абдрусевич Л.И. Большой практикум по цитохимии лейкоцитов / Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2003. С.25–30.
6. Шубич М. Г. Выявление катионного белка в цитоплазме лейкоцитов с помощью бромфенолового синего // Цитология. 1974. Т. 16. № 10. С.1321–1322.
7. Renesh Bedre Kruskal-Wallis test in R// Data science blog: [сайт]. URL: <https://www.reneshbedre.com/blog/kruskal-wallis-test.html> (дата обращения 21.04.2023).
8. Колесник Е. А., Дерхо М.А., Лебедева И. А. Комплексная морфофизиологическая характеристика иммунного лизосомального катионного белка лейкоцитов в раннем онтогенезе бройлерных кур // Ученые записки Казанского университета. 2019. №3. С. 440–442.
9. Пастер Е. У., Овод В. В., Позур В. К., Вихоть Н. Е. Иммунология: практикум / Киев: Высшая школа.1989. С.165–169.
10. Пигаревский В. Е. Зернистые лейкоциты и их свойства / М.:Медицина. 1978. 56–58 с.
11. Нагоев Б. С. Очерки о нейтрофильном гранулоците / Нальчик: Эльбрус.1986.С. 112–125.
12. Галочкин В. А., Черепанов Г. Г. Неспецифическая резистентность продуктивных животных: трудности идентификации, проблемы и пути решения // Проблемы биологии продуктивных животных.2013. № 1. С. 5–29.
13. Бродская Л. М., Куташов В. А., Ермоленко Н. А., Островерхова А. М., Воротников Г. Д. Мышечные дистрофии // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–5.

Исследование влияния биологически активной добавки к пище «Коллоидный магний» на физиологические и функциональные показатели лабораторных животных

Калачева Л. Н., студ. 4 курса, Канчурова Е. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Попова О. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
kalaovalida26@gmail.com

В 1829 году французским химиком А. Бюсси впервые был получен чистый магний [1]. Магний имеет большое значение для жизни и здоровья человека. Элемент изначально входит в состав живых организмов, а также является кофактором многих ферментативных реакций. Его дефицит сопровождается различными нарушениями деятельности организма и приводит к серьезным заболеваниям. Магний является седативным минералом и играет важную роль в поддержании жизни в широком спектре организмов, может оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на живые организмы, несмотря на то, что является их неотъемлемой частью.

Целью настоящей работы была оценка влияния биологически активной добавки к пище «Коллоидный магний» на физиологические и функциональные показатели лабораторных животных. В эксперименте были использованы эритроциты, митохондрии печени и тимоциты крыс линии Wistar, мышцы линии C57BL/10 для оценки влияния на поведение и качество жизни.

В серии опытов исследовали влияние субстанции, содержащей наночастицы магния, на осмотическую стойкость и сорбционную способность эритроцитов крови крыс. Сорбционную способность эритроцитов оценивали по способности сорбировать на своей поверхности витальный краситель – метиленовый синий, которая зависит от функционального состояния клеточной мембраны эритроцитов и отражает ее свойство адсорбировать токсичные молекулы. Осмотическую стойкость эритроцитов определяли по уровню гемолиза в растворах NaCl различной концентрации.

Также проводили определение цитотоксических эффектов препарата на клетки (timoциты крыс). Тимоциты выделяли из вилочковой железы крыс в соответствии с известным способом [2]. Все клеточные эксперименты проводились в течение 3 часов, в этом случае клетки сохраняли исходную жизнеспособность. Жизнеспособность и количество клеток оценивали после 15-минутной обработки тестируемой субстанцией, общепринятым методом с использованием витального красителя трипанового синего.

Влияние субстанции на клеточную биоэнергетику производили путем оценки функциональных характеристик митохондрий, а именно скорости дыхания митохондрий, мембранного потенциала и скорости образования пероксида водорода митохондриями печени. Дыхание митохондрий регистрировали полярографическим методом [3] в основном метаболическом состоянии, в состоянии 3 и в состоянии 4.

Для определения влияния коллоидного магния на поведение и качество жизни лабораторных мышей проводили тест открытого поля в круглой арене. Регистрацию поведения мышей осуществляли в течение 5 мин. При этом оценивали: горизонтальную двигательную активность; вертикальную двигательную активность; число заглядываний в отверстия; количество эпизодов груминга; уровень дефекации.

Для статистической обработки данных использовали программы Статистика 6.0 и Microsoft Excel. Результаты представляли, как среднее \pm стандартная ошибка среднего. Статистический анализ выполняли с использованием *t*-критерия Стьюдента.

Необходимо было выяснить, способны ли наночастицы магния вызывать гемолиз эритроцитов крыс. Установлено, что наночастицы магния в небольшой степени увеличивают % гемолиза эритроцитов, что говорит о снижении осмотической резистентности эритроцитов (табл. 1), однако эти различия статистически не достоверны ($p > 0,05$).

Таблица 1

Влияние наночастиц магния на осмотическую стойкость эритроцитов по степени гемолиза

	Контроль	20 нг Mg	40 нг Mg
0,3% p-p NaCl	88,50 \pm 7,90	89,20 \pm 5,02	93,80 \pm 3,74
0,5% p-p NaCl	8,00 \pm 0,05	9,30 \pm 1,69	9,30 \pm 1,64

Приведены: средние значения \pm стандартная ошибка среднего ($n = 6$).

На сорбционную способность эритроцитов наночастицы магния так же не оказали существенного влияния (табл. 2).

Полученные результаты показывают, что наночастицы магния не влияют на целостность мембран эритроцитов и их проницаемость.

Таблица 2

Влияние наночастиц магния на сорбционную способность эритроцитов

	Контроль	20 нг Mg	40 нг Mg
% сорбции	45,50 \pm 3,94	38,00 \pm 0,42	32,50 \pm 4,49

Согласно данным, полученным в ходе исследования цитотоксического эффекта препарата на клетки (timoциты крыс), исследуемая субстанция, содержащая наночастицы магния, вызвала достоверное снижение количества клеток в концентрации 80 нг/мл. Однако при этом количество окрашенных (мертвых) клеток не изменилось (табл. 3).

Таблица 3

Влияние наночастиц магния на количество (106) и выживаемость тимоцитов крыс

	Среднее	Количество окрашенных клеток
Контроль	13,05 \pm 1,46	0,00
Mg 20 нг	13,40 \pm 1,65	0,00
Mg 40 нг	11,43 \pm 0,85	1,00
Mg 80 нг	7,70 \pm 1,54*	0,00

Примечание: * – различия между данными опытов (присутствие указанных концентраций магния) и контролем (отсутствие магния) статистически значимы, $p < 0,05$.

Было изучено влияние наночастиц магния на изменение мембранного потенциала на внутренней мембране митохондрий, которое оценивали по изменению оптической плотности [4].

Пульсовое внесение наночастиц магния (5 нг, 5 нг, 15 нг) к суспензии органелл вызывает снижение флуоресценции сафранина O, что говорит об увеличении мембранного потенциала митохондрий (рис. 1). В таблице 4 представлены результаты, описывающие эффект наночастиц магния на дыхание митохондрий печени крыс в разных функциональных состояниях в присутствии янтарной кислоты.

Таблица 4

Влияние наночастиц магния на параметры дыхания и окислительного фосфорилирования митохондрий печени крыс, окисляющих сукцинат

Добавки	J2	J3	J4	Ju	ДК	АДФ/О
	нмоль O ₂ /мин на 1 мг белка				относительные единицы	
Контроль	5,81 ± 0,40	38,31 ± 1,15	7,49 ± 0,15	42,42 ± 1,39	5,12 ± 0,08	1,88 ± 0,03
Mg (20 нг)	6,23 ± 0,23	38,85 ± 0,25	7,38 ± 0,13	43,43 ± 0,27	5,27 ± 0,07	1,85 ± 0,01
Mg (40 нг)	6,75 ± 0,21	40,18 ± 0,09*	7,84 ± 0,14	44,79 ± 0,84	5,13 ± 0,11	1,84 ± 0,02

Примечание: приведены средние значения ± стандартная ошибка среднего (n = 3). * – различия между данными опытов (присутствие указанных концентраций магния) и контролем (отсутствие магния) статистически значимы, p < 0,05.

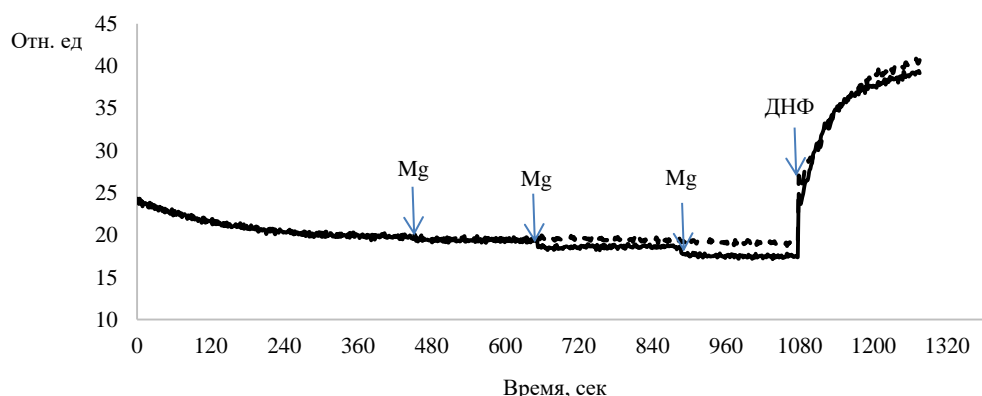


Рис. 1. Влияние последовательных добавок коллоидного магния (5 нг, 5 нг и 15 нг) на мембранный потенциал митохондрий печени крыс, энергизованных сукцинатом (сплошная линия). Пунктирная линия получена в отсутствие добавок коллоидного магния.

Можно наблюдать, что наночастицы магния в концентрации 20 нг не влияют на скорости дыхания митохондрий печени крыс во всех метаболических состояниях (состояние 2, состояние 3, состояние 4 и состояние 3УДНФ), а также не влияют на параметр дыхательного контроля (ДК) и эффективность синтеза АТФ, что оценивалось по коэффициенту АДФ/О (во всех случаях p > 0,05). При этом увеличение концентрации магния до 40 нг приводит к увеличению скорости фосфорилирующего дыхания (состояние J3). Таким образом коллоидный магний действительно увеличивает эффективность работы дыхательной цепи митохондрий печени, что, в свою очередь, вызывает увеличение мембранного потенциала органелл.

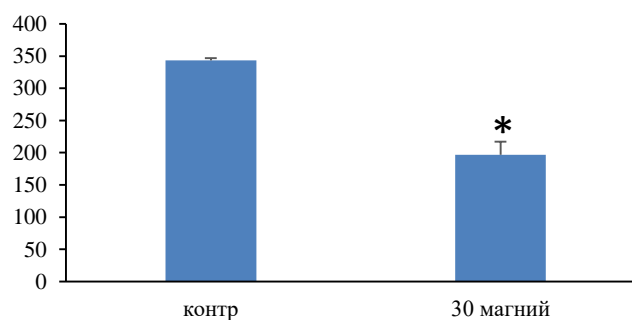


Рис. 2. Влияние наночастиц магния (30 нг) на продукцию H₂O₂ митохондриями печени крысы, энергизованными сукцинатом (n = 4); * – различия между данными опытов (присутствие указанных концентраций магния) и контролем (отсутствие магния) статистически значимы, p < 0,05

Был исследован эффект наночастиц магния на скорость генерации активных форм кислорода, а именно, пероксида водорода митохондриями печени. На рисунке 2 можно видеть, что наночастицы магния в концентрации 30 нг/мг белка способствуют снижению продукции H₂O₂ митохондриями печени, энергизованными сукцинатом.

Таким образом, можно заключить, что субстанция, содержащая наночастицы магния, обладает антиоксидантным действием, что, в перспективе, должно положительно сказываться на функционировании клеток и защищать их от развития окислительного стресса.

В таблицах 5, 6 и 7 представлены результаты теста «Открытое поле» в виде средних значений показателей поведения (±стандартная ошибка среднего). Исследуемые концентрации вещества (70, 120, 140

мг/кг) не оказали существенного влияния на физиологические показатели мышей, между указанными показателями поведения не было выявлено статистических различий ($p > 0,05$).

Таблица 5

Влияние наночастиц магния (в концентрации 70 мг/кг) на поведение мышей

	ГДА	ВДА	Обследование отверстий	Груминг	Уровень дефекации
Контроль	69,33 ± 35,94	5,00 ± 3,60	31,66 ± 19,65	0,66 ± 0,57	0,33 ± 0,57
Mg 70 мг/кг	92,66 ± 16,16	10,33 ± 6,42	35,33 ± 6,02	0,33 ± 0,57	0,00 ± 0,00

Таблица 6

Влияние наночастиц магния (в концентрации 140 мг/кг) на поведение мышей

	ГДА	ВДА	Обследование отверстий	Груминг	Уровень дефекации
Контроль	86,66 ± 21,12	10,66 ± 1,15	36,33 ± 3,05	0,66 ± 0,57	0,66 ± 0,57
Mg 140 мг/кг	105,33 ± 16,74	20,00 ± 6,24	45,33 ± 18,00	0,66 ± 0,57	0,66 ± 0,57

Таблица 7

Влияние наночастиц магния (в концентрации 210 мг/кг) на поведение мышей

	ГДА	ВДА	Обследование отверстий	Груминг	Уровень дефекации
Контроль	83,00 ± 28,47	18,00 ± 14,79	45,66 ± 16,92	1,33 ± 1,15	1,00 ± 0,00
Mg 210 мг/кг	83,66 ± 2,08	8,33 ± 2,08	45,66 ± 3,05	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,57

Исходя из полученных данных, можно заключить о том, что исследуемое вещество не оказывает эффекта на ЦНС животных и уровень стресса, а также на уровень дефекации животных.

Выводы:

1. При исследовании препарата магния на проницаемость и целостность мембран эритроцитов изменений выявлено не было.
2. Существенной цитотоксичностью суспензия, содержащая наночастицы магния, также не обладает.
3. Была выявлена способность наночастиц магния в исследуемых концентрациях стимулировать АТФ-синтезирующую функцию митохондрий и оказывать антиоксидантное действие.
4. Коллоидный магний не оказывает негативного влияния на работу ЦНС животных.

Работа выполнена в рамках хоз. договора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магний // Библиотека «Наука и техника»: [сайт]. URL: <https://n-t.ru/ri/ps/pb012.htm>.
2. Konoshenko G. I., Mokhova E. N. Characterization of thymocyte mitochondria // Biokhimiya. Acta. 1983. V.48. P. 652–657.
3. Effect of hypothermia on the functional activity of liver mitochondria of grass snake (Natrix natrix): inhibition of succinate-fueled respiration and K⁺transport, ROS-induced activation of mitochondrial permeability transition / M. V. Dubinin, A. O. Svinin, A. A. Vedernikov [et al] // J. Bioenerg. Biomembr. 2019. V.51(3). P. 219–229.
4. Comparison of structural properties of 45peciose454545e A and its analogue alisporivir and their effects on mitochondrial bioenergetics and membrane behavior / M. V. Dubinin, V. A. Sharapov, A. I. Izorkina [et al] // Biochim. Biophys. Acta Biomembr. 2022. V.1864(9): 183972.

**Экологическая структура орнитоценоза больничного парка
Йошкар-Олинской городской больницы**

*Кирилов П. Д., студ. 4 курса
Науч. рук. – Дробот В. И., доц.*

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
drobot58@gmail.com

Материалом для работы послужили результаты орнитологических учетов на территории парковой зоны Йошкар-Олинской городской больницы. Сбор материала проводился с 18 мая по 1 августа 2021 года в соответствии со стандартными методиками [1–3]. В зависимости от сезонной активности птиц условно

было выделено два периода: гнездовой (май, июнь) и постгнездовой (июль, август). Экологическая структура орнитоценоза оценивалась по характеру обитания, гнездования, пребывания и питания птиц.

По характеру обитания в больничном парке были отмечены птицы из групп дендрофилов (21 вид) и склерофилов (3 вида). В гнездовой период по доле участия в орнитоценозе преобладала группа дендрофилов – 84,7 %, плотность населения которых составляла 13,3 особи/га. Доля склерофилов – 15,3 %, плотность населения 2,4 особи/га. В постгнездовой период также доминировали дендрофилы – 82,5 % с плотностью населения 3,1 особи/га. Группа склерофилов составляла 17,5 % орнитоценоза (рис. 1). Сравнительный анализ сезонной динамики обилия птиц показал стабильность орнитоценоза по характеру обитания птичьего населения ($\chi^2 = 423,286$, $V = 1$, $p > 0,05$).

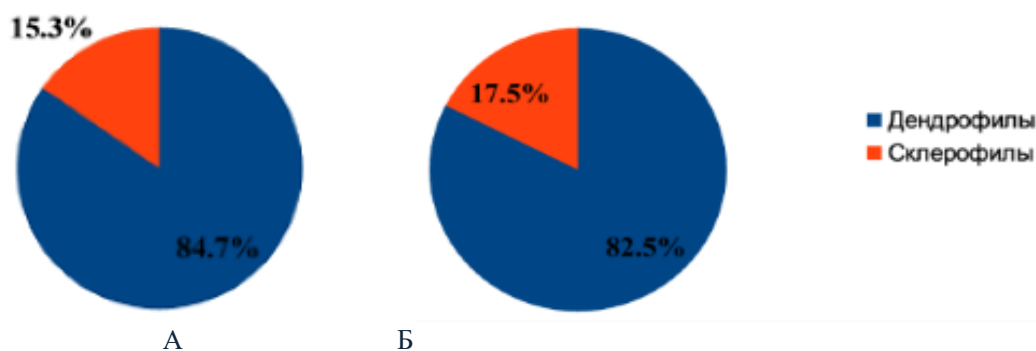


Рис. 1. Структура орнитоценоза по характеру обитания птиц в гнездовой (А) и постгнездовой (Б) периоды

По характеру гнездования в гнездовой период преобладали наземногнездящиеся птицы – 36,4 %. Дуплогнездящиеся и кроногнездящиеся составляли соответственно 22,4 % и 23,0 %. Меньшая часть орнитоценоза была представлена кустарникогнездящимися видами – 18,2 % (рис. 2). В постгнездовой период доминирующее положение заняла группа дуплогнезников (46,2 %). Доля наземногнездящихся сократилась до 26,1 %. Кроногнездящиеся виды составляли 20,9 % орнитоценоза. Кустарникогнездящиеся продолжали составлять меньшую часть сообщества (6,7 %). В течение сезона выявлены значимые различия в гнездовой структуре орнитоценоза ($\chi^2 = 12,9902$, $V = 3$, $p = 0,0047$).

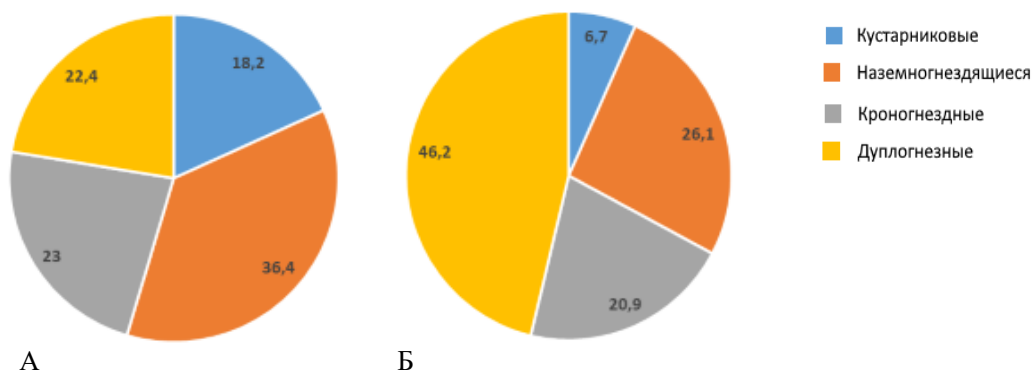


Рис. 2. Структура орнитоценоза по характеру гнездования птиц в гнездовой (А) и постгнездовой (Б) периоды

По характеру пребывания на территории больничного парка можно выделить 2 группы птиц: оседлые и гнездящиеся. В гнездовой период преобладало население гнездящихся птиц – 12,4 особей/га (85,4 %). Оседлые виды составили 14,6 % (2,3 особей/га). В постгнездовой период соотношение этих групп было одинаковое (по 50%). Можно констатировать значимые различия в характере пребывания птиц на территории больничного парка в разные сезоны ($\chi^2 = 34,587$, $V = 1$, $p < 0,001$).

По характеру питания были отмечены виды, составлявшие три трофические группы: растительноядные, насекомоядные и всеядные. В гнездовой период доминировали насекомоядные птицы – 79,6 %. Растительноядные составляли 15,3 %, а всеядные только 5,1 % сообщества. В постгнездовой период расположение групп в трофическом рейтинге осталось прежним. Изменились лишь количественные показатели (рис. 3). Трофическая структура орнитоценоза имеет значимые сезонные отличия ($\chi^2 = 7,24648$, $V = 2$, $p = 0,0267$).

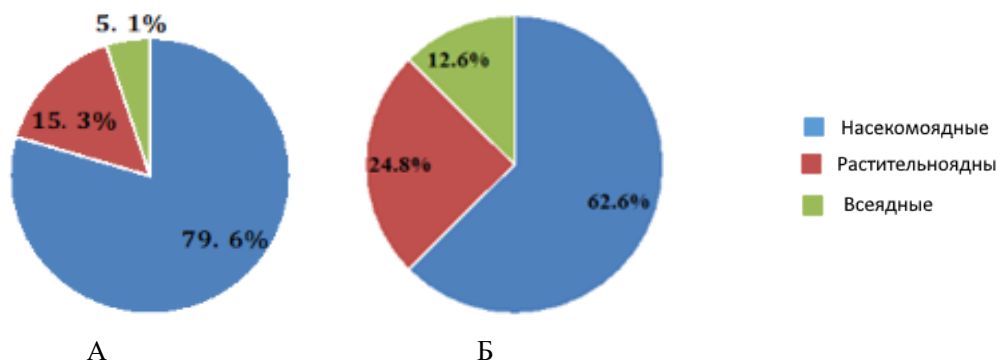


Рис. 3. Структура орнитоценоза по характеру питания птиц в гнездовой (А) и постгнездовой (Б) периоды

Таким образом, в экологической структуре орнитоценоза больничного парка Йошкар-Олинской городской больницы в течение гнездового и постгнездового периодов отмечалось стабильное состояние по характеру обитания птичьего населения. Экологическая структура по характеру гнездования, пребывания птиц, а также трофическая структура подвержены сезонным изменениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белик В. П. Биотопическое распределение и экологическая классификация животных // Чтение памяти проф. В.В. Станчинского. Смоленск, 1992. С. 13–16.
2. Благосклонов К. Н. Гнездование и привлечение птиц в сады и парки. М., 1991. 250 с.
3. Саловаров В. О. Полевая орнитология (учеты птиц). Иркутск, 2018. 150 с.

Видовой состав и обилие гнездовой фауны птиц больничного парка Йошкар-Олинской городской больницы

Кирилов П. Д., студ. 4 курса

Науч. рук. – Дробот В. И., доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
drobot58@gmail.com

Работы по сбору полевого материала проводились с 18 мая по 1 августа 2021 года. В данной работе представлены результаты анализа птичьего населения в гнездовой период (май-июнь). Использовалась методика учета птиц на пробных площадях в соответствии со стандартными методиками [1,2,3]. Площадь учетной площади составляла 10 га. Определение птиц проводилось по голосам, особенностям полета и внешнему виду.

Орнитофауна больничного парка была представлена 23 видами птиц из 4 отрядов: воробьинообразные, дятлообразные, стрижеобразные, голубеобразные. Наиболее богатой оказалась орнитофауна воробьинообразных (10 семейств с 19 видами): мухоловковые, врановые (по 4 вида), дроздовые, вьюрковые, пеночковые (по 2 вида), трясогузковые, славковые, синицевые, ткачиковые, камышовковые (по 1 виду). По одному виду были представлены отряды стрижеобразные, голубеобразные. Два вида из отряда дятлообразные. Полный список видового состава сообщества в гнездовой период приводится в таблице.

Суммарная плотность населения (обилие) птиц в больничном парке в гнездовой период достигала 15,7 особи/га. Наибольшие показатели отмечены у представителей отряда воробьинообразные – 12,7 особи/га. Доля участия воробьиных в сообществе составляла 73,8 %. Прочие птицы не играли заметной роли в формировании сообщества в данный период: стрижеобразные – 12,0 % (1,6 особи/га), дятлообразные – 6,3 % (1,0 особи/га), голубеобразные – 2,4 % (0,4 особи/га). В целом, плотность населения птиц в больничном парке можно оценить, как низкую. В прочих, ранее изученных окрестных биотопах, обилие птиц превышало в несколько раз. Так, например, сравнение птичьего населения больничного парка и Центрального Парка города Йошкар-Олы показало, что обилие птиц в последнем значительно выше ($\chi^2 = 24,50$, $v = 1$, $P < 0,001$).

Среди отдельных видов больничного парка следует отметить зяблика и стрижа черного, которые в гнездовой период представляли доминантную группу с долей участия соответственно 10,4 % и 12,0 %. Подавляющее большинство видов сформировали группу субдоминантов: садовая горихвостка (2,1 %), зарянка

(2,7 %), мухоловка-пеструшка (4 %), обыкновенный соловей (5,9 %), домовый воробей (1,6 %), галка (1,9 %), дрозд-белобровик (5,9 %), дрозд-рябинник (6,9 %), белая трясогузка (4,5 %), черноголовая славка (3,2 %), большая синица (2,7 %), обыкновенная зеленушка (5,3 %), пеночка-весничка (6,9 %), пеночка-зеленая (2,9 %), садовая камышевка (5,6 %), вертишейка (5,3 %), пестрый дятел (1 %), сизый голубь (2,4 %). Малочисленной оказалась группа второстепенных видов: серая ворона (0,3 %), сорока (0,5 %), грач (0,5 %).

Таблица

Таксономическое разнообразие, обилие и доли участия видов в орнитоценозе в гнездовой период

Виды/таксоны	Плотность, особи/га	Доля участия, %
1	2	3
Отряд Дятлообразные – Piciformes	1,0	6,3
Семейство Дятловые – Picidae	1,0	6,3
Вертишейка	0,8	5,3
Дятел пестрый	0,2	1,0
Отряд Стрижеобразные – Apodiformes	1,6	12,0
Семейство Стрижьи – Apodidae	1,6	12,0
Стриж черный	1,6	12,0
Отряд Голубеобразные – Columbiformes	0,4	2,4
Семейство Голубиные – Columbidae	0,4	2,4
Голубь сизый	0,4	2,4
Отряд Воробьинообразные – Passeridae	12,7	73,8
Семейство Мухоловковые – Muscicapidae	3,0	14,7
Горихвостка садовая	0,4	2,1
Зарянка	0,4	2,7
Мухоловка-пеструшка	0,8	4,0
Соловей обыкновенный	1,4	5,9
Семейство Ткачиковые – Ploceidae	0,4	1,6
Воробей домовый	0,4	1,6
Семейство Врановые – Corvidae	0,8	3,2
Ворона серая	0,1	0,3
Сорока	0,2	0,5
Галка	0,4	1,9
Грач	0,1	0,5
Семейство Дроздовые – Turdidae	2,1	12,8
Дрозд-белобровик	1,4	5,9
Дрозд-рябинник	0,7	6,9
Семейство Трясогузковые – Motacillidae	0,6	4,5
Трясогузка белая	0,6	4,5
Семейство Славковые – Sylviidae	0,8	3,2
Славка черноголовая	0,8	3,2
Семейство Синицевые – Paridae	0,6	2,7
Синица большая	0,6	2,7
Семейство Вьюрковые – Fringillidae	2,0	15,7
Зеленушка обыкновенная	0,8	5,3
Зяблик	1,2	10,4
Семейство Пеночковые – Phylloscopidae	1,4	9,8
Пеночка-весничка	1,0	6,9
Пеночка-зеленая	0,4	2,9
Семейство Камышовковые – Acrocephalidae	1,0	5,6
Камышовка садовая	1,0	5,6
Всего:	15,7	100

Расчетные значения информационных индексов дают высокую оценку α -разнообразия орнитоценоза: индекс разнообразия Шеннона (3,57), индекс доминирования Симпсона (0,87), индекс выравненности Пилелу (1,84). С этой позиции орнитоценоз демонстрирует выравненную, стабильную структуру.

Таким образом, следует заключить, что, несмотря на заметное доминирование двух видов и низкую суммарную плотность населения птиц, орнитоценоз больничного парка Йошкар-Олинской городской больницы в гнездовой период можно охарактеризовать как устойчивое и сбалансированное сообщество.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белик В. П.* Биотопическое распределение и экологическая классификация животных // Чтение памяти проф. В.В. Станчинского. Смоленск, 1992. С. 13–16.
2. *Благосклонов К. Н.* Гнездование и привлечение птиц в сады и парки. М., 1991. 250 с.
3. *Саловаров В. О.* Полевая орнитология (учеты птиц). Иркутск, 2018. 150 с.

Динамика некоторых лейкоцитарных параметров крови у мышей с мышечной дистрофией Дюшенна на фоне действия 20-гидроксиэкдизона

Козикова Е. С., студ. 4 курса

Науч. рук. – Дробот Г. П., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
katya-kozikova@mail.ru

Миодистрофия Дюшенна является серьезным заболеванием, которое при своем развитии полностью лишает человека передвижения, вызывая атрофию мышц [1]. Она принадлежит к группе поясно-конечностных мышечных дистрофий, характеризующихся поражением проксимальных отделов верхних и нижних конечностей [2].

20-гидроксиэкдизон (Е) относится к классу природных веществ, называемых фитоэксдистероидами [3]. В исследованиях на животных он приводил к увеличению массы тела на 115% [4]. В других исследованиях его сравнивали с анаболическим стероидом метандростенолоном. Он стимулировал биосинтез сократительных белков в скелетных мышцах. Однако действие метандростенолона было ограничено медленно сокращающимися мышцами, в то время как 20-гидроксиэкдизон оказывал анаболическое действие на различные типы скелетных мышц и вызывал статистически значимое увеличение массы скелетных мышц и содержания мышечного белка. [5]

В настоящей работе приведены данные исследований по влиянию 20-гидроксиэкдизона на лейкоцитарный состав крови, величину некоторых лейкоцитарных индексов и размеры лейкоцитов мышей. В работе использовались самцы мышей C57BL/10 (дикий тип, WT) и мышей C57BL/10ScSn-mdx с дефицитом дистрофина. Все животные были приобретены в Животноводческом комплексе, филиале Института биорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук, Россия (Уникальное исследовательское устройство ИБХ РАН “Биомодель”, Пущино, Россия). По прибытии мышей размещали поодиночке и давали минимум 72 часа на акклиматизацию перед проведением экспериментов. Всем животным был предоставлен доступ к стандартному корму и воде по желанию.

Для проведения данного исследования был произведен забор крови (декапитация) и изготовление мазков у мышей четырех групп: контрольные мыши (К); контрольные мыши, получавшие 20-гидроксиэкдизон (К+Е); мыши, имеющие дистрофию Дюшенна (MDX); мыши больные с дистрофией Дюшенна, леченые 20-гидроксиэкдизоном (MDX+Е). Далее проводилась окраска мазков методом Романовского-Гимза и подсчет лейкоцитарной формулы. По данным лейкоформулы проводили расчет ряда лейкоцитарных индексов (индекс Кребса (ИК), лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ), ядерный индекс (ЯИ), индекс сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК), лейкоцитарный индекс (ЛИ), индекс соотношения нейтрофилов и моноцитов (ИСНМ), индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ), позволяющих судить о тех или иных отклонениях в системе белой крови.

Для определения размеров клеток проводили фотографирование мазков, для чего использовали микроскоп EVOS M5000 (Thermo Fisher Scientific, США). Размеры клеток выражали в мкм. Цифровые данные обрабатывали статистически на ПК с помощью табличного процессора Excel и программы STATISTICA 10. Для статистической обработки данных применяли непараметрический критерий Краскела-Уоллисса. Различия признаков считались значимыми при $p < 0,05$.

В ходе анализа лейкоцитарной формулы были получены следующие результаты (табл. 1).

Если соотнести данные в экспериментальных группах мышей с нормой лейкоформулы мышей и группой контроля, то можно видеть из таблицы 1 и рисунка 1, что в целом кровь у мышей всех групп носит лимфоцитарный профиль, что соответствует норме [6]. Однако имеются отклонения в структуре лейкоформулы по содержанию сегментоядерных нейтрофилов (оно снижено) у мышей группы MDX и

MDX+E и увеличено в крови у группы K+E (относительно контроля, но норме соответствует) Наблюдаются отклонения по содержанию юных форм клеток (их не должно быть в норме) в группах K+E, MDX; MDX+E (особенно в этой группе). Явные сдвиги характерны для содержания моноцитов во всех группах (в норме не больше 5%). Это содержание превышено почти в 2 раза (особенно в группе K+E). Следует указать, что наибольшие структурные изменения претерпевает лейкоцитарная формула больных мышей миодистрофией Дюшенна, а в особенности леченых животных.

Таблица 1

Процентное содержание отдельных видов лейкоцитов в крови мышей

Группа	Палочкоядерные нейтрофилы	Сегментоядерные нейтрофилы	Юные нейтрофилы	Эозинофилы	Базофилы	Моноциты	Лимфоциты
К	2,75±0,85	12,0±1,96	0	3,75±0,85	1,5±0,87	10,25±1,94	69,75±1,89
K+E	2,0±0,85	21,0±4,09* (p=0,0202)	1,75±0,48** (p=0,008)	2,5±0,81	0* (p=0,045)	6,75±1,78	66,0±4,09
MDX	5,33±0,88* (p=0,049)	8,67±3,18	2,67±0,33** (p=0,009)	2,33±0,33	0* (p=0,045)	8,33±1,63	72,67±4,06
MDX+E	2,0±2,0	7,0±2,0* (p=0,043)	3,0±2,0** (p=0,009)	1,5±0,5* (p=0,037)	3,0±1,0	9,5±1,5	74,0*±3,72 (p=0,013)
Норма [6]	1–5	13–30	0	0–4	0–2	2–5	60–78

Примечание: * p<0,05; **p<0,01 относительно контроля

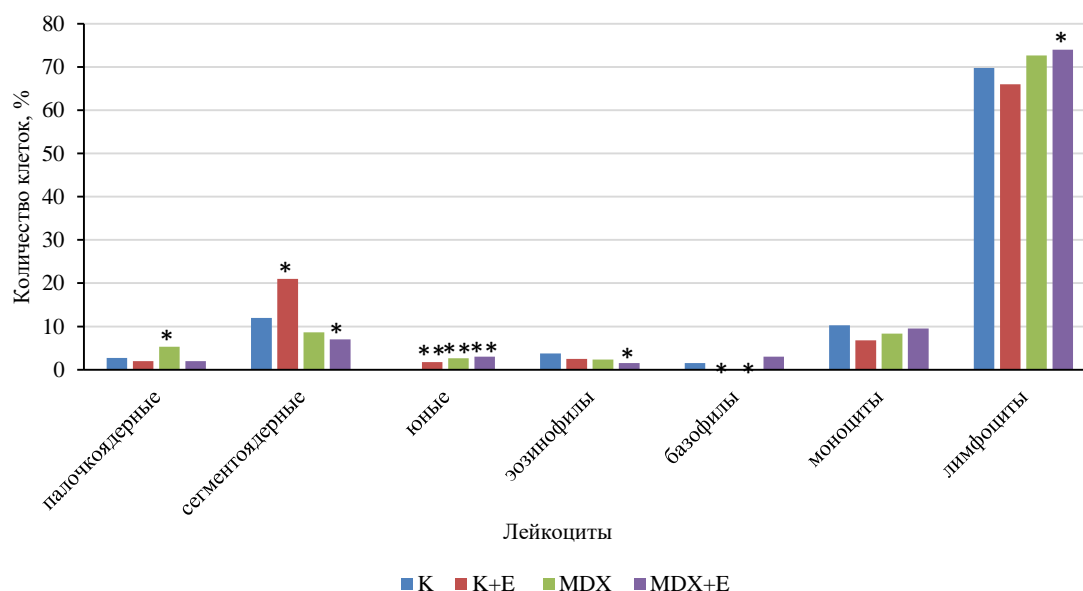


Рис. 1. Лейкоцитарная формула у разных групп мышей

Примечание: *— p<0,05 относительно контроля; **p<0,01 относительно контроля

В ходе обработки данных по лейкоцитарному составу крови мышей были получены значения некоторых лейкоцитарных индексов, представленные в таблице 2 и на рисунке 2.

Как показали исследования статистические расхождения были обнаружены только по индексу соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ) у группы мышей MDX. Значение этого индекса оказалось увеличенным в 1,4 раза относительно такого в контрольной группе мышей (p=0,043). Индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ) в какой-то степени демонстрирует баланс между лимфоцитами и моноцитами и отражает взаимоотношения афферторного и эфферторного звеньев иммунологического процесса [6]. Величина индекса оказалась большей в силу некоторого сокращения доли моноцитов в крови у этой группы мышей, хотя явной моноцитопении не наблюдалось и содержание этих клеток в лейкоформуле по-прежнему превышало норму почти в 2 раза. Наблюдающийся рост значения индекса ИСЛМ, возможно, обусловлен определенными иммунологическими перестройками организма больных мышей и развивающимися у них процессами эндогенной интоксикации, что, безусловно, требует дополнительной проверки. Тем не менее, имеющиеся в научной литературе данные о развитии воспалительных процессов в мышцах и организме в целом у больных дистрофией Дюшенна позволяют сделать подобные предположения

[1]. Это подтверждается и общим более высоким уровнем моноцитов, нарастание доли которых представляет собой один из критериев развития воспаления.

Таблица 2

Лейкоцитарные индексы

Группа	ИК	ЛИИ	ЯИ	ИСЛК	ЛИ	ИСНМ	ИСЛМ
К	0,21±0,03	0,18±0,03	1,35±0,28	0,25±0,03	5,06±0,77	1,41±0,36	6,49±1,18
К+Е	0,47±0,09	0,37±0,07	3,05±1,54	0,4±0,06	2,11±1,54	1,8±0,6	3,8±2,18
MDX	0,24±0,07	0,2±0,06	1,94±0,53	0,24±0,06	4,85±1,14	2,06±0,53	9,19±2,17* (p=0,043)
MDX+Е	0,16±0,03	0,14±0,03	1,94±1,06	0,2±0,02	6,01±0,72	1,33±0,42	7,99±1,26

Примечание: * p<0,05 относительно контроля

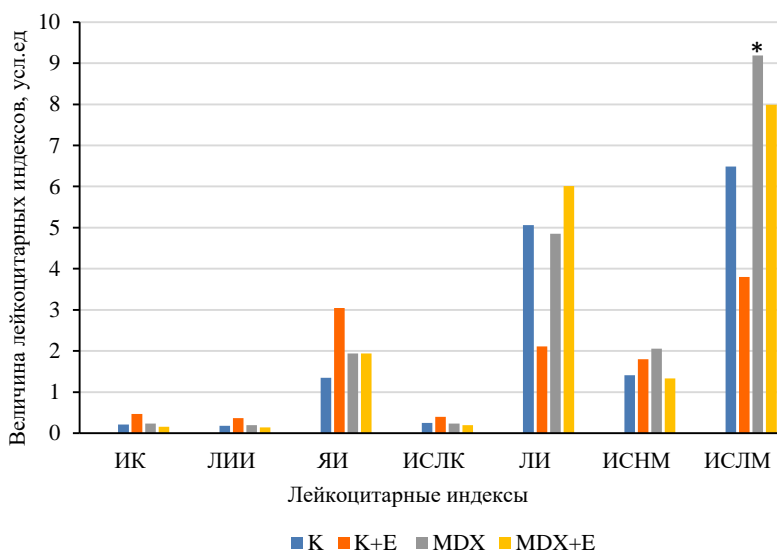


Рис. 2. Величины лейкоцитарных индексов у различных групп мышей

Примечание: *— p<0,05 относительно контроля

При оценке размеров клеток крови были получены следующие результаты (рис. 3). Как можно видеть из рисунка у мышей группы MDX+Е, наблюдается увеличение размеров лимфоцитов (p=0,02), а в группах мышей К+Е, MDX, а также и MDX+Е – размеров нейтрофилов, относительно таковых группы контроля, что также подтверждается статистически (p=0,02; p=0,04; p=0,01, соответственно).

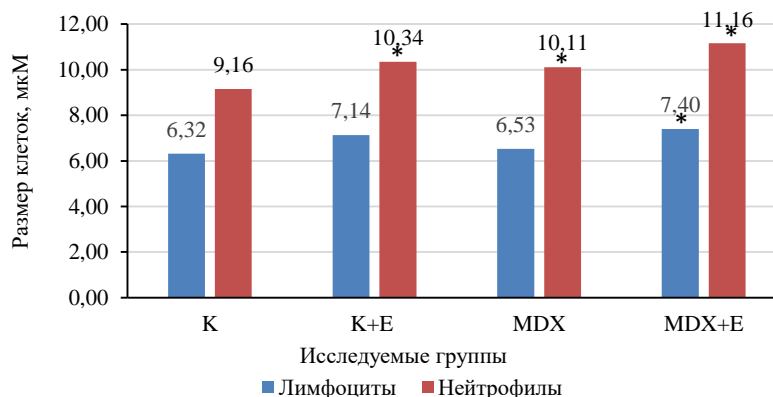


Рис. 3. Размеры лимфоцитов и нейтрофилов крови мышей различных групп

Примечание: *— p<0,05 относительно контроля

Анализ общего количества отдельных видов лейкоцитов, лейкоцитарных индексов, размеров лимфоцитов и нейтрофилов позволил сделать вывод, что наибольшие отклонения по величинам изученных показателей характерны для больных мышей (MDX) и мышей леченных 20-гидроксиэкдизоном (MDX+Е). Это позволяет предположить наличие у животных этих групп нарушений аффлекторных и эффекторных звеньев иммунной системы, а также воспалительных процессов и возможное развитие процессов эндогенной

интоксикации. При этом для оценки эффекта действия изученного препарата на систему белой крови мышцей требуются, по-видимому, дополнительные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мышечная дистрофия Дюшенна: причины, диагностика, лечение. [сайт]. URL: https://meduniver.com/Medical/genetika/distrofia_dushenna.html.
2. Прогрессирующая мышечная дистрофия Дюшенна. [сайт]. URL: https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevaniya_neurology/Duchenne-muscular-dystrophy.
3. 20-Hydroxyecdysone: The Pro-Anabolic, Plant Steroid / G. Bruno // Literature Education Series On Dietary Supplements. Med. 2001. P. 1–3.
4. Insect. Hormones. In vertebrates : anabolic effects of 20-hydroxyecdysone in. Japanese quails / K. Slama, K. Koudela , J. Tenora, A. Mathova // Cellular and Molecular Life Sciences. 1996. P. 702–706.
5. Practice guideline update summary: Corticosteroid treatment of Duchenne muscular dystrophy: report of the Guideline Development Subcommittee of the American Academy of Neurology / David Gloss, MD, MPH&TM Richard T. Moxley III, MD Stephen Ashwal, MD Maryam Oskoui, MD //Neurology. 2016. 86. P. 465–472.
6. Лейкоцитарные индексы при экспериментальной кадмиевой интоксикации мышцей / Е. А. Ткаченко, М.А. Дерхо // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. №3(47). С.81–83.

Музей-гербарий «YOLA» им. Н. В. Абрамова Марийского государственного университета

Коробейникова А. К. Охотникова В. М., студ. 4 курса

Науч. рук. — Суетина Ю. Г., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
korobeinikovaanna@gmail.com , hopikova2016@ya.ru

Гербарий – коллекция засушенных растений – является важнейшей и принципиально незаменимой основой систематических, флористических, ботанико-географических, а в последние годы и молекулярно-генетических исследований. Роль гербариев заключается в накоплении и сохранении коллекций, подтверждающих существование таксонов на той или иной территории [1–4]. Гербарные коллекции не просто включают в себя образцы ныне существующих и доступных для исследований растений, но и позволяют сохранять для науки материал редких и уже исчезнувших видов и популяций, предоставляют уникальную возможность заниматься изучением растений в любое время года [1]. Информация, хранящаяся в гербариях, не утрачивает свою актуальность с течением времени и создает фундамент для изучения биоразнообразия, позволяет проводить мониторинговые исследования, отслеживать внедрение новых видов, несвойственных естественной флоре региона [1–3, 5].

Мировой гербарный фонд, согласно международной базе данных «Index Herbariorum» (Нью-Йорк) хранится в 3095 Гербариях, находящихся в 176 странах. В России имеется 200 Гербариев различного уровня, объема и состава [5].

Цель работы – изучение истории, структуры и значения музея-гербария «YOLA» им. Н. В. Абрамова. Работа подготовлена для участия во внутривузовском конкурсе студенческих работ, посвященном 50-летию МарГУ, который проводился в 2022 г. историко-филологическим факультетом. В номинации «Родному университету – 50 лет» презентация о музее-гербарии заняла 2-е место.

Музей-гербарий «YOLA» им. Н. В. Абрамова функционирует в Марийском государственном университете в Институте естественных наук и фармации при кафедре биологии. Гербарий создан на базе части коллекции растений, собранной в 30-х годах XX века Л. Н. Васильевой и Б. П. Васильковым (рис. 1) в ходе геоботанической экспедиции МарНИИ и насчитывающей немногим более 400 образцов, которые хранились на кафедре ботаники Марийского педагогического института им. Н. К. Крупской [4; 6]. Самые ранние гербарные образцы датируются 1928–1936 годами. Это сборы 1928–1933 гг. Л. Н. Васильевой и Б. П. Василькова. Образцы 1936 г. были собраны А. Д. Смирновой [7].

С открытием Марийского государственного университета в 1972 году гербарий стал систематически пополняться сборами Н. В. Абрамова. В 1998 году Н. В. Абрамовым гербарий зарегистрирован в «Index Herbariorum» с акронимом «YOLA». В 2010 году решением ученого совета Марийского государственного университета научно-исследовательской лаборатории «Гербарий «YOLA» присвоено имя Н. В. Абрамова [4] (рис. 2). Куратором гербария с 2010 года является кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии Ю. Г. Суетина, заведующей гербарием в 2010–2014 годах была Л. А. Абрамова, с 2014 года – Т. В. Кедрова. Значительные поступления растений были до 2010 года, основным коллектором был Н. В. Абрамов.

Многие гербарные образцы были собраны студентами в рамках учебных практик под руководством Н. В. Абрамова и преподавателей кафедры [6].

Успешная работа в гербариях была бы невозможна без четкой системы расположения гербарных материалов, обеспечивающих быстрый поиск и возможность пополнения коллекции без нарушения общего порядка их хранения [1].

Структура музея-гербария «YOLA» складывается из научного и учебного отделов. Кроме коллекций музей-гербарий имеет библиотеку специальной ботанической литературы.

Научный отдел музея-гербария представляет собой коллекцию сосудистых растений (хвоцевидные, плауновидные, папоротниковидные, голосеменные, покрытосеменные) флоры (в основном Республики Марий Эл) и сформирован по семействам в соответствии с системой Энглера. Гербарные образцы хранятся в картонных папках, размещенных в шкафах. Роды внутри семейств, виды внутри родов расположены по алфавиту латинских названий. Шкафы пронумерованы, на обратной стороне дверцы шкафа приводится список видов [4]. Научный отдела включает около 1406 видов около 44 тыс. гербарных образцов [6]. Наиболее ценные и интересные материалы по флоре республики из гербария университета переданы Н. В. Абрамовым в гербарии Ботанического института им. В. Л. Комарова и МГУ. Им. М. В. Ломоносова [6]. Гербарий отмечается как один из крупнейших по флоре Средней России [8].

По материалам хранящихся коллекций защищены докторская диссертация Н. В. Абрамова «Флора Республики Марий Эл: инвентаризация, анализ, районирование, охрана и проблемы рационального использования ее ресурсов», кандидатская – О. В. Жуковой «Популяционное исследование микровидов манжетки *Alchemilla vulgaris* L.s.l., Rosaceae», дипломные и курсовые работы студентов [4].



Борис Павлович Васильков
(1906–1980)



Любовь Николаевна Васильева
(1901–1985)

Рис. 1. Основоположники гербария МарГУ



Николай Васильевич Абрамов
(1942–2010)

Рис. 2. Создатель музея-гербария «YOLA» МарГУ

По материалам гербарных коллекций Н. В. Абрамовым выполнялись хоздоговора, госконтракты и гранты. Среди этих работ было изучение флоры особо охраняемых природных территорий Республики Марий Эл, таких как заповедник «Большая Кокшага», национальный парк «Марий Чодра» и др. Коллекция растений гербария-музея «YOLA» использовалась при подготовке Красных книг республики, которые были изданы в 1997 г. и в 2013 г., а также были подготовлены материалы, которые вошли в международные издания [4, 6].

Материалы научного отдела гербария используются студентами-биологами профиля «Ботаника» при выполнении исследовательских работ в ходе учебных практик. Так, во время учебной практики летом 2022 года при подготовке самостоятельной исследовательской работы нам удалось проанализировать образцы растений из отдела Папоротниковидные, представленные в гербарии «YOLA». Результаты проведенной работы легли в основу статьи «Коллекция папоротников Республики Марий Эл в Гербарии «YOLA» им. Н. В. Абрамова». В статье приводится анализ гербарных этикеток с целью знакомства с коллекторами, выявления количества образцов, таксономической принадлежности и географического распространения видов на территории Республики Марий Эл. Гербарная коллекция папоротников музея-гербария насчитывает 662 образца, 14 родов, 20 видов. Анализ видов и образцов папоротников из разных районов республики позволяет судить о степени изученности территории и планировать дальнейшие исследования [7].

Учебный отдел гербария представлен коллекцией по курсу Ботаника (разделы микология и альгология, анатомия и морфология растений, систематика растений, фитоценология), фитопатология, культурные растения, комнатные растения и др., и постоянно обновляется. Коллекции учебного гербария используются как база для проведения занятий и учебных практик со студентами, школьниками Центра одаренных детей Республики Марий Эл и при проведении региональных олимпиад по биологии. Коллекции учебного отдела ежегодно обновляются и пополняются. Участие в сборах и монтировке учебных гербариев гербария принимают студенты на учебных практиках под руководством доцентов О. В. Жуковой, Л. В. Рыжовой, Ю. Г. Суетиной [4, 6].

Наше работа в музее-гербарии «YOLA» была продолжена изучением биографии его создателя. С презентацией «Николай Васильевич Абрамов (1942 – 2010)» мы участвовали в открытии выставки «Исследователи марийской флоры» в Национальном музее Марий Эл им. Т. Евсеева. Выставка была приурочена к 90-летию работы геоботанической экспедиции Марийского научно-исследовательского института по изучению флоры Марийской автономной области и 80-летию со дня рождения ученого-флориста, члена Русского ботанического общества РАН, доктора биологических наук, заслуженного деятеля науки Республики Марий Эл Н. В. Абрамова.

Таким образом, гербарий дает возможность оценить вклад различных исследователей в создание гербарных коллекций, познакомиться с разнообразием видов и образцов, установить распространение видов на территории Республики Марий Эл, позволяет планировать целенаправленные сборы с целью пополнения гербарных фондов. А также гербарий является базой для проведения занятий и учебных практик, ложится в основу курсовых, дипломных работ и диссертаций. [2, 4, 7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В. Н., Барсукова А. В. Гербарий. Издательство МГУ. 1976. 32 с.
2. Архипова Е. А. Гербарий как центр научно-исследовательской работы в университете по биологии, экологии и географии // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26, № 4. С. 245–247.
3. Фомина Н. А., Антонова О. Ю., Чухина И. Г., Гавриленко Т. А. Гербарные коллекции в молекулярно-генетических исследованиях // Turczaninowia, 2019. Т. 22. № 4. С. 104–118.
4. Суетина Ю. Г. Научно-исследовательская лаборатория «Гербарий YOLA Н.В. Абрамова»: состояние и перспективы развития // Актуальные проблемы экологии, биологии и химии: сб. материалов конф. По итогам НИР БХФ за 2010 год. Йошкар-Ола: МарГУ. 2011. Вып. 2. С. 156–159.
5. Доронькин В. М., Гуреева И. И., Шауло Д. Н., Шмаков А. И., Овчинникова С. В. Современное состояние фондов гербариев Сибири // Ботанический журнал, 2020, том 105, № 1, С. 58–80.
6. Суетина Ю. Г. Николай Васильевич Абрамов – исследователь флоры Республики Марий Эл. Вестник Марийского государственного университета. Серия «Исторические науки. Юридические науки». 2022. Т. 8. № 3. С. 313–32
7. Коробейникова А. К., Охотникова В. М. Коллекция папоротников Республики Марий Эл в Гербарии «YOLA» им. Н. В. Абрамова // Студенческая наука и XXI век. 2022. Т. 19, № 1(22). Ч. 1. С. 38–40.
8. Серёгин А. П., Щербаков А. В. Основные гербарные фонды по флоре Средней России. Флора Средней России: Аннотир. Библиогр. Второе дополнение. И.М. Калинин, В.С. Новиков, А.В. Щербаков. М. 2006. С. 60–71.
9. Васильева Любовь Николаевна — Википедия (wikipedia.org)
10. Васильков Борис Павлович — Википедия (wikipedia.org)

Эффективность нового поликомпонентного бациллярного биопрепарата при проращивании семян овса в лабораторных условиях

Малкова А. В., аспирант 3 курса

Науч. рук – Иркитова А. Н., канд. биол. наук, доц.

Алтайский государственный университет, г. Барнаул
gelishka96@mail.ru

Овес является одной из главных сельскохозяйственных культур. Россия по валовому производству данного зерна занимает первое место в мире. Однако перед аграриями все еще стоят задачи по увеличению продуктивности данной культуры за счет использования агро- и биотехнологий, таких как обработка почвы, внесение удобрений и пр. [1, 2].

Особый интерес среди сельскохозяйственных приемов вызывает использование биопрепаратов на основе полезных микроорганизмов, в частности, бактерий рода *Bacillus*. Имеются исследования, подтверждающие антагонистическое действие бацилл по отношению к фитопатогенным грибам, а также ростостимулирующую активность данных бактерий при выращивании овса в лабораторных и полевых условиях [3, 4]. Но для сохранения эффективности микробного метода в защите и стимуляции роста растений необходимо постоянно вести ротацию штаммов в составе существующих биопрепаратов и/или разрабатывать новые препараты.

Цель работы – оценить эффективность нового поликомпонентного бациллярного биопрепарата при проращивании семян овса в лабораторных условиях.

Объектом исследования в данной работе выступал поликомпонентный бациллярный препарат, разработанный сотрудниками ИЦ «Промбиотех» (табл. 1) [5]. Данный биопрепарат представляет собой порошок с титром живых бактерий не менее 1×10^{11} КОЕ/г, предназначенный для предпосевной обработки семян. Рабочий раствор препарата готовили из расчета 0,1 г порошка на 10 мл воды, чего достаточно для протравливания 1 кг семян.

Таблица 1

Штаммы, входящие в состав нового биопрепарата

№	Штамм	Источник выделения
1	<i>B. pumilus</i> 4	ризосфера икотника
2	<i>B. pumilus</i> 7	ризосфера щавеля
3	<i>B. pumilus</i> 16	ризосфера подсолнечника

Эффективность данного биопрепарата проверяли на семенах овса сорта «Корифей» из банка АНИИСХ ФАНЦА. Эксперимент закладывали согласно ГОСТ 12038-84 [6] с использованием метода рулонов в 2-х вариантах: контроль без обработки и опыт с протравливанием биопрепаратом. Повторность эксперимента – 4-х кратная, количество семян в каждой из них – 50.

По окончании эксперимента определяли такие показатели, как всхожесть, высота проростков и длина корешков. Полученные результаты выражали через среднее со стандартным отклонением ($m \pm SD$). Также вычисляли наименьшую существенную разность для 5 %-ого уровня значимости (HCP_{05}).

В ходе данного исследования фактически на всех семенах овса (98 %) как в опыте, так и контроле наблюдался рост грибов рода *Alternaria* (установлено при микроскопии), что говорит о высоком уровне их инфицированности. Однако этот факт не сказался на развитии семян, так как наблюдался активный рост ростков и корней, а также высокая всхожесть (табл. 2). Вероятно, данные микромицеты относились к эпифитной микрофлоре исследуемых семян и в термостате были созданы оптимальные условия для их роста. При этом угнетающего действия разработанного биопрепарата на данные микромицеты зафиксировано не было.

Таблица 2

Эффективность биопрепарата при проращивании семян овса в лабораторных условиях ($m \pm SD$)

Вариант	Всходы, %	Высота проростков, мм	Длина корешков, мм
Контроль	$98,00 \pm 1,63^*$	$82,56 \pm 8,91$	$82,68 \pm 15,84$
Опыт	$99,00 \pm 1,15$	$91,55 \pm 7,60$	$103,46 \pm 15,07$
+ к контролю	1,00	8,98	20,78
HCP_{05}	2,45	3,17	7,29

Примечание: * – числовые данные получены в ходе исследования 200 опытных и 200 контрольных семян

Согласно полученным данным, биопрепарат стимулировал прорастание семян овса. Увеличение высоты проростков и длины корешков было значимо в опыте и составило почти 11 % и 25 % соответственно (рис. 1). При этом значимого влияния препарата на всхожесть выявлено не было – и в опыте, и в контроле она составляла более 95 %.

Однако механизм стимулирующего действия нового бациллярного биопрепарата в данном случае остается неясным, так как антагонизма по отношению к грибной микрофлоре овса (грибам рода *Alternaria*) зафиксировано не было. Возможно, это может быть обусловлено продукцией штаммами из препарата фитогормонов (ауксины и/или гиббереллины), что характерно для бактерий вида *B. Pumilus* по литературным данным [7, 8], но для подтверждения этого необходимы дополнительные исследования.

Таким образом, для нового поликомпонентного биопрепарата на основе 3-х штаммов *B. Pumilus* была зафиксирована ростостимулирующая активность при проращивании семян овса. Эффективность препарата для протравливания семенного материала проявлялась в увеличении высоты проростков почти на 9 мм (11 %) и длины корешков почти на 21 мм (25 %). Полученные результаты необходимо подтвердить в ходе полевых испытаний разработанного биопрепарата.



Рис. 1. Проростки овса в контроле (А) и опыте (Б)

Работа выполнена при поддержке ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет–2030», проект «Наработка биопрепаратов для сельского хозяйства».

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородкин Н. А. Формирование продуктивности овса в зависимости от стимуляторов роста // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 1. С. 6–10.
2. Новикова С. С. Овес. Структура урожайности в условиях приобья Алтайского края // Материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные тенденции развития российской науки». Красноярск: Издательство Красноярского государственного аграрного университета. 2021. С. 74–76.
3. Галкина О. В., Тарасов А. Л. Влияние биопрепаратов на урожайность и питательную ценность зеленой массы в смешанных посевах овса с горохом // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2017. № 2 (50). С. 122–125.
4. Шмыга Е. Ю., Сидоренко А. В., Мандрик-Литвинкович М. Н., Купцов В. Н., Коломиец Э. И. Характеристика микробного консорциума – основы биопрепарата комплексного действия для повышения продуктивности зерновых культур // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. 2019. Т. 11. С. 333–342.
5. Malkova A., Evdokimov I., Shirmanov M., Irkitova A., Dudnik D. Development of a microbiological preparation for crops based on *Bacillus pumilus* strains // BIO Web Conf. International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture». 2021. Vol. 36. Ar. 07012.
6. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Стандартинформ. 2011. 29 с.
7. Malfanova N., Kamilova F., Validov S., Shcherbakov A., Chebotar V., Tikhonovich I., Lugtenberg B. Characterization of *Bacillus subtilis* HC8, a novel plant-beneficial endophytic strain from giant hogweed // Microbial Biotechnology. 2011. Vol. 4 (4). P. 523–532.
8. Mazylyte R., Kaziumiene J., Orola L., Valkovska V., Lastauskiene E., Gegeckas A. Phosphate Solubilizing Microorganism *Bacillus* sp. MVY-004 and Its Significance for Biomineral Fertilizers' Development in Agrobiotechnology // Biology. 2022. Vol. 11. Ar. 254.

Активность каталазы в растениях и каллусах огурца и редиса при действии тяжелых металлов

Михайлова И. Д.¹, Лукаткин А. С.²

1 – АО «Биохимик», г. Саранск

2 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
irinamihajlova113@gmail.com

Загрязнение окружающей среды различными поллютантами возрастает непрерывно, и среди них значительную долю составляют тяжелые металлы (ТМ) [1]. Локализация ТМ в природных средах наиболее высока в почвах, откуда ионы металлов поступают в растения, где их аккумуляция может достигать очень высоких значений [2]. По пищевым цепям ионы ТМ передаются от растений к животным и человеку, вызывая многочисленные метаболические нарушения и изменения функционирования жизненно важных органов [3]. В связи с высокой потенциальной опасностью ТМ становится очевидной необходимость изучения действия ионов металлов на растения, особенно культурные, которые зачастую выращиваются в условиях загрязнения почв ТМ.

В растениях функционирует несколько уровней регуляции метаболизма, и самый первый – внутриклеточный, на котором не действуют межклеточные и организменные системы регуляции [4]. Культуры *in vitro* представляют удобную модель для изучения воздействия внешних стрессоров (в том числе ТМ) на клеточном уровне. В последние годы общепринято, что ТМ вызывают в клетках растений окислительный стресс [5]. Его основными симптомами являются генерация активных форм кислорода (АФК) – супероксидного анион-радикала, гидроксильного радикала, пероксида водорода и др. Противостоят генерации АФК компоненты антиоксидантной системы, как низкомолекулярные, так и ферментативные [6]. Одним из ферментов, противодействующих окислительному стрессу, является каталаза, которая утилизирует одну из АФК – H_2O_2 . Изменения ее активности при стрессовых воздействиях на растения рассматриваются как показатель антиоксидантной способности данных растений [7]. В связи с этим задачей данной работы было изучение влияния ионов ТМ на активность каталазы в растениях и каллусных культурах овощных видов.

В качестве объектов исследования были взяты огурец (*Cucumis sativus* L., сорт Единство) и редис (*Raphanus sativus* L., сорт Красный великан). В ходе работы параллельно проводили определение влияния ионов ТМ (Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}) на активность каталазы в семядольных листьях растений *in vivo* и каллусах *in vitro* огурца и редиса. Молодые растения выращивали в растильнях в факторостатируемых условиях (освещенность 2000 лк, температура 25 – 28°C, фотопериод 12 часов) до стадии семядольных листьев (7 суток) с добавлением в воду различных концентрациях (10 мкМ, 0,1 мМ, 1 мМ) солей $NiSO_4 \times 7H_2O$, $ZnSO_4 \times 7H_2O$, $CuSO_4 \times 5H_2O$, $Pb(NO_3)_2$. Выращивание каллусов огурца и редиса осуществляли в течение 4–6 недель в термостате при температуре 21–22°C на среде Мурасиге-Скуга [4] с добавлением таких же концентраций солей ТМ, что и в опыте с растениями. Активность каталазы определяли по падению оптической плотности (по разложению пероксида водорода) на спектрофотометре Uvmini1240 (Shimadzu, Japan) [8]. Все определения проводили в 3–4 отдельных опытах, каждый из которых состоял из нескольких биологических повторностей. Статистическую обработку проводили с помощью программы Microsoft Excel 2007. Значения в таблицах представляют средние арифметические из всех опытов.

При изучении влияния ТМ на активность каталазы в семядольных листьях огурца выявлено, что ионы никеля оказали весьма значительное влияние на данный показатель в концентрации 10 мкМ, где значения превысили контроль на 66%. С повышением дозы Ni^{2+} в среде активность каталазы снижалась и при самой высокой концентрации ионов никеля значения активности каталазы оказались ниже контроля (таблица 1). Ионы цинка оказали стимулирующее влияние на активность каталазы в проростках огурца во всех вариантах опыта, а максимальное значение активности фермента наблюдали в растениях, выращенных на концентрации 1 мМ. При рассмотрении зависимости активности каталазы от концентрации ионов меди можно видеть, что с уменьшением дозы Cu^{2+} активность фермента возрастала почти линейно. При изучении влияния ионов свинца на активность каталазы можно видеть некоторое повышение данного показателя относительно контроля, с максимальным превышением при концентрации 10 мкМ.

Повышенная активность каталазы может косвенно свидетельствовать о том, что увеличение дозы ТМ в среде выращивания растений огурца вызывает сильный окислительный стресс в растениях, индуцирующий усиленную генерацию активированных форм кислорода. Известно, что каталаза является индуцибельным ферментом, т.е. ферментом, активность (как и содержание белка) которого резко увеличивается при повышении концентрации субстрата в среде [8]. Поскольку субстратом для каталазы является пероксид водорода, очевидно, что ионы ТМ вызвали существенное увеличение образования H_2O_2 в тканях

листьев огурца, что заставляет более интенсивно работать каталазу. При этом зависимость активности каталазы от дозы ТМ в среде была прямая (в случае Zn^{2+}) или обратная (при действии Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+}). Таким образом видно, что более интенсивную работу каталазы в растениях огурца индуцировали следующие концентрации ТМ: никель, медь и свинец – 10 мкМ, цинк – 1 мМ. Можно предположить, что повышенная активность фермента сопряжена с большей концентрацией H_2O_2 (т.е. более сильным окислительным стрессом).

Таблица 1

Влияние различных концентраций ионов ТМ на активность каталазы в семядольных листьях 7-дневных растений огурца, % к водному контролю

Ионы ТМ	Концентрации ионов		
	10 мкМ	0,1 мМ	1 мМ
Ni^{2+}	166,4	124,1	86,7
Zn^{2+}	177,7	184,6	222,7
Cu^{2+}	244,8	192,3	138,1
Pb^{2+}	119,8	110,8	105,6

При изучении влияния ионов ТМ на активность каталазы в каллусах огурца было установлено, что чаще наблюдалось негативное действие ТМ (резкое снижение активности фермента) (таблица 2). Повышенная относительно водного контроля активность каталазы отмечена для ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} в самой высокой концентрации (1 мМ). Действие ионов цинка привело к значительному снижению активности каталазы относительно контроля, причем с возрастанием дозы Zn^{2+} в среде активность фермента снижалась. По-видимому, в каллусной культуре *in vitro* огурца изменения активности каталазы свидетельствуют о токсичном влиянии высоких концентраций ионов меди, свинца и особенно никеля, вызывающих усиление генерации H_2O_2 . Из полученных данных видно, что активность каталазы, как одного из основных антиоксидантных ферментов, изменялась в каллусах огурца, выращенных на средах с добавлением ТМ, нелинейно, и в большинстве вариантов была ниже водного контроля.

Таблица 2

Влияние различных концентраций ионов ТМ на активность каталазы в 4-недельных каллусах огурца, % к водному контролю

Ионы ТМ	Концентрации ионов		
	10 мкМ	0,1 мМ	1 мМ
Ni^{2+}	115,1	82,1	418,4
Zn^{2+}	49,6	25,2	18,5
Cu^{2+}	76,0	80,3	173,2
Pb^{2+}	69,4	63,6	105,2

Активность каталазы в растениях редиса, выращенных на растворах ТМ, изменялась (таблица 3). При действии ионов Cu^{2+} выявлено, что активность возрастала с повышением концентрации металла. Также повышение активности отмечено при влиянии ионов Zn^{2+} – максимальное повышение активности отмечено при максимальной дозе металла в среде. В то же время в присутствии ионов Ni^{2+} активность каталазы была максимальной в концентрации 10 мкМ, тогда как при концентрации 1 мМ отмечено значительное снижение этого показателя. При действии ионов Pb^{2+} наблюдали сходный эффект – минимальное значение показателя отмечено при максимальной дозе металла в среде. Таким образом, по степени воздействия на активность каталазы у растений редиса изученные металлы располагались в следующем ряду: $Cu^{2+} > Pb^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+}$.

Таблица 3

Влияние различных концентраций ионов ТМ на активность каталазы в семядольных листьях 7-дневных растений редиса, % к водному контролю.

Ионы ТМ	Концентрации ионов		
	10 мкМ	0,1 мМ	1 мМ
Ni^{2+}	133,3	116,6	75,0
Zn^{2+}	119,0	109,5	138,0
Cu^{2+}	132,0	175,4	184,0
Pb^{2+}	123,5	164,7	94,0

Показатель активности каталазы в каллусах редиса достоверно повышался почти при всех использованных дозах ТМ (табл. 4). При действии ионов Cu^{2+} и Ni^{2+} максимальное значение активности наблюдали при минимальной дозе металла в среде. А на фоне ионов Zn^{2+} и Pb^{2+} максимальное увеличение активности выявлено при самой высокой концентрации металла в среде. Таким образом, по степени воздействия на активность каталазы у каллусов редиса изученные металлы располагались в следующем ряду: $\text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$.

Таблица 4

Влияние различных концентраций ионов ТМ на активность каталазы в 4-недельных каллусах редиса, % к водному контролю

Ионы ТМ	Концентрации ионов		
	10 мкМ	0,1 мМ	1 мМ
Ni^{2+}	130	110	80
Zn^{2+}	108	115	127
Cu^{2+}	170	113	156
Pb^{2+}	182	209	236

Из представленных данных можно видеть, что как эссенциальные (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+}), так и неэссенциальные (Pb^{2+}) ионы ТМ оказывали существенное влияние на активность каталазы, одного из основных антиоксидантных ферментов, в растениях и каллусных тканях огурца и редиса. При этом максимальный эффект ТМ оказывали либо в самых малых (10 мкМ), либо в высоких (1 мМ) концентрациях. Отмечено разнонаправленное действие ионов ТМ на активность фермента в растениях и каллусах изученных объектов, что необходимо учитывать при проведении мониторинга действия ТМ *in vivo* и *in vitro*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Phytoremediation of Potentially Toxic Elements: Role, Status and Concerns / Z. A. Wani, Z. Ahmad, M. Asgher, J. A. Bhat, M. Sharma, A. Kumar, V. Sharma, A. Kumar, S. Pant, A. S. Lukatkin, N.A. Anjum // Plants. 2023. Vol. 12. Art. 429.
2. Баишмаков Д. И., Лукаткин А. С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений. Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 2009. 236 с.
3. Heavy metal(loid)s in agricultural soil from main grain production regions of China: Bioaccessibility and health risks to humans / C.-C. Wang, Q.-C. Zhang, S.-G. Kang, M.-Y. Li, M.-Y. Zhang, W.-M. Xu, P. Xiang, L.Q. Ma // Sci.Total Env. 2023. Vol. 858. Art. 159819.
4. Лукаткин А. С., Дерябин А. Н. Цитология и клеточная инженерия: Учебное пособие. Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 1999. 200 с.
5. Heavy metal-induced oxidative damage, defense reactions and detoxifications mechanisms in plants / O. Sytar, A. Kumar, D. Latowski, P. Kuczynska, K. Strzalka, M. N. V. Prasad // Acta Phys. Plant. 2013. Vol. 35. P. 1011–1022.
6. Redox homeostasis managers in plants under environmental stresses / Eds. N. A. Khan, N. A. Anjum, A. Sofo, R. Kizek, M. Baier. Frontiers in Environmental Science, 2016. 210 p.
7. Веселов А. П., Чуманкина Е. А., Маркина И. В. Влияние экзогенного пероксида водорода на липопероксидацию и ферменты антиоксидантной защиты изолированных хлоропластов гороха // Физиология и биохимия культ. Раст. 1997. Т. 32, № 3. С. 164 – 167.
8. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 2002. 208 с.

Минирующие чешуекрылые-вредители *Hypericum perforatum* L. В Ульяновской области

Мищенко А. В., Артемьева Е. А.

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова», г. Ульяновск
a.misch@mail.ru

В работе описываются минирующие чешуекрылые из семейств Nepticulidae, Gracillariidae и Lyonetiidae Ульяновской области, являющиеся вредителями Зверобоя продырявленного.

Зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.) — травянистое многолетнее растение из семейства зверобойных (Hypericaceae) с цельными супротивными листьями. В Ульяновской области широко распространен по осветленным листовым и смешанным лесам, лесным полянам, опушкам, вырубкам и луговым степям, часто бывает обилён. Представляет ценность как пыльценос, нектарники отсутствуют [1]. Растение лекарственное, но для скота может быть опасным.

Нами была поставлена задача изучить комплекс чешуекрылых-минеров зверобоя, для чего были проведены обследования ценопопуляций этого вида в различных точках Ульяновской области. Потенциальными вредителями зверобоя являются минирующие чешуекрылые из семейств Nepticulidae, Gracillariidae и Lyonetiidae. На территории области были выявлены 4 вида минеров, личинки которых развиваются

в мезофиле листа *Hypericum perforatum*: *Ectoedemia septembrella* Stainton, 1849 (Nepticulidae), *Leucoptera lustratella* (Herrich-Schäffer, 1855) (Lyonetiidae), *Eupsilapteryx auroguttella* (Stephens, 1835) и *Calybites phasianipennella* (Hübner, 1813) (Gracillariidae). Обнаружение некоторых из них интересно в зоогеографическом аспекте, поскольку существенно расширяет наши знания об ареалах видов. Собранный материал хранится в коллекциях А.В. Мищенко (УлГПУ).

Семейство Nepticulidae.

J. Ectoedemia septembrella. Материал: выведено 10 бабочек из 24 мин, собранных в окрестностях биостанции УГПУ, 10 км СВ р.п. Старая Майна, 25.06.2022, в сосновом лесу. Образует характерные минирующие повреждения — сначала в виде змеевидного хода, расширяющегося затем в пятно (рис. 1). Гусеницы питаются 7–10 дней, после чего окукливаются непосредственно в минах. Куколки в белых коконах. Выход имаго происходит через 15–20 дней. Бабочки мелкие, 5–7 мм в размахе крыльев, окраска черная с металлическим блеском, на крыле характерное белое пятно, активны в вечернее время (рис. 2). Из 14 мин вывелись паразитические перепончатокрылые сем. Eulophidae. Вид существенно вредит – в пункте сбора до 90 % листьев пораженных растений содержат по 1–2 мины каждый. Очень локален, но в подходящих биотопах может встречаться массово.

Вид впервые отмечается для Ульяновской области и Поволжья в целом. Ранее был известен из Северо-Западной Европы, в России был впервые отмечен в Калужской области [2]. Данная находка существенно расширяет ареал вида на восток.



Рис. 1. Минирующие повреждения гусениц *Ectoedemia septembrella* на зверобое.

Семейство Lyonetiidae.

2. Leucoptera lustratella. Материал: 2 экз., северная часть Ульяновска, дендропарк, 01.06.2022, луговина вдоль тропы, выведены из мин на зверобое продырявленном; 2 мины на листе зверобоя на берегу р. Свяга, г. Ульяновск, 10.06.2022. Мины крупные, пятновидные, буро-коричневые, занимают до 80 % площади листовой пластинки. Редок и очень локален. Вид впервые отмечается для Ульяновской области. В России был впервые отмечен из Самарской области [3]. Данные находки существенно расширяют на восток ареал вида, ранее бывшего известным только из Европы. Кроме указанных выше 2 видов, впервые отмеченных для территории области, список видов, развивающихся в минах на зверобое, может быть пополнен также минирующими чешуекрылыми семейства Gracillariidae [4, 5].



Рис. 2. Имаго *Ectoedemia septembrella*.

Семейство Gracillariidae.

3. Eupsilapteryx auroguttella. Материал – 24 экз. Встречается по всей территории области, самый обычный вид грациллиариид. Материал имеется из следующих точек: Аксаково, Юлово, Суруловка, Барышская

Слобода, Средниково, Большой Кувай, Палатово. Развивается в двух поколениях с летом бабочек в апреле-июле. Монофаг на зверобое, развивается в пятновидных одиночных минах, слегка деформирующих лист.

4. *Calybites phasianipennella*. Материал — 13 экз.: окр. С. Лава Сурского р-на, сфагновое болото, на свет, 30.06.2022, 7 экз. Гусеница на разнообразных травянистых растениях, в том числе и на зверобое. Полифагичность и массовость вида делает его наиболее опасным вредителем.

Работа вносит вклад в познание фауны листовых минеров Ульяновской области. Результаты исследований о видовом составе и географическом распространении листовых минеров на территории региона являются новыми данными для всей европейской части России. Впервые изучены трофические связи минеров на территории области и указаны кормовые растения для каждого вида, дана оценка вредоносности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Благовещенский В. В. Медоносные растения Ульяновской области // Природа Ульяновской области. Вып.3. – Ульяновск: филиал МГУ, 1994. – 140 с.
2. Сачков С. А. Новый для фауны России и бывшего СССР вид молей-лионетид (Lepidoptera, Lyonetiidae) из Самарской области // Самарская Лука, бюллетень №5. – Самара, 1994. – С.198–199.
3. Шмытова И. В., Клепиков М. А. Новые находки молей-малюток (Lepidoptera, Nepticulidae) в Средней полосе европейской части России // XII Съезд Русского энтомологического общества. Санкт-Петербург, 14–24 августа 2002 г. Тезисы докладов. – СПб., 2002. – С. 383–384.
4. Мищенко А. В., Артемьева Е. А. 2015. К познанию трофических отношений некоторых групп минирующих насекомых Среднего и Нижнего Поволжья // Научные ведомости белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. №9 (206). Вып. 31. С. 51–58.
5. Ефремова З. А., Мищенко А. В. 2008. Комплекс паразитоидов (Hymenoptera: Eulophidae) липовой моли пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae) в Среднем Поволжье // Зоологический журнал. Т. 87. № 2. С.189–196.

Состав черноольховых лесов в заповеднике «Большая Кокшага»

Мубаракова Д. Р., студ. 4 курса

Науч. рук. – Рыжова Л. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
mubarakovadina@gmail.com

Черноольховые леса по данным разных авторов относят и к широколиственным, и к болотным формациям. Экологические особенности черноольховых лесов обусловлены избыточным проточным увлажнением, которое характерно для пойменных участков [1–2]. В Республике Марий Эл черноольховые леса встречаются преимущественно узкой полосой на глеево-полуболотных почвах, в основном по слабо заливаемым долинам лесных речек [3]. В заповеднике «Большая Кокшага» на долю черноольшаников приходится 6,1 % от площади, занятой лесами [4].

Цель данной работы – определение состава черноольховых лесов в заповеднике «Большая Кокшага» Республики Марий Эл.

Исследования проводились в июле 2022 г. в четырех черноольховых лесах заповедника «Большая Кокшага». В пределах пробных площадей проведено геоботаническое описание изученных сообществ.

Пробная площадь № 1 (ПП 1) – черноольшаник крапивно-таволговый, расположенный в центральной части поймы р. Большая Кокшага. В древесном ярусе преобладает ольха черная *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. В травянистом ярусе преобладает таволга вязолистная *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. (обилие 5), крапива двудомная *Urtica dioica* L. (обилие 3), осока пузырчатая *Carex vesicaria* L. (обилие 2), подмаренник топяной *Galium uliginosum* L. (обилие 2).

Пробная площадь № 2 (ПП 2) – черноольшаник кочедыжниково-таволговый, расположенный в пойме реки Ларь, близ его устья. В древесном ярусе преобладает ольха черная. В подлеске преобладают калина обыкновенная *Viburnum opulus* L. (обилие 2), смородина черная *Ribes nigrum* L. (обилие 2). В травяно-кустарничковом ярусе доминируют кочедыжник женский *Athyrium filix-femina* (L.) Roth. (обилие 3), белокрыльник болотный *Calla palustris* L. (обилие 2–3), таволга вязолистная (обилие 2).

Пробная площадь № 3 (ПП 3) – черноольшаник белокрыльничково-кочедыжниковый, расположенный в верхушке ручья Им-Энер. В древесном ярусе и подлеске преобладает ольха черная. В травянистом ярусе преобладают белокрыльник болотный (обилие 3–4), кочедыжник женский (обилие 3).

Пробная площадь № 4 (ПП 4) – черноольшаник крапивный, расположенный в пойме ручья Им-Энер, близ его устья. В древесном ярусе преобладает ольха черная. В подлеске – калина обыкновенная. В травяном покрове господствует крапива двудомная (обилие 5).

Наиболее богатыми в видовом отношении являются ПП 1, ПП 2 и ПП 3, здесь обнаружено 36, 30 и 32 вида соответственно. ПП 4 является самым бедным по видовому составу сообществом, здесь обнаружено всего лишь 14 видов.

По характеру обводненности и проточности почв [5] изученные черноольшаники относятся к сильно-обводненным типам экотопа, но различаются по степени проточности. Черноольшаник белокрыльничково-кочедыжниковый (ПП 3) – относится к среднепроточному типу, остальные черноольшаники – к сильно-проточному типу. Согласно эдафо-фитоценотической классификации [5] все черноольшаники относятся к влажнотравной группе ассоциаций.

Изучение состава черноольшаников включало анализ систематического, экологического, биоморфологического и эколого-ценотического состава. Биоморфологический состав включал анализ распределения растений по жизненным формам по классификации И. Г.Серебрякова [6] и К. Раункиера [7]. Эколого-морфологическая классификация И. Г.Серебрякова основана на различиях в длительности жизни растений и скелетных осей, их побеговых систем, структуре надземных и подземных органов. Биологическая классификация К. Раункиера основана на различии в положении почек возобновления или верхушек побегов относительно поверхности почвы в течение неблагоприятного для вегетации времени года [7]. Экологические группы определяли по отношению к водному режиму [8]. Эколого-ценотические группы определяли по базе эколого-ценотических групп, разработанной для умеренной лесной зоны Европейской России [9–10].

По классификации жизненных форм К. Раункиера почти во всех черноольшаниках преобладают гемикриптофиты, их доля составляет более 59 % (табл.1). В черноольшанике крапивном преобладающими группами являются фанерофиты и гемикриптофиты. Достаточно высока доля фанерофитов (20–30 %) в кочедыжниковых черноольшаниках (ПП 2 и ПП 3). В черноольшаных лесах Нижегородского Поволжья и на особо охраняемых территориях г. Москвы преобладающими группами также являются гемикриптофиты – 50–60 % [11–12].

Таблица 1

Распределение растений исследованных сообществ по жизненным формам К. Раункиера

Жизненная форма растений	Доля растений разных жизненных форм на пробных площадях, %			
	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Фанерофит	4,3	29,6	20,7	50,0
Хамефит	8,6	3,7		
Гемикриптофит	68,6	59,3	62,1	42,9
Криптофит (геофит)	14,3	7,4	13,8	
Терофит	4,3		3,4	7,1

Таблица 2

Распределение растений исследованных сообществ по жизненным формам И. Г. Серебрякова

Жизненная форма растений	Доля растений разных жизненных форм на пробных площадях, %			
	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Дерево		11,1	13,8	35,7
Кустарник		14,8	6,9	14,3
Полукустарник	2,8	3,7	3,4	
Длиннокорневищная	48,5	33,3	20,7	14,3
Короткорневищная	11,4		13,8	7,1
Стержнекорневая	11,4	7,4		
Кистекопневая	5,7	3,7	3,4	
Ползучая	2,8	7,4	20,7	14,3
Клубнеобразующая		3,7		
Суккулент	2,8			
Корнеотпрысковая			3,4	
Рыхлокустовая	2,8		3,4	7,1
Однолетняя	2,8		3,4	7,1
Полукустарничек	2,8	3,7		
Плотнокустовая	2,8	3,7		
Наземностолонная		3,7	3,4	
Подземностолонная			3,4	

По классификации И. Г. Серебрякова в пробных площадях ПП 1, ПП 2 и ПП 3 преобладают длиннокорневищные растения (более 14 %), лишь в ПП 4 – деревья, что составляет 35,7 %. Доля остальных жизненных форм растений не превышает более 7 % (табл.2). В черноольшаных лесах особо охраняемых

территорий г. Москвы преобладающими группами являются короткокорневищные и длиннокорневищные растения [12].

По отношению к увлажнению во всех черноольшаниках преобладают гигрофиты (табл. 3), их доля составляет более 50 %, что подчеркивает высокую влажность почвы и воздуха в этих типах леса. Также высока доля мезофитов – 23–50 %. Похожие результаты были получены для черноольховых лесов Нижегородского Поволжья [13]. Такое распределение по экологическим группам авторы объясняют мозаичным характером группирования растительности черноольховых сообществ, когда группировки мезофитных видов приурочены к ольховым кочкам, а гидрофитные концентрируются в межкочковых понижениях.

Таблица 3

Распределение растений исследованных сообществ по экологическим группам по отношению к водному режиму

Экологическая группа	Доля растений разных экологических групп на пробных площадях, %			
	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Мезофит	22,9	33,3	37,9	50,0
Мезогигрофит	5,7	3,7	3,4	
Гигрофит	65,7	55,5	55,2	50,0
Гидрофит	5,7	7,4	3,4	

По эколого-ценотической структуре в черноольшанике крапивно-таволговом преобладает водно-болотная группа (около 46 %). В других черноольшаниках преобладает нитрофильная группа, доля которой варьирует от 37 до 64 % (табл. 4). В черноольшанике белокрыльниково-кочедыжниковом преобладающей группой также является бореальная.

В черноольшаниках Нижегородского Поволжья наиболее многочисленными являются травянисто-болотная (около 20 %), таежная и луговая группы (около 12 %) [13].

Таблица 4

Распределение растений исследованных сообществ по эколого-ценотическим группам

Группа растений	Доля растений разных эколого-ценотических групп на пробных площадях, %			
	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Лугово-степная	5,7			
Нитрофильная	37,1	48,1	58,6	64,3
Неморальная	2,9		6,9	7,1
Боровая	2,9			
Бореальная		14,8	24,1	14,3
Водно-болотная	45,7	29,6	10,3	14,3
Рудеральная				
Олиготрофная	2,9	7,4		
Высокотравная	2,9			

Таким образом, биоморфологический, экологический и эколого-ценотический состав черноольшаников является достаточно разнообразным в зависимости от их местоположения и окружающих растительных сообществ. Количественное преобладание гемикриптофитов над другими биологическими типами подчеркивает принадлежность ценофлоры черноольховых лесов к флоре умеренной климатической зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василевич В. И. Видовое разнообразие сообществ черноольховых лесов Северо-Запада Европейской России // Бот. Журн. 2017. Т. 102. № 7. С. 889–900.
2. Катунцова В. В., Воротников В. П., Чкалов А. В. Сравнительный анализ ценофлоры черноольховых лесов Нижегородского Поволжья // Труды Гос. природного биосферного заповедника «Жергенский». Т. 8. Нижний Новгород, 2016. С.96–114.
3. Данилов М. Д. Растительность Марийской АССР. Йошкар-Ола: Мар. Кн. Изд-во, 1956. 148 с.
4. Демаков Ю.П. Структура земель и лесов заповедника // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Вып. 2. Йошкар-Ола: Марийский гос. техн. Ун-т, 2007. С. 9–49.
5. Катунцова В. В. Эколого-ценотическая структура черноольховых лесов Нижегородского Поволжья: Автореф. Дисс. ... канд. Биол. Наук. М., 2007.
6. Серебряков И. Г. Полевая геоботаника. М.-Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 164–205.
7. Полевой экологический практикум. Учеб. Пособие. Ч. 1. / Мар. Гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2000. 112 с.
8. Горышина Т. К. Экология растений. М.: Высш. Школа, 1979. 368с.
9. Расширенная система эколого-ценотических групп видов сосудистых растений для бореальной, гемибореальной и умеренной лесных зон Европейской России (2008). URL: <http://www.impb.ru/index.php?id=div/lce/ecg>.

10. Смирнов В. Э., Ханина Л. Г., Бобровский М. В. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2006. Т. 111. Вып. 2. С. 36–47.

11. Катунова В. В. Эколого-ценотическая структура черноольховых лесов Нижегородского Поволжья: Автореф. Дисс. ... канд. Биол. Наук. М., 2007.

12. Хонинова Э. В., Карпухина Е. А. Черноольховые леса на особо охраняемых территориях г. Москвы // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. №1. С. 35–39.

13. Катунова В. В., Воронников В. П. Эколого-флористический анализ черноольховых лесов Нижегородского Поволжья // Бюллетень Ботанического сада СГУ. Вып. 5. Материалы Всероссийской научной конференции «Ботанические исследования в Поволжье и на Урале», посв. 50-летию Ботанического сада СГУ им. Н.Г. Чернышевского. Саратов, 2006. С. 15–18.

Cortinarius violaceus (L.) Gray в Национальном парке «Марий Чодра»

Нагуманов Ш. З.

Национальный парк «Марий Чодра», п. Красногорский
nagumanov2017@yandex.ru; info@mariy-chodra.ru

Национальный парк «Марий Чодра» старейший парк Российской Федерации, находящийся в Республике Марий Эл в Среднем Поволжье в зоне хвойно-широколиственных лесов. Изучением макромицетов на территории национального парка «Марий Чодра» мы начали с 1992 года [1] и продолжаем в настоящее время.

Первые находки плодовых тел *Cortinarius violaceus* (L.) Gray – Паутинника фиолетового, были обнаружены нами в первый год исследований в виде единичных находок в сосняке – березовом зеленомошном в междуречье рек Илеть и Юшут.

Cortinarius violaceus (L.) Gray – Паутинник фиолетовый редкий вид семейства Паутинниковых, образующий микоризу с березой и осиной, встречающийся в национальном парке «Марий Чодра» в смешанных лесах с участием березы и осины.

Единичные находки встреч плодовых тел Паутинника фиолетового мы наблюдали каждый год, за исключением 2010 г., когда год был сухой и жаркий, период без дождей продолжался практически все лето и данный вид нами не наблюдался. Согласно данным таблицы, массовое плодоношение *Cortinarius violaceus* (L.) Gray нами отмечались каждые четыре года. Это так называемые волны плодоношения. Наибольшее количество плодовых тел встречались в 2017 году в сосняке-березовом зеленомошном – восемь плодовых тел., наименьшее количество плодовых тел обнаружено в 2012 году в березняке осиново-зеленомошно-разнотравном и березняке с сосной зеленомошно-бруснично-разнотравном по четыре плодовых тела.

Таблица 1

Массовое плодоношение *Cortinarius violaceus* (L.) Gray
в различных лесных фитоценозах национального парка «Марий Чодра»

Фитоценозы (количество плодовых тел)	Годы плодоношения					
	1996	2001	2008	2012	2017	2021
Сосняк-березовый зеленомошный	6	7	5	7	8	7
Березняк осиново-зеленомошно-разнотравный	4	7	6	4	6	5
Березняк с сосной зеленомошно-бруснично-разнотравный	6	4	5	6	7	5

Cortinarius violaceus (L.) Gray – Паутинник фиолетовый, редкий вид для национального парка «Марий Чодра», занесен в Красную книгу РФ [2] и Республики Марий Эл [3]. Данный вид обнаружен в соседних с Марий Эл регионах и включен в Красную книгу Республики Татарстан [4] и Республики Чувашии [5]. Для сохранения мест обитаний данного вида на территории национального парка «Марий Чодра» необходимо ограничить места произрастания *Cortinarius violaceus* (L.) Gray от посещения туристами и любителями тихой охоты, хотя это непростая задача так как парк популярное место отдыха и сбора грибов местными жителями, а также туристов из г. Казани, г. Чебоксар и г. Йошкар-Олы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нагуманов Ш. З. Список макромицетов НП «Марий Чодра» / Научные исследования в Национальном парке «Марий Чодра». Вып. 1. – Йошкар-Ола.-Мар. Гос. ун-т, 2005. С. 60–78.

2. Красная книга Российской Федерации: Растения и Грибы.-Москва: Министерство природных ресурсов и экологии РФ и Росприроднадзор, 2008-856 с.

3. Красная книга Республики Марий Эл. Том «Растения. Грибы» / сост. Г. А. Богданов, Н. В. Абрамов, Г. П. Урбанавичюс, Л. Г. Богданова. — Йошкар-Ола: МарГУ, 2013.-324 с.
4. Красная книга Республики Татарстан: животные, растения, грибы = Татарстан Республикасы Кызыл китабы : хайваннар, үсемлекләр, гөмбәләр / гл. ред. А. А. Назиров. — Изд. 3-е. — Казань : Идел-Пресс, 2016. — 760 с
5. Красная книга Чувашской Республики. Том 1. Часть 2. Редкие и исчезающие виды животных / Гл. ред. И. В. Исаев, автор-составитель и зам. Гл. редактора А. В. Димитриев. — Чебоксары: ГУП «ИПК «Чувашия», 2010.

Таксономический состав фауны филофагов в насаждениях урбанизированных территорий Волгоградской области

Нгуен М. Т., Иванцова Е. А.

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград
ivantsova.volgu@mail.ru

Обустроенные территории в условиях урбанизации постоянно подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных факторов, в числе которых промышленные выбросы, выхлопы автотранспорта, рекреационное воздействие и пр. Действие этих факторов среды вызывает ослабление древесных видов [1–6].

Озеленение территории Волгограда, расположенного на границе сухой степи и полупустыни, довольно однообразно; представлено преимущественно скверами, внутриквартальными и рядовыми посадками вдоль проезжих дорог. В большинстве районов практически отсутствуют парки, бульвары. По периметру города расположены пригородные насаждения, к которым примыкают системы защитных лесных полос разного хозяйственного значения (полезащитные, противоэрозионные, водоохранные и др.). В зеленых насаждениях урбанизированной территории наиболее широко распространены Вяз (род *Ulmus*), Тополь (род *Populus*), Робиния (род *Robinia*) и Сосна (род *Pinus*). В настоящее время возраст большинства деревьев в разных посадках превышает 50–60 лет. Более 60 % деревьев в посадках сильно ослаблены [1].

В задачи наших исследований входило изучение состава и структуры филофагов основных древесных пород в насаждениях города. Сбор и учет насекомых осуществлялся в процессе проведения постоянных и рекогносцировочных обследований посадок. Постоянные наблюдения выполнялись на пробных площадках в насаждениях мемориального комплекса Мамаев курган, парка им. Ю. А. Гагарина, скверов на набережной им. 62-й Армии, им. В. И. Глазкова близ главного корпуса Волгоградского государственного университета, посадках по улице 64-й Армии. Регулярные рекогносцировочные обследования выполнялись на пробных площадках, расположенных по всей длине города Волгограда. Работы осуществлялись в следующих насаждениях: площадь перед ГБУК ВГТ «Царицынская опера»; парки – ЦПКО, 70-летия Победы, Лесогор; бульвар им. Энгельса. Разовые обследования проводились в скверах и насаждениях 2-й Продольной магистрали, во внутриквартальных посадках Центрального, Советского и Кировского районов города, а также в посадках мемориального комплекса Лысая Гора, микрорайона Горная Поляна и насаждениях Зеленого Кольца.

Оценка состояния деревьев на пробных площадках проводилась с использованием общепринятых методов и в соответствии с действующими руководствами по лесопатологическому обследованию насаждений и лесопатологическому мониторингу федерального и регионального уровней. Сбор насекомых проводили методом энтомологического кошения дополняемого осмотром листвы, анализом повреждений и ручным сбором [7].

Результаты анализа собранного нами полевого материала в период 2019–2022 гг. и имеющиеся литературные данные позволили определить таксономическое разнообразие и распространенность филофагов основных древесных пород в насаждениях урбанизированной территории Волгограда.

В результате проведенных многолетних исследований установлено, что на обследованных древесных растениях обитают 108 видов филофагов. Наиболее богат в видовом отношении класс Insecta, представленный 102 видами насекомых, относящихся к 83 родам, 29 семействам и 7 отрядам. Фаунистический состав представителей класса Arachnida чрезвычайно беден – 6 видов из 3 родов семейства Eriophyidae отряда Acariformes. Видовое разнообразие отдельных групп насекомых и клещей сильно варьирует (табл. 1).

Основу таксономического состава населения филофагов формирует отряд чешуекрылых Lepidoptera, представленный 43 видами, относящимися к 35 родам и 14 семействам. На долю данного отряда приходится 38,9 % от общего видового многообразия филофагов. Основное разнообразие отряда Lepidoptera составляют насекомые из следующих семейств Gracillariidae (6 видов, 5,6 %), Geometridae (6 видов, 5,6 %), Tortricidae (5 видов, 4,6 %), Lymantriidae (5 видов, 4,6 %).

Обычными обитателями основных древесных пород в озеленительных насаждениях Волгограда являются следующие виды чешуекрылых: моль пестрянки вязаolistная *Phyllonorycter ulmifoliella* (Hübner,

1817), пестрая вязовая пяденица *Abraxas (Calospilos) sylvata* (Scopoli, 1763), вязовая плоская листовертка *Acleris boscanoides* (Razowski, 1959); осиновая узорчатая моль *Phyllocnistis unipunctella* (Stephens, 1834), тополевая нижнесторонняя моль *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833), тополевая листовертка *Gypsonoma minutana* (Hubner, 1799), ивовая волнянка *Leucoma salicis* (Linnaeus, 1758), моль белоакациевая минирующая односторонняя *Phyllonorycter robiniella* (Clemens, 1859), моль-пестрянка белоакациевая *Parctopa robiniella* (Clemens, 1863), *Lobesia reliquana* (Hübner, 1825); сосновая пяденица *Bupalus piniaria* (Linnaeus, 1758).

Значительная часть видового состава фауны приходится на долю отряда полужесткокрылые Hemiptera, включающего 19 видов (17,6 %). Особенностью данного отряда является, в отличие от других таксономических групп, большое видовое обилие представителей семейства Aphididae – 16 видов.

Характерными для населения древесных растений, произрастающих в насаждениях Волгограда и на прилегающих территориях, являются тли – спиральная тополевая *Pemphigus (Pemphigus) spyrothecae* (Passerini, 1860), карагановая (акациевая) большая *Acyrtosiphon caraganae* (Cholodkovsky, 1907), вязовая бледная *Kaltenbachiella pallida* (Haliday, 1838), вязовая *Tinocallis (Eotinocallis) platani* (Kaltenbach, 1843), *Thecabius (Parathecabius) lysimachiae* (Börner, 1916) и листовой пемфиг *Pemphigus (Pemphiginus) populi* (Courchet, 1879).

Несколько ниже разнообразие отрядов перепончатокрылые Hymenoptera (13 видов, 12,0 %), видовое обилие семейств которого ограничено 1–5 видами, и жесткокрылые Coleoptera (12 видов, 11,1 %), число видов данного отряда в отдельных семействах колеблется от 1 до 7.

Таблица 1

Таксономическая структура населения членистоногих

Класс, отряд	Семейство	Число	
		родов	видов
Класс Insecta			
Homoptera	Cicadellidae	4	5
Hemiptera	Coccidae	1	1
	Psyllidae	1	2
	Aphididae	10	16
Coleoptera	Chrysomelidae	7	7
	Attelabidae	1	1
	Rhynchitidae	1	2
	Curculionidae	2	2
Hymenoptera	Argidae	1	1
	Diprionidae	3	3
	Tenthredinidae	5	5
	Pamphiliidae	2	3
	Megachilidae	1	1
Lepidoptera	Nepticulidae	1	4
	Gracillariidae	2	6
	Pyralidae	1	1
	Lycaenidae	1	1
	Tortricidae	4	5
	Coleophoridae	1	1
	Nymphalidae	1	1
	Geometridae	6	6
	Lasiocampidae	3	3
	Lymantriidae	4	5
	Noctuidae	4	4
	Sphingidae	2	2
	Notodontidae	3	3
	Arctiidae	1	1
Diptera	Cecidomyiidae	6	8
	Agromyzidae	2	2
Класс Arachnida			
Acariformes	Eriophyidae	3	6
Всего		83	108

В числе представителей перепончатокрылых: вязовый минирующий пилильщик *Fenusa ulmi* (Sundevall, 1844), *Fenus ellanana* (Klug, 1816), *Cladius (Trichiocampus) ulmi* (Linnaeus, 1758); тополевый точечный пилильщик *Pristiphora (Pristiphora) bбpecioceбб* (Dahlbom, 1835); белоакациевый пилильщик *Nematus (Pteronidea) tibialis* (Newman, 1837); *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785), *Acantholyda erythrocephala* (Linnaeus, 1758) и пр.

Характерными представителями жесткокрылых в насаждениях являются: ильмовый листоед *Xanthogaleruca luteola* (Muller 1776), *Cryptocephalus (Burlinius) chrysopus* (Gmelin, 1790); тополевый скрытоголов *Cryptocephalus (Burlinius) populi* (Suffrian, 1848), листоед тополевый *Chrysomela (Chrysomela) populi* (Linnaeus, 1758); минирующий желтошейный листоед *Zeugophora flavicollis* (Marsham, 1802).

Отряд двукрылые Diptera представлен 10 видами (9,3 %), большая часть которых относится к семейству Cecidomyiidae (8 видов, 7,4 %). К числу характерных представителей отряда двукрылые относятся: вязовая галлица *Janetiellan ervicola* (Kieffer, 1909); осиновая тонкостенная галлица *Harmandia populi* (Rübsaamen, 1917); белоакциевая листовая галлица *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman, 1847).

Среди насекомых низким видовым обилием отличается отряд равнокрылые Homoptera (5 видов), на долю которого приходится 4,6 % от общего числа зарегистрированных видов. Среди них обычными филлофагами для обследованных растений являются цикадки зеленая *Cicadella viridis* (Linnaeus, 1758) и ильмовая *Tiphlocyba ulmi* (Linnaeus, 1758).

Фаунистический состав отряда акариформные клещи Acariformes (класса паукообразные Arachnida) также отличается чрезвычайной бедностью – 6 видов (5,6 %) из семейства Eriophyidae. Наиболее распространенным среди них является вязовый бородавчатый клещик *Eriophyes ulmicola* (Nalepa, 1898).

По итогам выполненных исследований в составе рассматриваемого фаунистического сообщества членистоногих-филлофагов основных древесных пород на территории Волгограда отмечены семь инвазивных видов насекомых из 4 отрядов и 6 семейств:

– отряд Lepidoptera, семейство Gracillariidae (моли-пестрянки): белоакциевая моль-пестрянка *Parectopa robiniella* Clemens, 1863 и моль-пестрянка белоакциевая минирующая нижнесторонняя *Phyllonorycter robiniella* (Clemens, 1859);

– отряд Coleoptera, семейство Chrysomelidae (листоеды): ильмовый листоед *Xanthogaleruca luteola* (Muller 1776), семейство Curculionidae (долгоносики или слоники): *Orchestes steppensis* (Korotyaev, 2016);

– отряд Hymenoptera, семейство Argidae (пилильщики-аргиды): ильмовый пилильщик-зигзаг *Aproceros leucopoda* (Takeuchi, 1939), семейство Tenthredinidae (настоящие пилильщики): белоакциевый пилильщик *Nematus tibialis* (Newman, 1837);

– отряд Diptera, семейство Cecidomyiidae (галлицы): белоакциевая листовая галлица *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman, 1847).

ЛИТЕРАТУРА

1. Белицкая М. Н., Грибуст И. Р., Нефедьева Е. Э. Оценка воздействия экологических факторов на биоразнообразие насекомых и жизнеспособность защитных лесонасаждений // Вестник НГАУ, 2017. №2(43). С. 41–51.
2. Иванцова Е. А. Агроэкологическое значение защитных лесных насаждений в Нижнем Поволжье // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2014. № 4(10). С. 40–47.
3. Овсянкин Р. В., Иванцова Е. А. Воздействие антропогенной нагрузки на насаждения в функциональных зонах урбанизированной среды г. Волгограда // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика. Материалы всероссийской научно-практической конференции. Волгоград, 2015. С. 350–356.
4. Овсянкин Р. В., Иванцова Е. А. Компьютерное картографирование сохранности зеленых насаждений в городских ландшафтах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2(42). С. 134–140.
5. Овсянкин Р. В., Иванцова Е. А. Состояние зеленых насаждений в промышленной зоне г. Волгограда // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2(42). С. 119–127.
6. Пономарев В. И., Клобуков Г. И. Влияние урбанизированной среды на динамику плотности лесных насекомых-филлофагов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2013. № 205. С. 42–53.
7. Наставление по организации лесопатологического мониторинга в лесах России / ВНИИЛМ, 2001. 86 с.

Местонахождение кряквы в городе Йошкар-Ола

Неклюдова В. Д., студ. 4 курса

Науч. рук. — Забиякин В. А., д-р сельск.-хоз. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
neklyudovskaya_21@gmail.ru

В республике Марий Эл обитают более двухсот восьмидесяти разновидностей птиц, большинство видов относятся к таким отрядам как воробьинообразные (Passeriformes), голубиные (Columbidae) и гусеобразные (Anseriformes).

В последнее время одной из самых часто встречаемых в городской черте синантропных птиц является кряква (*Anas platyrhynchos* Linnaeus, 1758), птицы из семейства утиных (Anatidae) отряда гусеобразных

(Anseriformes). Кряквa на сегодняшний день составляет самую известную и многочисленную популяцию уток на планете. Ее можно увидеть практически в любом водоеме. Это вид водоплавающих птиц среднего размера с четко выраженным половым диморфизмом: голова и шея самца зеленые, зоб и грудь коричнево-бурые, спина и брюшная сторона тела серого цвета с тонкими поперечными пятнышками. Окраска самки бурая с более темными пятнышками, брюшная сторона буровато-серая с продольными пестринами. В последние годы многие кряквы зимуют на незамерзающих водоемах в крупных городах и их окрестностях. Данный вид обычен в средней лесной зоне и лесостепи, становится редкой у северных границ древесной растительности, в горах и в большинстве пустынь. Держится в одиночку, парами и стаями на воде или у воды. Откладка яиц в Поволжском Федеральном округе у крякв в зависимости от ареала начинается в начале апреля — мае [1]. Сроки начала откладки яиц у крякв на севере и юге ареала различаются значительно меньше, чем сроки прилета птиц в эти же районы. В первом периоде насиживания самка сходит с гнезда для кормежки и отдыха утром и вечером, но к концу насиживания покидает гнездо неохотно даже в случае опасности, подпускает человека вплотную и вылетает из-под самых ног, при птенцах интенсивно «отводит». По некоторым наблюдениям, у насиживающей самки прекращается выделение секрета копчиковой железы. Это имеет большое значение для сохранности кладки, так как от постоянного соприкосновения с обильно смазанным жиром пером поры скорлупы могут закупориться и газообмен яйца будет нарушен. К тому же секрет железы обладает сильным запахом, который может привлечь хищников. Большое число кладок кряквы погибает в результате разорения гнезд хищниками [2].

Целью работы являлось изучение численности, расположения и мест зимовок кряквы на территории города Йошкар-Ола. Задачами — определение дислокации, количественного состава зимующих крякв на территории города Йошкар-Ола. Изучение особенностей зимнего пребывания уток и факторов, его определяющих.

В ходе исследования использовали метод трансектного учета. Данный метод основан на неявном предположении, что все представляющие интерес объекты обнаружены в пределах заранее определенной полосы с каждой стороны линии разреза или на фиксированном расстоянии от точки наблюдения. Для этого были определены несколько точек с местами наибольшего скопления птиц. Ими оказались: озеро в поселке Медведево, платина на реке Малая Кокшага, Набережная Брюгге. Полевые материалы собраны в период с 2022 по 2023 год. Для получения данных о численности крякв использовался маршрутный метод. Преимуществами данного метода является широкий охват территории, сезонная и биотопическая универсальность. Метод маршрутного учета птиц по средним дальностям обнаружения дает возможность провести учет всех пернатых на маршруте одновременно и получить общие и сравнимые данные о численности всех представителей орнитофауны изучаемого биотопа, района, административной области и т. Д. [3].

Как показали наши исследования местами дислокации кряквы были озеро в поселке Медведево, платина на реке Малая Кокшага, Набережная Брюгге.

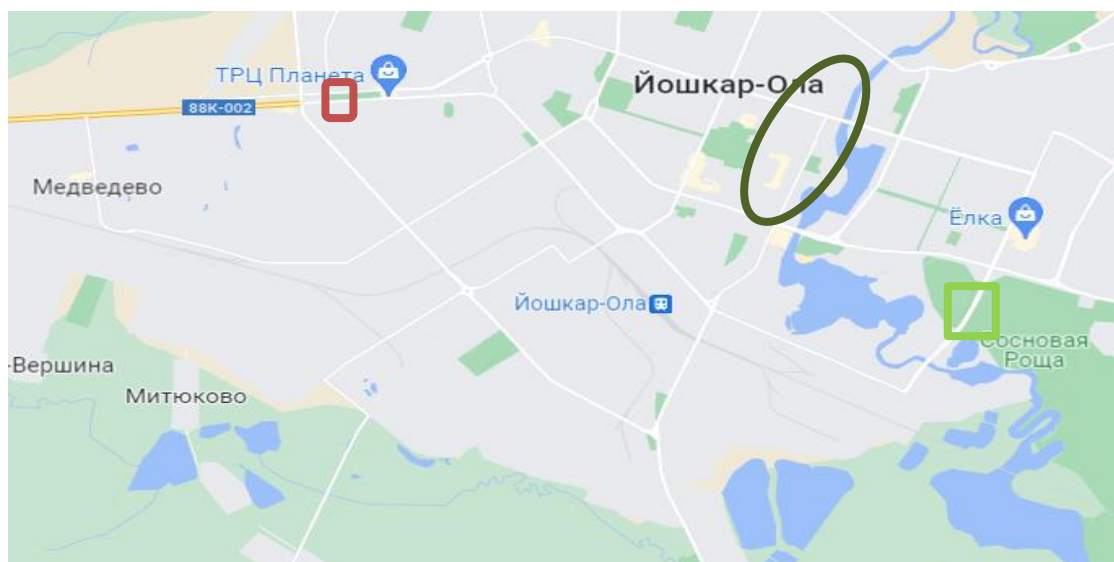


Рис. 1. Карта точек наблюдения за кряквой: 1 – озеро в поселке Медведево; 2 – маршрут по Набережной; 3 – плотина на реке Малая Кокшага.

Результаты проведенных исследований по определению численности кряквы по сезонам в городе Йошкар-Ола представлены в таблице 1.

Таблица 1

Численность кряквы в точках наблюдения

Дата	Озеро в поселке Медведево (соотношение полов)	Набережная (соотношение полов)	Плотина на реке Малая Кокшага (соотношение полов)
18.09.22	114 особей; 39 самцов, 75 самок	41 особи; 19 самцов, 22 самки	76 особей; 28 самцов, 48 самок
30.10.22	114 особей; 39 самцов, 75 самок	33 особи; 15 самцов, 18 самок	90 особей; 36 самцов, 54 самки
5.11.22	102 особи; 32 самца, 70 самок	29 особей; 12 самцов, 17 самок	94 особи; 39 самцов, 55 самки
10.11.22	98 особей; 31 самец, 67 самок	25 особей; 10 самцов, 15 самок	97 особей; 45 самцов, 52 самки
13.11.22	87 особей; 26 самцов, 61 самка	23 особи; 9 самцов, 14 самок	97 особей; 45 самцов, 52 самки
11.12.22	–	–	134 особи; 56 самцов, 78 самок
17.01.23	–	–	129 особей; 52 самца, 77 самок
15.02.23	–	–	125 особей; 50 самцов, 75 самок
5.04.23	–	2 особи; 1 самец, 1 самка	122 особи; 43 самца, 79 самок
9.04.23	4 особи; 2 самца, 2 самки	2 особи; 1 самец, 1 самка	118 особей; 41 самец, 77 самок
13.04.23	7 особей; 3 самца, 4 самки	8 особей; 4 самца, 4 самки	118 особей; 41 самец, 77 самок
19.04.23	20 особей; 9 самцов, 11 самок	15 особей; 6 самок, 9 самцов	118 особей; 41 самец, 77 самок
23.04.23	24 особи; 12 самцов, 12 самок	16 особей; 6 самок; 9 самцов, 1 утенок	110 особей; 36 самцов, 74 самки

Обнаружено, что зимой кряква перелетает на плотину реки Малая Кокшага, так как остальные водоемы замерзают. Именно поэтому в зимний период на плотине располагается самое большое количество особей. На озере в поселке Медведево больше особей кряквы чем на Набережной Брюгге, так как жители поселка постоянно подкармливают крякву, к чему птицы привыкли. На Набережной Брюгге особей меньше всего, так как люди практически их не подкармливают, также птицы боятся городского шума и большого количества катамаранов. Несмотря на то, что птицы охотно берут еду с рук человека, хлеб пагубно, а иногда даже летально, влияет на жизнедеятельность кряквы.



Рис.2. Кряква на плотине Малая Кокшага (11.12.22)

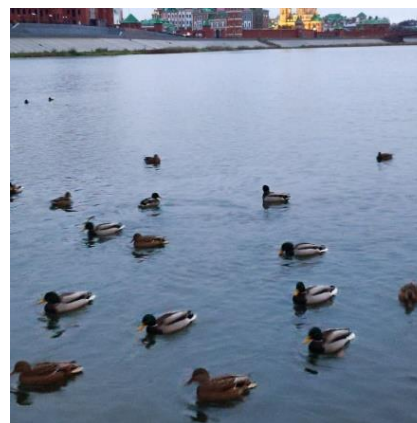


Рис.3. Кряква на Набережной (30.10.22)

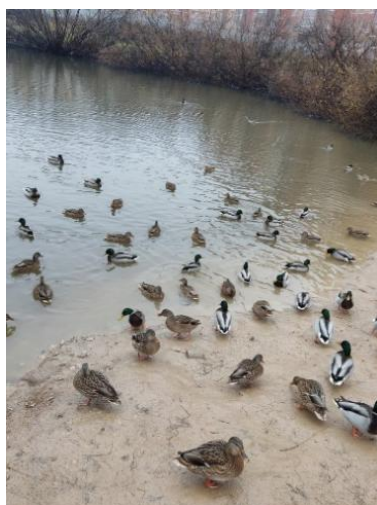


Рис.4. Кряква на озере в поселке Медведево (10.11.22)

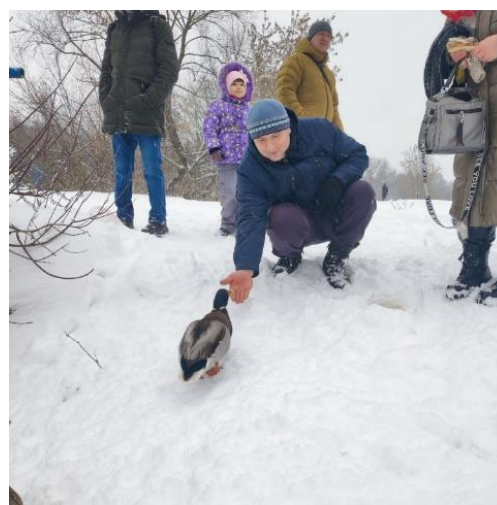


Рис.5. Кряква берет с руки человека еду

По результатам проделанной работы, выяснилось, что в городе преобладает кряква обыкновенная. По отношению к другим птицам кряква является доминирующим видом. Других видов за 2022–2023 г. не обнаружено.

Я сделала выводы, что к приближению зимы, особей становится меньше, птицы перелетают на незамерзающие водоемы. Всю зиму в Йошкар-Оле кряква проводит на плотине реки Малая Кокшага.

Поведенческие особенности: нами было обнаружено, что вследствие подкармливания кряквы людьми, птиц становится все больше. За еду, брошенную человеком в воду, птицы соперничают, кусая друг друга за хвостики, дерутся крыльями. Так же птицы совсем не боятся людей, ловят еду клювом в воздухе, некоторые берут еду из человеческих рук (рис. 5).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Форшева А. А.* Зимовка утиных на водоемах г. Нижний Тагил.
2. *Боголюбский С. И.* Кряква. – М., 2018. – 182 С.
3. *Боголюбов А. С.* Изучение численности птиц различными методами. «Экосистема», 2002.
4. *Рахимов И. И.* Авифауна Среднего Поволжья в условиях антропогенной трансформации естественных природных ландшафтов / И. И. Рахимов. – Казань: Новое знание, 2002. – 272 с.
5. *Флинт В. Е., Мосалов А. А., Лебедева Е. А., Букреев С. А., Галушин В. М., Зубакин В. А., Мищенко А. Л., Свиридова Т. В., Томкович П. С., Харитонов Н. П., Шитиков Д. А.* «Птицы Европейской России. Полевой определитель» 38 с.

К вопросу о показателях видового богатства фитобиоты водных объектов и ландшафтов их долин применительно к методологии изучения островных экосистем (на примере Нижегородской области)

Панкратов А. А., аспирант

Науч. рук. – Чкалов А. В., канд. биол. наук, доц.

**Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород
aleha.pankratov.1998@mail.ru**

Островные экосистемы, по меньшей мере, со времен Ч. Дарвина, являются продуктивными моделями для изучения закономерностей формирования биологического разнообразия и его эволюции. Специфика островных экосистем – их пространственная обособленность (определенность размерных характеристик) и, в то же время, постоянные условия, приводящие к возникновению участков с ослабленной конкуренцией, создающие условия для растительных инвазий, – делает эти объекты уникальными с точки зрения изучения закономерностей формирования фитобиоты. Среди факторов, определяющих ее динамику, на первом плане – эндогенные изменения ландшафтных характеристик этих объектов, а также длительность процесса формирования фитобиоты в конкретной островной экосистеме, т.е. временной фактор. С учетом высокой интенсивности процессов антропогенной трансформации флоры, создающиеся в островных экосистемах уникальные условия для расселения чужеземных видов, позволяют рассматривать их, в том числе, как модель для изучения закономерностей растительных инвазий.

Островные системы, в силу многообразия действующих факторов, могут совмещать в себе особенности водных, прибрежно-водных и наземных экосистем, причем пространственная неоднородность еще осложняется межгодовой ландшафтной динамикой. Для оценки количественных показателей динамики видового богатства фитобиоты и его структуры может быть использован принцип потенциального разнообразия фитобиоты. Для его оценки нами использованы данные о флоре Нижегородской области, имеющиеся в литературе, а также собственные наблюдения.

Первые систематические ботанические исследования в регионе были осуществлены ботаником В. И. Раевским [1], чья книга «Растения Нижегородской губернии», послужила основой для будущих исследователей флоры региона. Затем, в конце 80-х годов XIX столетия, экспедиция, возглавляемая В. В. Докучаевым, проводила опись видов растений, в том числе, в водоемах [2]. В начале XX века такие исследователи как Б. П. Кащенко, А. В. Флеров, Б. А. Федченко занимались описанием растительных сообществ сплавин, выявляли редкие и реликтовые виды растений (*Trapa natans* L., *Salvinia natans* L.) [2, 3]. Следующим, наиболее активным этапом по изучению растительных сообществ области, можно считать Нижегородскую Геоботаническую экспедицию (1925–1928 гг.) [3]. В следующие десятилетия можно выделить ряд ученых, способствовавших изучению прибрежной и прибрежно-водной растительности. Д. С. Аверкиев создал «Определитель растений Горьковской области» [4]. Впоследствии он был дополнен и переиздан в 1985 г. [5]. Дальнейшее развитие науки способствовало дифференциации исследовательского процесса и изучение прибрежно-водной и водной растительности стало более узконаправленным, а не

только в рамках общего описания флоры. Работы А. Д. Смирновой затрагивали описание растительных сообществ болот и, в том числе, распространение редких видов. Работы И. Г. Никитиной и Е. В. Лукиной были уже целенаправленно посвящены исследованию водной и прибрежно-водной растительности. Обобщением их трудов являются «Охрана озер и водной растительности Горьковской области» [6], «Охраняемые растения Горьковской области» [7], «Природа Горьковской области» [8]. Подробное описание водных и прибрежно-водных растительных сообществ приводилось в монографиях «Природа Горьковской области» [8] и «Озера Нижегородской области» [3]. Особое место в изучении водной флоры региона занимают труды В. Г. Папченкова с соавторами, в частности, «Флора водоемов Волжского бассейна» [9] и ее более позднее, дополненное, издание [10]. Среди современных исследователей можно отметить Е. А. Белякова, исследовавшего с коллегами водную флору отдельных ООПТ [11–14], О. В. Бирюкову, уделяющей пристальное внимание изучению флоры региона [13–15]. Многолетние труды И. Л. Мининзона [2] внесли значительный вклад в изучение водной и прибрежно-водной флоры, как на территории г. Нижнего Новгорода, так и Нижегородской области в целом. Совокупные данные этих исследователей нашли отражение в обобщающих сводках по флоре Средней России [16].

По результатам анализа вышеупомянутой литературы установлено, что в экосистемах, приуроченных к водоемам и ландшафтам их долин, потенциальная флора в Нижегородской области может насчитывать 560 видов.

Из данной совокупности нами выделены парциальные флоры по экологическому принципу, т.е. для основных совокупных типов местообитаний (синэкотопов). К примеру, в прибрежно-водный синэкотоп мы включаем такие местообитания как мелководья и отмели, берега, сплавины; если же отождествлять типы местообитаний с формациями гелофитов, выделенных по доминантному признаку, то список объединенных здесь экотопов будет значительно длиннее. В частности, показатель потенциального видового богатства для субаквальных элементарных ландшафтов (здесь и далее использована типология элементарных ландшафтов, изложенная М. А. Глазовской [17]) для водотоков составил 41 вид (собственно водных видов), для стоячих водоемов 52 вида. Особый тип местообитаний, характерный для берегов водотоков – это аллювиальные наносы с ослабленной конкуренцией, для которых указывается порядка 55 видов. В отличие от них, в прибрежно-водных местообитаниях (трансупераквальные элементарные ландшафты), которые характеризуются, наоборот, плотной сомкнутостью растительного покрова, высокой конкуренцией, но и более высокой степенью экотонности (градиента вода–суша) и гетерогенности условий, видовое богатство насчитывает порядка 237 видов. Среди местообитаний долин рек мы отдельно рассматриваем пониженные заболоченные участки, включая травянистые низинные болота, сырые заболоченные и низинные луга (собственно супераквальные элементарные ландшафты), с потенциальной флорой в 238 видов. При этом немаловажным фактором выделения этих местообитаний в отдельную группу является фактор хорошей освещенности. К тем же элементарным ландшафтам приурочены ольшаники – особый тип пойменных лесов, специфичный как флорогенетически (западноевропейский по происхождению), так и в силу особенностей биологии населяющих их видов (теневыносливые эвтрофы гигрофиты). Потенциальная флора ольшаников составила по нашим оценкам 61 вид. Здесь надо учитывать, что мы приняли во внимание только специфичные для них виды, не включая сюда те, которые произрастают на открытых полянах в ольшаниках, открытых участках с аллювиальными наносами, по гривам, не занятым типичными для ольшаников растительными группировками. Местообитания трансэлювиальных, элювиально-аккумулятивных, аккумулятивно-элювиальных элементарных ландшафтов долин рек, занятых луговыми и лугово-степными мезофильными, ксеромезофильными, ксерофильными сообществами (характеризующиеся хорошим освещением), мы объединили в одну группу, так как границы между ними здесь сильно размыты. Максимальное видовое богатство их должно насчитывать по нашим прикидкам порядка 144 видов. В местообитаниях же пойменных лесов, занимающих в долинах аналогичные элементарные ландшафты, но при этом характеризующиеся условиями затенения, потенциальная флора была оценена в 145 видов. Кроме того, мы насчитали 25 видов, характерных для обрывистых, в том числе каменистых карбонатных склонов, а также 9 видов преимущественно торфяных болот, которые могут заселять сфагновые сплавины озер.

В целом мы можем констатировать, что, как и ожидалось, потенциальное видовое богатство высокоспецифичных местообитаний (с отчетливым действием лимитирующих факторов), например, субаквальных или аллювиальных, в разы ниже, чем трансупераквальных и собственно супераквальных элементарных ландшафтов, являющихся типичными, системообразующими и эволюционно адаптированными для изучаемых ландшафтных образований. Довольно интересно, что потенциальное видовое богатство местообитаний повышенных элементов рельефа существенно уступает таковому в пониженных. Можно предполагать, что причиной этому служит то, что виды местообитаний повышенных элементов рельефа изначально

флорогенетически сформированы в иных условиях, и периодически действующие экстремальные для них факторы поемности и аллювиальности лимитируют вселение многих близких им флорогенетически видов.

Результаты вышеприведенного анализа позволяют предположить перспективность изучения динамики фитобиоты островных экосистем с точки зрения динамики насыщения видового богатства парциальных флор синэктопов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раевский Р. А. Растения Нижегородской губернии: перечень растений с обозначением времени цветения и местонахождений. Нижний Новгород, 1884. 63 с.
2. Мининзон И. Л. Флора Нижнего Новгорода. 16 электронная версия. 2022. URL: https://vk.ru/s/v1/doc/VjfYy5_ZL2uqhAhZlYH9a1xauNsB6g0s9ED-Isbj4YJzMyEWWOg (дата обращения: 23.03.2023).
3. Лукина Е. В., Баканина В. М., Воротников В. П., Фридман Б. И. Озера Нижегородской области. Нижний Новгород, 2001. 165 с.
4. Аверкиев Д. С. Определитель растений Горьковской области. Горький, 1938. 360 с.
5. Аверкиев Д. С., Аверкиев В. Д. Определитель растений Горьковской области. 2-е изд. Горький, 1985. 320 с.
6. Лукина Е. В., Никитина И. Г. Охрана озер и водной растительности Горьковской области // Охрана природы Горьковской области и рациональное использование ее ресурсов. Труды ГСХИ, 1977. Т. 106. Горький, 1977. С. 106–109.
7. Смирнова А. Д. Охраняемые растения Горьковской области. 2-е изд. Горький, 1982. 96 с.
8. Лукина Е. В. Растительный покров // Природа Горьковской области. Горький, 1974. С. 193–226.
9. Лисицына Л. И., Папченков В. Г., Артеменко В. И. Флора водоемов Волжского бассейна: Определитель цветковых растений. СПб, 1993. 219 с.
10. Лисицына Л. И., Папченков В. Г., Артеменко В. И. Флора водоемов Волжского бассейна: определитель сосудистых растений. М, 2009. 219 с.
11. Беляков Е. А., Гарин Э. В., Охаткин А. Г., Лебедева О. А. *Najas major* All. на территории Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12–10. С. 1826–1829.
12. Belyakov E. A., Garin E. V., Okhapkin A. G. Flora of karst lakes in the Pustynsky State Nature Reserve (Nizhny Novgorod oblast) // Biosystems diversity, 2017. Т. 25, №3. Р. 174–180.
13. Biryukova O. V., Shestakova A. A., Belyakov E. A., Garin E. V. Distribution of *Caulinia minor* (All.) Coss. Et Germ. (Hydrocharitaceae) in Nizhny Novgorod oblast // Biology Bulletin, 2018. Т. 45, №10. Р. 1219–1224.
14. Беляков Е. А., Гарин Э. В., Бирюкова О. В., Шестакова А. А. Флора макрофитов и особенности зарастания некоторых реликтовых озер Камско-Бакалдинской группы болот (Нижегородская область) // Фиторазнообразии Восточной Европы. 2021. Т. 15, №3. С. 5–38.
15. Бирюкова О. В. Экологическая дифференциация и антропогенная трансформация флористических комплексов на бореальном экотоне Нижегородского Правобережья: специальность 01.05.15 «Экология (биологические науки)»: Автореф. ... канд. Биол. Наук. Нижний Новгород, 2022. 24 с.
16. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е испр. и доп. Изд. М, 2014. 635 с.
17. Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М., 1964. 230 с.

Онтогенетическая структура ценопопуляций песчанки скальной (*Eremogone saxatilis* (L.) Kopp.) в национальном парке «Марий Чодра»

Полянская Т. А.

ФГБУ «Национальный парк «Марий Чодра», п. Красногорский
zamnayki@mail.ru

Пустынница скальная (*Eremogone saxatilis* (L.) Kopp.) – многолетнее травянистое растение, высотой 15–35 см с пучком прикорневых шероховатых по краям листьев длиной до 15 см, образующее небольшую дерновину.

E. saxatilis – евроазиатский, бореально-умеренный вид [1], распространенный в европейской части России и Южной Сибири [2]. Несмотря на свой достаточно обширный ареал, данный вид указан в Красных книгах различных регионов России, в том числе и в Республике Марий Эл [3].

Экологическая оценка местообитаний и биоморфологические особенности этого вида изучены в Кировской области [4,5]. Особенности онтогенеза *E. Saxatilis* описаны Н.В.Усмановой [6] в условиях интродукции на юго-востоке Украины.

В национальном парке «Марий Чодра» пустынница скальная встречается в южной части по степненным соснякам, на опушках по песчаным обнажениям, насыпям дорог, просекам [7].

Цель исследования – изучение состояния ценопопуляций *E. Saxatilis* в национальном парке «Марий Чодра».

Материалы для исследования были собраны и исследованы на территории Кленовогорского лесничества национального парка «Марий Чодра». Поскольку этот вид охраняется в Республике Марий Эл, особенности

онтогенетической структуры изучали в основном без изъятия из среды. В местах произрастания *E. Saxatilis* были выполнены геоботанические описания по общепринятым методикам [8]. Онтогенетические состояния *E. Saxatilis* были определены согласно периодизации онтогенеза Т. А. Работнова [9] и А. А. Уранова [10]. На площадках был проведен пересчет растений всех онтогенетических состояний. Нами использовались общепринятые морфологические и популяционные методы. Для определения типа ЦП в работе использовали классификации популяций растений с выделением инвазионных, нормальных, регрессивных [9], классификация нормальных ЦП по абсолютному максимуму в онтогенетическом спектре [11,12]; вычислены общепринятые популяционные характеристики: плотность особей на 1 м², коэффициент возрастности [10], индексы восстановления и замещения [13]. Интегральным показателем онтогенетического состава и перспектив развития ЦП является индекс замещения, демонстрирующий соотношение численности подростка к взрослой части ЦП. Он позволяет выявить угасающие ($J_{з.} = 0$), неустойчивые ($J_{з.} < 1$) и перспективные ($J_{з.} > 1$) ЦП. [14].

Все ценопопуляции пустыни скальной были обнаружены на открытых пространствах, без участия древесных видов.

ПП №1. Размер 8 x 1,5 м. **Злаково-разнотравный-I** фитоценоз. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 40 %. Травянистые растения представлены 18 видами, среди которых преобладают злаки: вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), келерия сизая (*Koeleria glauca* (Spreng.) DC.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.) и мятлик луговой (*Poa pratensis* L.).

ПП № 2. Размер 4 x 1,5 м. **Овсяничево-разнотравный фитоценоз.** Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 40 %. В отличие от предыдущей площадки, травянистые растения представлены 10 видами, среди которых преобладает овсяница овечья.

ПП № 3. Размер 6 x 6 м. **Васильково-разнотравный фитоценоз.** Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 40 %. Единично на площадке отмечен раkitник русский (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. Ex Vorosch.) Klask.). Травянистые растения представлены 18 видами, среди которых преобладают василек фригийский *Centaurea 73pecios* L. И пустыница скальная.

ПП № 4. Размер 6 x 6 м. **Злаково-разнотравный- II фитоценоз.** Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 25 %. Травянистые растения представлены 7 видами, среди которых преобладают те же злаки, что и на первой пробной площади.

ПП № 5. Размер 3 x 3 м. **Купеново-пазниковый фитоценоз.** Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 35 %. В подлеске присутствует дрок красильный. Травянистые растения представлены 12 видами, среди которых преобладают купена душистая (*Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce.) и пазник крапчатый (*Trommsdorfia 73peciose* (L.) Vernh).

В результате проведенных исследований установлено, что большинство ЦП песчанки скальной имеют максимумы на группе средневозрастных генеративных растений (табл.1)

Таблица 1

Некоторые характеристики ценопопуляций *Eremogone saxatilis* (L.) Ikonn.

№ ЦП	Фитоценоз	Тип онтогенетического спектра	Доля участия фракций, %			М, экз./м ²	Индексы		
			<i>p-v</i>	<i>gr-gz</i>	<i>ss-sc</i>		<i>I в.</i>	<i>I з.</i>	Δ
1.	Злаково-разнотравный-I	Одновершинный центрированный	–	100,0	–	2,4	–	–	0,45
2.	Овсяничево-разнотравный	То же	–	100,0	–	2,5	–	–	0,39
3.	Васильково-разнотравный	То же	–	93,1	6,9	0,8	–	–	0,59
4.	Злаково-разнотравный-II	То же	–	88,4	11,5	0,	–	–	0,55
5.	Купеново-пазниковый	То же	12,5	83,4	4,1	2,7	0,15	0,14	0,46

ЦП нормальные, неполночленные. Группа генеративных растений в ЦП занимает большую часть. Доля молодых и старых растений незначительна. Индексы восстановления и замещения рассчитаны только в одной ЦП, они незначительны. Коэффициенты возрастности значительные, что можно объяснить большим количеством генеративных растений в популяциях. 4 ЦП являются угасающими ($J_{з.} = 0$) и 1 одна ЦП неустойчивая ($J_{з.} < 1$).

Лимитирующими факторами для распространения вида служат: вырубка лесных массивов сосны, граничащих с ценопопуляциями пустыни скальной, вытаптывание туристами и реликтовая природа вида. Для сохранения известных ЦП необходим ежегодный мониторинг, сохранение комплекса местообитаний; выявление новых местообитаний вида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Meusel H., Jäger E. J., Weinert E. Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora. Jena: Fischer, 1965. 583 s.
2. Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. Иссл., 2004. Т. 3. 520 с.
3. Красная книга Республики Марий Эл. Том «Растения. Грибы» / Составители: Богданов Г.А., Абрамов Н.В., Урбанавичус Г.П., Богданова Л.Г. Йошкар-Ола: МарГУ, 2013. 324 с.
4. Копосова К. Д., Савиных Н. П. О биоморфологии *Eremogone saxatilis* в сосняках Медведского бора // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Материалы XVII Всерос. научно-практ. Конф. С междунар. Участием. Книга 2. Киров: ВятГУ, 2019. С. 241–246.
5. Белова К. Д. Экологическая оценка местообитания *Eremogone saxatilis* (L.) Kopp на северо-восточной границе ареала / Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2021. Т. 20. №1. С. 57–60.
6. Усманова И. В. Биоморфологические особенности *Eremogone saxatilis* (L.) Kopp. В условиях юго-востока Украины // Промышленная ботаника. 2011. Вып. 11. С. 236–240.
7. Абрамов Н. В., Папченков В. Г. Флора национального парка «Марий Чодра» Йошкар-Ола: МарГУ, 2006. 103 с.
8. Ипатов В. С., Мишин Д. М. Описание фитоценоза: Методические рекомендации. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2008. 71 с.
9. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах. Труды БИН АН СССР. М.: Л., 1950. Сер. 3, Вып. 6. С. 77–204.
10. Уранов А. А. Возрастной состав фитоценопопуляций как функции времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. № 2. С. 17–29.
11. Жукова Л. А. Изменение возрастного состава популяций луговика дернистого на окских лугах: Автореф. Дис. ... канд. Биол. Наук: 03.00.05 / Л.А. Жукова. М.: Изд-во МГПИ, 1967. 19 с.
12. Уранов А. А., Смирнова О. В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюлл. МО-ИП. Отд. Биол. 1969. Т. 74. Вып. 1. С. 119–134.
13. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. 224 с.
14. Жукова Л. А., Полянская Т. А. О некоторых подходах к прогнозированию перспектив развития ценопопуляций растений // Вестник Тверского государственного университета. Серия Биология и экология. Тверь, 2013. Вып. 32, № 31. С. 160–171.

Фауна беспозвоночных животных государственного природного комплексного заказника Республики Марий Эл «Горное Заделье»

Прохорова М. А., студ. 4 курса

Науч. рук. — Бедова П. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола
caputfoliare@gmail.com

Создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – одна из самых эффективных форм природоохранной деятельности.

Государственный природный комплексный заказник республиканского значения «Горное Заделье» создан в 1997 году на востоке Куженерского района по границе с Сернурским районом Республики Марий Эл площадью 562 га. Находится в смешанном хвойно-лиственном таежном массиве [1].

По территории заказника «Горное Заделье» протекает река Нолька, которая относится к Камскому бассейновому округу. Река протекает в Куженерском и Сернурском районах Республики Марий Эл. Река течет на восток, протекает деревни Верхний Нольдур и Нижний Нольдур, впадает в реку Лаж [2]. В долине реки Нолька можно увидеть древние породы.

Ранее в наших работах опубликованы данные по количественному учету насекомых в разных фитоценозах заказника «Горное Заделье». Выяснено, что наибольшим количеством видов и наибольшей численностью насекомых характеризовался манжетко-купальницево-таволговый луг [3]. Список редких насекомых данной территории приводится в работе М.А. Прохоровой [4].

Целью данной работы было изучение фауны насекомых на всей территории ООПТ «Горное Заделье» и проведение работ по изучению макрозообентоса реки Нолька в пределах ООПТ «Горное Заделье».

В связи с этим были поставлены следующие задачи:

1. Установить видовой состав донных беспозвоночных реки Нолька, выявить доминирующие виды по встречаемости;
2. Изучить структурные характеристики зообентоценоза (численность и биомассу);
3. Выполнить инвентаризацию энтомофауны территории ООПТ «Горное Заделье»;
4. Составить списки редких видов беспозвоночных животных обследуемой территории.

Энтомофауна всей территории комплексного заказника «Горное Заделье» изучалась в летний период 2022 года, с помощью энтомологического сачка. Количественный анализ энтомофауны проведен на трех учетных площадках [5]. Сбор и обработка гидробиологического материала осуществлялись по стандартным методикам [6–8].

В результате проведенных исследований выяснено, что фауна насекомых территории ООПТ «Горное Заделье» представлена 228 видами, которые относятся к 187 родам, 79 семействам и 13 отрядам.

Наибольший вклад в видовое разнообразие внесли представители отряда Жесткокрылые, которые составляли 28,9 % от общего видового состава. Отряд Чешуекрылые составлял 27,2 % от общего списка видов. Представители отряда Двукрылые составляли 14,9 %. Остальные отряды составляли от 0,4 % до 8,8 % от всего списка видов.

Из всей энтомофауны заказника, на редкие охраняемые виды, занесенные в Красную книгу Республики Марий Эл [9], приходится 5,3 % от общего списка зарегистрированных насекомых. Из отряда Стрекозы (Odonata) – 1 вид; из отряда Перепончатокрылые (Hymenoptera) – 1 вид; из отряда Жесткокрылые (Coleoptera) – 2 вида; из отряда Чешуекрылые (Lepidoptera) – 7 видов; из отряда Двукрылые (Diptera) – 1 вид.

Максимальная встречаемость зарегистрирована у пчелы медоносной и цикадки зеленой. Бодушка горбатая, белянка брюквенная, оленка рябая, бронзовка золотистая, лептура чернозадая, клоп итальянский, люцерновый клоп, рыжий лесной муравей, пестрокрылка бодяковая имели встречаемость 50%. Остальные виды имели встречаемость 33,3 %.

Река Нолька до настоящего времени в гидробиологическом отношении совершенно не изучена, несмотря на то, что протекает по особо охраняемой природной территории (ООПТ) заказнику «Горное Заделье».

Долина реки Нолька с крутыми склонами, местами с широким дном. В дно ущелья на 2–5 м врежется летом сухое русло. Река в пределах заказника имеет четко выраженные в рельефе коренные склоны.

В результате проведенных гидробиологических исследований реки Нолька выяснилось, что фауна донных беспозвоночных животных реки представлена 33 видами, которые принадлежат к 8 классам и к 4 типам животных. Наибольшее количество видов характерно для представителей класса Насекомые, которые составляли 55 % от общего списка видов. Класс Брюхоногие моллюски – 15 %, классы Паукообразные и Пиявки – по 9 %, классы Двустворчатые моллюски, Нематоды, Малоштитковые черви, Пиявки и Ракообразные составляли наименьшую долю в видовом составе по 3 %.

Количественный учет проводили на 5 станциях. Наибольшей численностью отличилась станция № 3 с умеренной растительностью, на дне обнаружены ветки и бревна. Глубина – 40 см. Численность макрозообентоса на станции № 3 составляет 193 экз/м² за счет личинок ручейников *Stenophylax nycterobius* (MacLachlan, 1875) и личинок поденок *Baetis rhodani* Pictet, 1843. Наименьшей численностью характеризуется станция № 2, где численность составляет 111 экз/м².

Средняя численность на исследуемой территории реки Нолька составляет $154,8 \pm 15,0$ экз/м². Средняя биомасса – $6,62 \pm 0,8$ г/м². Наибольший вклад в численность внесли представители отрядов Поденки и Двукрылые, которые составляли по 15,5 % от общей численности. Наименьшую долю в численность внесли представители отряда Вислокрылки, они составляли 1,3 % от общей численности.

Наибольшей биомассой характеризуется станция № 1, где собрано 8,96 г/м². Основной вклад в биомассу внесли *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), *Haemopis sanguisuga* (Linnaeus, 1758) и *Ephiteca bimaculata* (Linnaeus, 1758). Наименьшая биомасса отмечена на станции № 5 (4,03 г/м²).

Представители отряда Ручейники составляли 18,2 % от общей биомассы. Чуть меньше представители классов Пиявки (15,2 %) и Брюхоногие моллюски (14,7 %). Меньший вклад в общую биомассу внесли представители классов Нематоды и Малоштитковые черви (0,1 %).

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Энтомофауна ООПТ «Горное Заделье» включает 228 видов насекомых, которые относятся к 79 семействам и 13 отрядам. Доминантами по встречаемости (встречаемость составляет 100 %) являются пчела медоносная *Apis mellifera* L. И цикадка зеленая *Cicadella viridis* L.

2. На исследуемой территории обитает 12 видов насекомых, занесенные в Красную книгу Республики Марий Эл.

3. Фауна донных беспозвоночных животных реки Нолька насчитывает 33 вида, относящихся к 8 классам и 4 типам животных. Доминировали по частоте встречаемости личинки поденок *Baetis rhodani* (60%).

4. Средняя численность донных беспозвоночных на исследуемом участке реки Нолька составляла $154,8 \pm 15,0$ экз/м². Средняя биомасса составляла $6,62 \pm 0,8$ г/м². По значению средней биомассы водоем относится к высококормным.

Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 11/А/2022 «Комплексное исследование экологического состояния ООПТ».

ЛИТЕРАТУРА

1. Яндулина В. Р. Особо охраняемые природные территории Куженерского района Республики Марий Эл//Богатство финно-угорских народов. Материалы IV Международного финно-угорского студенческого форума. МарГУ, Йошкар-Ола, 2017. С. 384–387.

2. Государственный водный реестр Российской Федерации: Нолька [Электронный ресурс] URL: <https://textual.ru/gvr/>. (дата обращения 11.03.2023 год).

3. Прохорова М. А., Охотникова В. М. Результаты количественных учетов насекомых ООПТ «Горное Заделье» // Студенческая наука и XXI век. 2022. Т. 19, № 1(22). Ч. 1. С. 57–60.

4. Прохорова М.А. Энтомофауна ООПТ «Горное Заделье». Редкие и охраняемые виды насекомых // Биосистемы: организация, поведение, управление: Тезисы докладов 76-й Всеросс. С межд. Участием школы-конференции молодых ученых. Н.Новгород, 2023. С. 262.

5. Дунаев Е. А. Методы эколого-энтомологических исследований. М.: МосгорСЮН, 1997. 44 с.

6. Методика изучения биогидроценозов внутренних водоемов / Под ред Ф.Д. Мордухай-Болтовского. М.: Наука, 1975. 240 с.

7. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Планктон и бентос/под ред. Л. А. Кутиковой, Я. И. Старобогатова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 510 с.

8. Константинов А. С. Общая гидробиология. 4-изд., перераб и доп. М.: Высш. Шк., 1986. 472 с.

9. Красная книга Республики Марий Эл. Том «Животные». – Йошкар-Ола: МарГУ, 2016. 256 с.

Особенности флоры скверов и парков г. Новокуйбышевска (Самарская область)

Псарева В. Д., Котельникова В. Д., студ. 1 курса

Науч. рук. — Ильина В. Н., канд. биол. наук, доц.

Самарский государственный социально-педагогический университет, г. Самара
Siva@mail.ru

Растения являются наиболее чувствительными и надежными индикаторами загрязненности атмосферы и гидросферы. Деревья и кустарники, произрастающие в городе, страдают от выхлопных газов автомобилей и дыма промышленных предприятий. Они рано стареют, редеют, уродуется их крона, преждевременно желтеют и опадают листья. В тоже время экологическая роль древесно-кустарниковых растений чрезвычайно велика. Очищая воздух от пыли, газов, растения оздоравливают окружающую среду. Поэтому в городах человек всегда оставляет место для зеленых растений, и это не случайно. Город без зеленых насаждений, газонов, цветущих клумб вряд ли может быть уютным для жизни человека [1–5]. Особенно это усугубляется наличием крупных нефтеперерабатывающих предприятий, характерных в том числе для Новокуйбышевска.

Городские парки являются достоянием Новокуйбышевска. Многие десятилетия они были любимым местом отдыха всех горожан. Наличие парков не только разряжает напряженную атмосферу промышленного города, не только способствует обогащению кислородом воздуха, не только препятствует распространению шума и пыли, но и существенно помогает учителям школ проводить внеурочную работу по предметам биологического профиля. Однако, только одного наличия этих зеленых зон еще не гарантирует учителю успешность его экскурсий по паркам или сбор гербария на пустырях. Учителю для успешного проведения подобных мероприятий нужно знать о видовом составе разных зеленых зон города. Поэтому, мы избрали данную тему и считаем, что полученные знания пригодятся в педагогической деятельности. Ведь было бы непрофессионально рассказывать детям о растениях, которых никогда не видел и не знаешь сам.

Рождение города Новокуйбышевска связано с началом строительства в 1947 г. неподалеку от станции Липяги нефтеперерабатывающего завода, ТЭЦ, новой железнодорожной станции, жилого рабочего поселка. В сентябре 1951 г. ТЭЦ-1 дала ток, а через несколько дней заработали и установки нефтеперерабатывающего завода. 22 февраля 1952 г. рабочий поселок Новокуйбышевский был преобразован в город областного подчинения Новокуйбышевск. Город расположен недалеко от областного центра на железнодорожной магистрали Москва – Самара, его площадь составляет 87,7 кв. км. Новокуйбышевск – город с развитой нефтеперерабатывающей, химической и нефтехимической промышленностью, важный энергетический центр. Здесь расположены АО «Новокуйбышевский нефтехимический комбинат», АО «Самарский завод синтетического спирта», АО «Новокуйбышевский нефтеперерабатывающий завод», ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2.

Нами проведено изучение флоры и ее последующий анализ. Всего в скверах и парках г. Новокуйбышевск обнаружено 148 видов растений: 145 видов относятся к отделу Покрытосеменных, а 2 вида относятся к отделу Голосеменных (ель колючая, сосна обыкновенная, можжевельник казацкий). Все собранные растения принадлежат к 40 семействам и 110 родам. Семейства, содержащие наибольшее количество родов – Сложноцветные (23 рода), Злаки (11 родов), Розоцветные (12 родов), Бобовые (8 родов) и Крестоцветные (5 родов).

Наиболее богатые по числу видов семейства: сложноцветные (35 видов), злаковые, бобовые (по 15 видов), розоцветные(12 видов), крестоцветные (8 видов), гречишные (5 видов), маревые, зонтичные, ивовые (по 4 вида). Интересно заметить, что к восьми наиболее крупным семействам принадлежит

102 вида, или 71 % всей флоры. На долю оставшихся 32 семейств приходится 29 % флоры. Они содержат от 1 до 3 видов.

Большая часть видов относится к травянистым многолетникам, которые составляют около 56%. Среди них доминируют корневищные травы, на них приходится 33 % от общей численности. Типичными представителями корневищных многолетников являются полынь обыкновенная, пырей ползучий, девясил иволлистный, ячмень гривастый, ежа сборная, лапчатка серебристая. На втором месте (15 %) по численности видов стоят стержнекорневые многолетники: цикорий обыкновенный, полынь горькая, люцерна серповидная, люцерна посевная, синеголовник плосколистный. 5 % составляют корнеотпрысковые многолетники – девясил британский, вьюнок полевой, молюкан татарский, льнянка обыкновенная. По 1 % приходится на клубнекорневищные (норичник шишковатый, чина клубненосная) и кистеконовые (подорожник большой, колокольчик крапиволистный) многолетники. 1 вид растений (волдырник ягодный) относится к лиановидным многолетникам и составляет всего лишь 0,6 % от совокупной флоры.

Группа однолетних растений составляет 12,5 %, двулетних – 8,5 %. Среди однолетних наиболее часто встречаются амброзия трехраздельная, гулявник Лезеля, горец птичий, лебеда копьевидная, циклахена дурнишниковидная. Среди двулетних – лопух паутинистый, горчак желтый ястребинковый, икотник серый, донник лекарственный, дрема белая. К одно-двулетникам относятся скерда кровельная, молюкан компасный, ромашка непахучая, которые составляют 3,2 % от общего числа зарегистрированных видов.

Древесно-кустарниковые формы немногочисленны и составляют примерно 18%. Из них к деревьям относятся 10% всех видов, к кустарникам – примерно 8 %. Отмечены такие древесные породы как вяз мелколистный, клен американский, береза повислая, ясень зеленый, рябина обыкновенная, тополь пирамидальный, черемуха виргинская, дуб обыкновенный. К наиболее часто встречаемым кустарникам относятся сирень обыкновенная, шиповник коричный, карагана древовидная, жимолость татарская, слива степная. Ежевика и паслен сладко-горький – представляют собой полукустарники (1 %). И 1 вид относится к полукустарничкам (0,7 %) – полынь высокая.

Спектр жизненных форм растений отражает особенности экологического режима. Смещение его в сторону сокращения деревьев и кустарников и увеличение одно- и двулетних связано с проявлением различных форм хозяйственной деятельности человека. Флора г. Новокуйбышевска весьма разнообразна в экологическом отношении. Среди выделенных групп по отношению к фактору увлажнения преобладают мезофиты (60 %). К ним относятся такие виды как подмаренник цепкий, клевер луговой, будра плющевидная, горошек заборный, шиповник коричный, колокольчик болонский.

Следующими по числу видов являются ксеромезофиты (17 %), несколько отклоняющиеся от мезофитов в сторону уменьшения влажности. Наиболее часто встречаются клен американский, костер безостый, резак обыкновенный. Мезоксерофиты составляют 3,7 % от общего количества растений. К ним относятся консолида полевая, скабиоза желтая, житняк гребенчатый.

Гигромезофиты, также как и мезоксерофиты, составляют всего лишь 4%. Это норичник шишковатый, полевица побегообразующая, овсяница луговая. В совокупности группа мезофитов включает 90% всего видового состава. Мезогигрофиты (2 %) представлены смородиной золотистой, елью колючей, полевицей побегообразующей.

Наличие местообитаний с постоянным или сезонным недостатком влаги объясняет произрастание ксерофитов – 4 %. Представителями данной экологической группы являются морковник обыкновенный, эспарцет песчаный, одуванчик поздний, ячмень гривастый.

К гигрофитам принадлежит 3,5 % всей флоры. Среди растений данной группы можно отметить камыш лесной, волдырник ягодный, свидина белая, молочай прутьевидный.

На засоленных местообитаниях произрастают галофиты, на них приходится всего лишь 1 % всей флоры. Типичный представитель этой группы – щавель узколистный. В списке присутствуют 1 вид псаммофитов (0,7 % от общего количества собранных мною видов) – это мыльнянка лекарственная; 1 вид гало-ксерофитов – лебеда татарская; 1 вид гало-мезофитов – ситник Жерарда.

Таким образом, доминирование растений мезофитного характера свидетельствует о достаточной увлажненности большинства городских местообитаний.

Цель ареалогического анализа заключается в выявлении географических особенностей флоры. Выделено семь групп растений по типам ареалов: евроазиатский, европейский, голарктический, плурирегиональный, древнесредиземноморский, средиземноморский.

На первом месте по количеству видов стоит группа евроазиатского типа ареалов. К этому типу принадлежит 70 видов, что составляет 48,4 %. Это лапчатка серебристая, полынь горькая, пустырник пятилопастный, горчак ястребинковый, донник белый, гравилат городской, татарник колючий, люцерна посевная.

Вторая по значимости группа, которая насчитывает 23 видов растений (15,5 % от общего числа растений), относится к европейскому типу ареалов; это растения, которые распространены только в Европе. Примером могут служить чина клубненосная, василек луговой, клевер альпийский, дрема белая, кульбаба осенняя.

Виды растений, распространенные на территории гомарктического царства, принадлежат к гомарктическому типу ареалов. Он включает 19 видов растений (13,2 % от общего количества) изученной флоры. Это кардария крупковая, мятлик узколистый, подорожник большой, вербейник монетчатый, горошек мышиный, мятлик луговой.

Плюрегиональный тип ареалов насчитывает 12 видов растений (8,3 %). Он включает в основном растения сорно-рудерального характера. Примером могут служить цикорий обыкновенный, резак обыкновенный, одуванчик лекарственный, марь белая.

Древнесредиземноморский тип ареалов включает древние растения, которые сохранились со времен плиоцена и связаны с древнесредиземноморским бассейном. Всего их насчитывается 11 видов (7,5%). Основные представители это тысячелистник щетинистый, люцерна серповидная, вьюнок полевой, ястребинка румяноцветная, лебеда лоснящаяся.

Средиземноморский тип ареалов включает растения, общее распространение которых связано со Средиземноморской флористической областью. Во флоре изучаемого объекта всего 3 вида (2 % от общего числа растений). Это сирень обыкновенная, колокольчик крапиволистный, каштан конский.

Растения, принадлежащие к адвентивному типу ареалов, немногочисленны. Они включают 3 (2 %) вида, распространенных как полевые, рудеральные, огородные или придорожные сорняки. К ним относятся молокан компасный, мелколепестник канадский, амброзия трехраздельная.

Циркумбореальный ареал имеет подмаренник цепкий, а к понтическо-заволжско-казахстанскому ареалу принадлежит василек ложнопятнистый.

Наличие элементов флоры всех семи типов ареалов объясняется расположением г. Новокуйбышевска на границе степной и лесостепной зон. Ареалогический анализ подтверждает специфичность флоры городских территорий, содержащей значительное количество заносных и сорных растений.

Обращает на себя внимание малое число степных растений, которые широко распространены в окружающих сообществах. Этот факт является одним из признаков урбанизации флоры. На нарушенных местообитаниях степные растения не могут конкурировать с сорно-рудеральными представителями и вытесняются последними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонов В. И. Растения и чистота природной среды. М.: Наука, 1986. 176 с.
2. Знакова А. Е., Ильина В. Н. Состояние популяции ксантории настенной на территории парка им. Ю. Гагарина (г. Самара) // Решение: материалы 11-й Всероссийской научно-практической конференции, Березники, 21 октября 2022 г. Пермь: Изд-во Перм. Нац. Исслед. Политехн. Ун-та, 2022. С. 105–106.
3. Ильина В. Н. К вопросу о состоянии дубовых древостоев пригородных лесов и зеленых зон г.о. Самара // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы международной научно-практической конференции. Красноярск: Красноярский гос. аграр. Ун-т, 2021. С. 429–431.
4. Кавеленова Л. М., Здеветский А. Г. Некоторые проблемы изучения городской растительности // Экологическая безопасность городов: проблемы и решения на муниципальном уровне. Матер. Всеросс. Научно-практ. Конфер. Самара, 2000. С. 59–60.
5. Митрошенкова А. Е., Ильина В. Н. Оценка состояния древостоя хвойных растений, используемых в озеленении города Самара (по данным исследований 2018 года) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. Т. 28. № 3. С. 136–143.

Гибель птиц от столкновения с шумозащитными ограждениями магистрали в створе улиц Кирова и Строителей: первые результаты исследований

Рахмаева С. О., Забиякин В. А.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
rahmaeva2002@gmail.com

В связи с активным освоением человеком природной среды, возникают все новые формы перманентной антропогенной трансформации природных ландшафтов, ведущие к увеличению количества животных, погибающих в результате прямого и косвенного воздействия со стороны техногенной деятельности человека. Особенно вызывают беспокойство проблемы, связанные с гибелью птиц в результате их столкновений с небоскребами, авиатранспортом и линиями электропередачи [1, 2]. Наиболее известны отмеченные в специальной литературе случаи гибели птиц в таких городах как Тобольск [3], Сочи [4], Ульяновск [5], Томск [6]. В 2016 г. в Российской Федерации Приказом Министерства строительства и ЖКХ РФ утвержден свод правил «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков», согласно которым, при строительстве потенциально опасных объектов следует предусматривать меры по отпугиванию птиц во избежание их гибели при столкновении с защитными экранами и окнами

небоскребов. К сожалению, защита птиц согласно этим правилам на практике мало применяется в нашей стране.

В последнее время в городах РФ для защиты жилых домов, особо охраняемых природных территорий начали возводить заграждения вдоль автодорог в виде пластиковых или стеклянных панелей с полной или частичной изоляцией проезжей части, с целью уменьшения шумового загрязнения. Установка таких конструкций экономически обоснована в густонаселенных районах, где трассирование дороги на расстоянии от жилых зданий невозможно. Кроме того, они предотвращают выход животных на проезжую часть, исполняют роль сорбентов и очищают воздух от токсичных загрязнений, пыли, грязи. Все это делает их максимально полезными.

Но вопреки ожиданиям, экраны стали причиной массовой гибели представителей орнитофауны. К сожалению, случаи столкновения были выявлены и в городе Йошкар-Ола. Первая информация о разбившихся певчих дроздах *Turdus philomelos* (Brehm, 1831) и зарянках *Erithacus rubecula* (Linnaeus, 1758) на дорогах магистрали в створе улиц Кирова и Строителей поступила из социальных сетей [7] от неравнодушных граждан 1.08.2022 г., а так же прозвучала в новостном канале ГТРК Марий Эл [8] 5.10.2022 г.

Для изучения причин массовой гибели птиц, а также поиска решений по его устранению нами были начаты исследования, целью которых стало выявление видового состава и числа погибших птиц, определение сезонной динамики их гибели и половой принадлежности особей.

Объектом исследования стала новая магистраль (рис.1А), проходящая через парк «Сосновая Роща», официально введенная в эксплуатацию 9 сентября 2022 года.

Протяженность магистрали, проходящей от Ленинского проспекта до улицы Луначарского составляет 1,5 км. Также на участке построен мост через реку Малая Кокшага протяженностью 210 пог. М. (рис. 1Б).



Рис. 1. Фотография магистрали (А) и спутниковая фотография исследованного ее участка (Б)

К моменту запуска магистрали местами по обочине вдоль прохождения автодороги устанавливались четырехметровые полупрозрачные шумозащитные экраны (нижний метровый из шумопоглощающего перфорированного материала, окно двухметровое прозрачное, и верхний метровый под наклоном). Общая длина сооружений составила 0,97 км с правой и 0,99 км с левой (без учета «вырезов» под парковочные зоны и автобусную остановку).

Систематические наблюдения и учет павших птиц на месте экранного заграждения магистрали начали 08.10.2022 г. Территория обследовалась в утреннее время (8–10 ч.) в осенний период с периодичностью 3–4 дня, а с наступлением зимы 7–14 дней. Для удобства ведения данных дорога была поделена на правую (1) и левую (2) стороны; внутреннюю часть, прилегающую непосредственно к дороге (А) и внешнюю часть, приближенную к лесному массиву (Б). На них были выделены участки, образованные шестью экранами, пронумерованные арабскими цифрами. Ширина учетной полосы составила 3 метра.

Во время проведения исследований учитывались все найденные птицы, проводилось их фотографирование, регистрация в журнале, а так же фиксация места столкновения с экраном. Идентификация видовой и половой принадлежности птиц проводилась на месте или в камеральных условиях зоологического музея кафедры биологии ИЕНиФ по определителям [9].

Таблица 1

Видовой, половой состав и количество погибших птиц с 08.10.2022 г. по 25.03.2023 г.

№	Вид	Общее количество особей	Пол		
			Самка	Самец	Не определен
1	Белоспинный дятел – <i>Dendrocopos leucotos</i> (Bechstein, 1802)	1	0	1	0
2	Зарянка – <i>Erithacus rubecula</i> (Linnaeus, 1758)	37	13	20	4
3	Обыкновенная пищуха – <i>Certhia familiaris</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	0	0
4	Обыкновенная сойка – <i>Garrulus glandarius</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	0	0
5	Черный дрозд – <i>Turdus merula</i> (Linnaeus, 1758)	2	1	1	0
6	Певчий дрозд – <i>Turdus philomelos</i> (Brehm, 1831)	20	8	12	0
7	Длиннохвостая синица – <i>Aegithalos caudatus</i> (Linnaeus, 1758)	3	0	2	1
8	Большая синица – <i>Parus major</i> Linnaeus, 1758	2	2	0	0
9	Рябчик – <i>Tetrastes bonasia</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	0	0
10	Обыкновенный поползень – <i>Sitta europaea</i> Linnaeus, 1758	1	0	1	0
11	Московка – <i>Periparus ater</i> (Linnaeus, 1758)	2	1	0	1
12	Длиннохвостая неясыть – <i>Strix uralensis</i> Pallas, 1771	1	0	0	1
13	Воробьиный сыч – <i>Glaucidium passerinum</i> (Linnaeus, 1758)	2	1	0	1
	Всего	74	29	37	8

Как видно из представленных в таблице 1 данных, всего за период работы погибшими от столкновений на данном участке было обнаружено 74 особи птиц, относящиеся к 13 видам и 3 отрядам: дятлообразные, совообразные, воробьинообразные (табл. 1).

Среди погибших птиц, преобладали зарянки *E. Rubecula* 37 особей (рис. 2) и певчие дрозды *T. Philomelos* 20 особей ($P < 0,05$).

Рис. 2. Зарянка *Erithacus rubecula* (Linnaeus, 1758)

Можно предположить, что эти виды являются наиболее многочисленными в ООПТ «Сосновая роща» и совершают более дальние кочевки в поисках корма. Их высокая активность, на наш взгляд связана и с началом сезонной миграцией этих видов птиц на юг которая начинается одной из первых (рис 3).

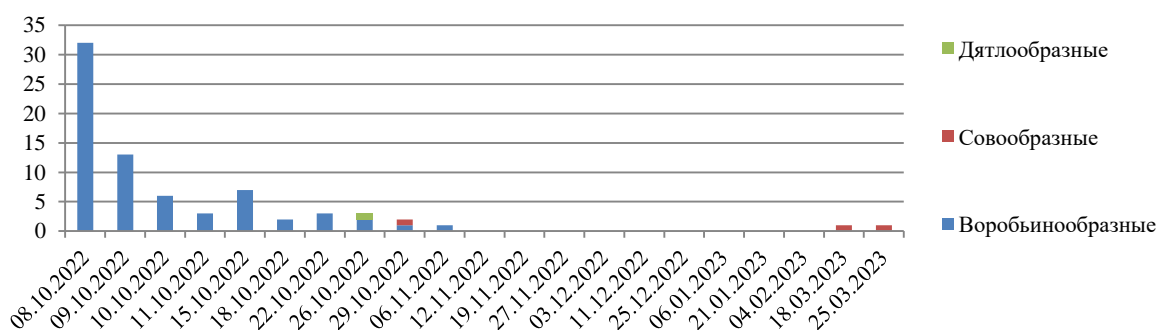


Рис. 3. Динамика гибели птиц по отрядам

Реже встречались московки *P. Ater*, большие синицы *P. Major*, воробьиные сычи *G. Passerinum*, длиннохвостые синицы *A. Caudatus* и черные дрозды *T. Merula*. Единично – обыкновенная пищуха *C. Familiaris*, обыкновенная сойка *G. Glandarius*, рябчик *T. Bonasia*, белоспинный дятел *D. Leucotos*, длиннохвостая неясыть *S. Uralensis*, обыкновенный поползень *S. Europaea*.

Как следует из полученных данных, во всех случаях число погибших самцов превышало число погибших самок. Это может объясняться более активным поиском корма и более дальними кочевками осуществляемыми самцами в это время.

Стоит отметить, что наиболее частым местом обнаружения мертвых птиц были участки трассы расположенные ближе всего к зоне произрастания деревьев и кустарников ООПТ (рис. 4).

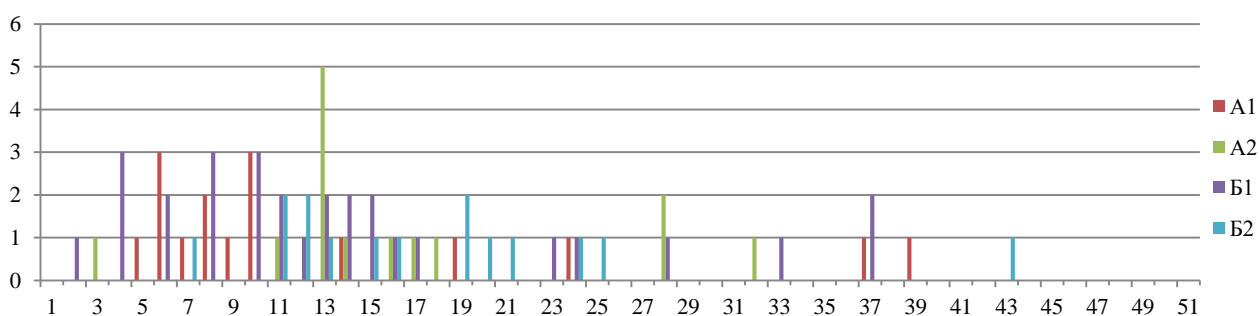


Рис. 4. График гибели птиц по секторам

Конкретно в секторе Б1.4. до Б1.14. расстояние до ближайших сосен составляло от 15 м. до 21 м. В секторах от Б2.10. до Б2.27. расстояние до защитного экрана составляло всего от 2 метров до 20 метров. На участках где гибель птиц была минимальной – это расстояние было более 40 метров. По всей видимости, расстояние 2–20 метров является критическим, на котором птицы, даже увидев препятствие, не успевают среагировать на резко появляющиеся преграды среди густой растительности и разбиваются.



Рис. 5. Прозрачные и черные силуэты птиц

Гибель птиц на новостройке вызвало большой общественный резонанс. В новостях эфира ВГТРК от 5.10.2022 «Спасем птиц Сосновой рощи вместе!», было представлено мнение на этот счет заведующего кафедрой биологии Забиякина В. А., предложено несколько путей решения этой проблемы. В частности было предложено силами общественности организовать компанию по сбору денег и наклейке на стекло защитных экранов силуэтов хищных птиц для отпугивания мелких воробьиных для которых они являются естественными врагами [10]. Уже через неделю силуэты птиц были наклеены. Сначала полупрозрачные,

что привело к сокращению с 11.10.2022 г. числа погибших особей до 6 голов (на 50 % от сборов 10.10.2022г). Однако эффект от таких наклеек был не долговременным. Уже 15 ноября число погибших особей снова достигло 7 штук. Черные, максимально похожие на естественные силуэты хищных были наклеены 26.10.2022 г. (рис. 5). После их размещения на экранах число погибших особей снова уменьшилось до 1–2 особи в неделю ($P < 0,05$) [11].

Таким образом, время привыкания птиц к прозрачным силуэтам составило 4 дня, к черным – этот период был более долговременным и продлился вплоть до начала осеннего перелета насекомоядных птиц. Уменьшение частоты травматизма можно так же связать с ранним отлетом некоторых видов птиц на юг: зарянка (в октябре – начале ноября), певчий дрозд (в сентябре – начале октября), черный дрозд (в конце октября).

Как показывают проведенные исследования гибель птиц от столкновения с частично прозрачными шумозащитными экранами была весьма существенна так за период с 8 октября по 6 ноября погибло около 70 птиц. Наклейка на защитные экраны силуэтов хищных птиц сократило гибель птиц в 2–3 раза, но такая мера носила кратковременный характер в виду привыкания птиц к статичной картинке.

Можно сделать неутешительный прогноз, что с предстоящим весенним прилетом птиц, дальнейшем вылете из гнезда молодых не опытных особей, гибель птиц в результате столкновения с защитными экранами трассы будет продолжаться.

В связи с этим необходимо продолжить наблюдение для разработки мер защиты и оборудование данного объекта специальными системами для предотвращения массовой гибели обитающих в ООПТ «Сосновая роща» птиц. Тем более, что в 2023 г. планируется начало второго этапа строительства магистрали, в ходе которого будет возведен участок протяженностью 2,5 км от улицы Луначарского до кольцевого пересечения с улицей Карла Маркса и путепровод через ж/д ветку «Зеленый Дол – Йошкар-Ола».

ЛИТЕРАТУРА

1. Силаева. О. Л., Звонов Б. М. Предупреждение биоповреждающей деятельности птиц в авиации и на ЛЭП // Русский орнитологический журнал 2019, Том 26, Экспресс-выпуск 1451: 2202–2207.
2. Захаров В. Д., Рассомахин М. А. Столкновение птиц с оконными стеклами // Русский орнитологический журнал 2019, Том 26, Экспресс-выпуск 1415: 959–961.
3. Тюлькин Ю. А. Смертность птиц от столкновения с зеркальными и стеклянными поверхностями зданий и сооружениями в Тобольске // Русский орнитологический журнал 2023, Том 32, Экспресс-выпуск 2279: 885–886.
4. Тильба П. А., Филиппов В. Л. Гибель птиц от столкновений с шумозащитными прозрачными ограждениями вдоль автодорог в городе Сочи // Русский орнитологический журнал 2019, Том 28, Экспресс-выпуск 1729: 598–602.
5. Корольков М. А. Гибель и травматизм птиц от столкновения с шумозащитными ограждениями на подъездных участках и развязках автодорог апезидентского моста в г. Ульяновске: первые результаты исследований. Ульяновск: Изд-во Корпорация технологий продвижения // Сборник научных трудов XXII межрегиональной научно-практической конференции. Том Вып. 21. Печатается по решению Ученого Совета, 2020. С. 111–115.
6. Кухта А. Е. Гибель птиц в период осенних перемещений на модельном участке жилой застройки Томска // Русский орнитологический журнал 2014, Том 23, Экспресс-выпуск 1049: 2910–2911.
7. Воронцов К. https://vk.com/wall89955260_4264
8. Барнауля А. Вдоль новой магистрали в Йошкар-Оле находят много погибших птиц // ГТРК Марий Эл. 05.10.2022 г.
9. Корепова Д. А. Атлас-определитель перьев птиц / Д.А.Корепова; Союз охраны природы и биоразнообразия NABU (Германия), Союз охраны птиц России, Ульяновский обл. краеведческий музей им. И.А.Гончарова. – Ульяновск: NABU: Союз охраны птиц России, 2016. – 317 с. Цв.
10. Мацюра А. В., Яковлев Р. В., Уланов П. Н. Использование визуальных репеллентов для управления поведением птиц // Алтайский государственный университет.

Морфологическая оценка влияния метаболического модулятора уридина на печень при экспериментальном диабете II типа у мышей

Смелова А. Д., студ. 1 курса

Науч. рук. – Дробот Г. П., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
alinasmelova245@icloud.com

Сахарный диабет (СД) – представляет собой группу метаболических заболеваний, характеризующихся хронической гипергликемией в результате нарушения секреции инсулина или неэффективного его использования клетками организма, либо причиной могут являться одновременно оба эти фактора. Хроническая гипергликемия при СД сопровождается поражением, дисфункцией и недостаточностью различных органов [1].

Печень — самый крупный из внутренних органов тела, составляющий 3—5% его массы. Она расположена непосредственно под диафрагмой в брюшной полости. Ее главная функция — поддержание гомеостаза [2]. Структурно функциональной единицей печени является печеночная долька [3], которая состоит из множества различных клеток, но преобладающими являются гепатоциты. Печень является первым органом, в который с кровью поступает инсулин, здесь реализуется его гормональное действие и опосредуются нарушения углеводного, жирового и белкового обмена [4]. Гипогликемическое действие инсулина проявляется в том, что он активизирует процесс синтеза гликогена в печени и скелетных мышцах [5]. С развитием СД увеличение количества жирных кислот препятствует связыванию инсулина с гепатоцитами и подавляет влияние инсулина на глюконеогенез печени, что усиливает резистентность к инсулину. Снижение активности инсулина в печени приводит к постоянному увеличению его производства глюкозы [6]. Нарушения структурного и функционального состояния печени на фоне СД выявляются в 95% случаев. Это связано с тем, что печень является активным участником углеводного и жирового обмена [7].

Уридин — 1- β -D-рибофуранозил-урацил, 2'-дезоксирибонуклеозид урацила, природный нуклеозид, один из важнейших метаболитов, участвующих в биосинтезе нуклеиновых кислот и коферментов, встречается во всех тканях животных и растений [8]. Физиологическое значение уридина связано с его ролью в качестве предшественника уридилных нуклеотидов. Моно-, ди- и трифосфорилированные производные уридина занимают важное место в биосинтезе и метаболизме нуклеиновых кислот, в метаболизме фосфора и углеводном обмене [8].

Для уменьшения периферических симптомов СД было предложено использовать ряд препаратов, в том числе уридин. Ингибируя фермент альдозоредуктазу, эти препараты предотвращают превращение глюкозы в сорбит, что уменьшает повреждение клеток, вызванное клеточным отеком [9]. Считается, что уридин, обладая способностью легко проникать в клетки, может способствовать отложению внутриклеточной глюкозы в виде гликогена [8].

Цель проводимого исследования заключалась в морфологической оценке влияния метаболических модуляторов на печень экспериментальном диабете II типа у мышей. Объектом для исследования послужила печень мышей линии C57BL/6NCrl. Для индукции сахарного диабета II типа мыши находились на специальной диете с высоким содержанием жиров в течение 4 недель. Далее каждый день в течение 4 недель вводили 30 мг/кг (массы тела) уридина внутривентриально. У животных еженедельно измеряли вес тела, с точностью определяя его до 0,1 г. Индуцирование СД 2 было успешно подтверждено показателем уровня глюкозы в крови и набором массы тела.

Животные были разделены на группы: Контроль, Контроль + Уридин, Диабет, Диабет + Уридин. Каждая группа включала 3–4 особи.

Для гистологического анализа у обследованных мышей вырезали печень с соблюдением всех гуманных правил по отношению к животным [10]. После забора необходимого материала обработку органов проводили в соответствии с общепринятой методикой [11]. Парафиновые срезы толщиной 5 мкм изготавливали с помощью саничного микротомы 'МС – 2'. Затем срезы печени расправляли на нагревательном столике марки ПСС – 109. Для дальнейшего исследования срезы окрашивали: 1) гематоксилин-эозином для обзорного морфологического описания печени; 2) ставили ШИК – реакцию – для выявления гликогена. Контроль на гликоген проводили при помощи α -амилазы [12].

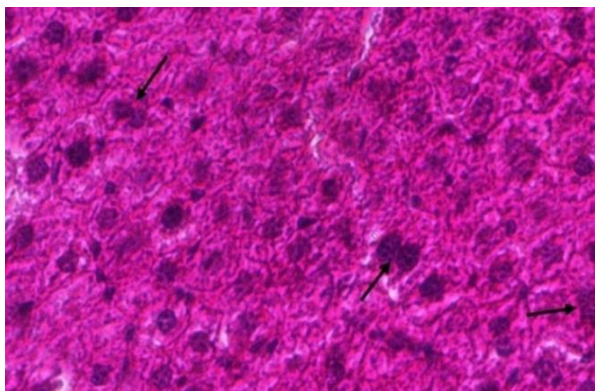


Рис. 1. Митотическая активность в гепатоцитах (гематоксилин – эозин; Об. 400 \times)

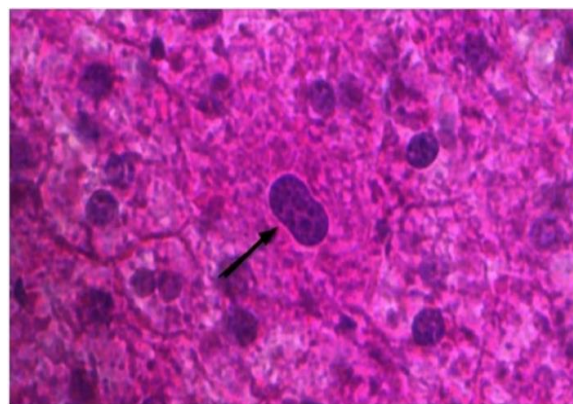


Рис. 2. Двоядерные гепатоциты (гематоксилин – эозин; Об. 400 \times)

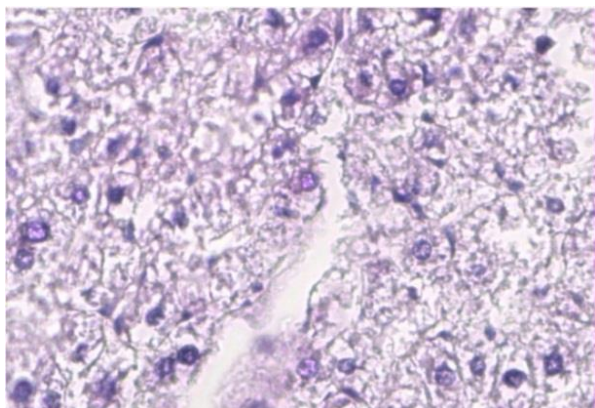
Также учитывали содержание двоядерных, полиплоидных и дистрофически измененных клеток. Подсчет вели в 50 ограниченных полях зрения (на одно животное) по методу Фолио [13]. Для статистической обработки

данных применяли непараметрический критерий Краскела-Уоллисса, Хи – квадрат Пирсона, U критерий Манна-Уитни. Различия признаков считались значимыми при $p < 0,05$. Паренхима органа у большинства мышей группы **Контроль** довольно плотная. Границы клеток четкие. Некоторые гепатоциты увеличены в размерах при неизменном размере ядра. Ядра клеток различаются: кроме обычных наблюдаются очень крупные, явно полиплоидные, встречаются и двуядерные клетки (рис.1). Митозы гепатоцитов были обнаружены только у одной особи (рис. 2).

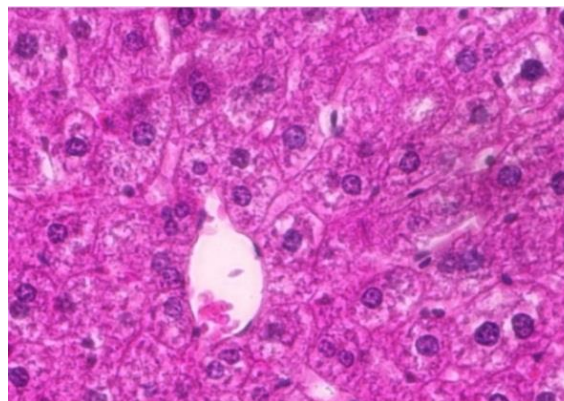
В клетках некоторых мышей редко наблюдается баллонная и зернистая дистрофия (рис. 3).

В паренхиме печени этой группы встречаются единичные гранулемоподобные очаги.

У мышей из группы **Контроль + Уридин** печень в основном имеет плотную, но в отдельных участках рыхлую паренхиму. Митозы гепатоцитов не обнаружены. Границы клеток четкие. Ядра покрашены неравномерно, встречаются довольно часто двуядерные гепатоциты.



а)



б)

Рис. 3. Дистрофия (гематоксилин – эозин; Об. 400 ×)
а) баллонная дистрофия; б) зернистая дистрофия

Также характерной чертой паренхимы печени мышей группы **Контроль + Уридин** является наличие гранул (рис. 4). Редко наблюдаются очаги лимфоцитарной инфильтрации. Иногда встречается баллонная и зернистая дистрофия клеток.

У группы мышей с индуцируемым **Диабетом** паренхима печени плотная. Границы клеток четкие. Цитоплазма гепатоцитов как в норме, так и с участками баллонной или зернистой дистрофии. На препаратах видны двуядерные и полиплоидные гепатоциты. Митозы в клетках отсутствуют. Инфильтрации паренхимы не наблюдается. Наблюдается полнокровие сосудов (рис. 5).

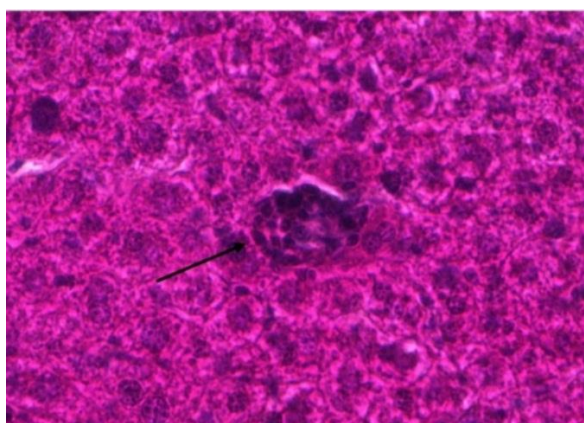


Рис. 4. Гранулемоподобный участок
(гематоксилин – эозин; Об. 400 ×)

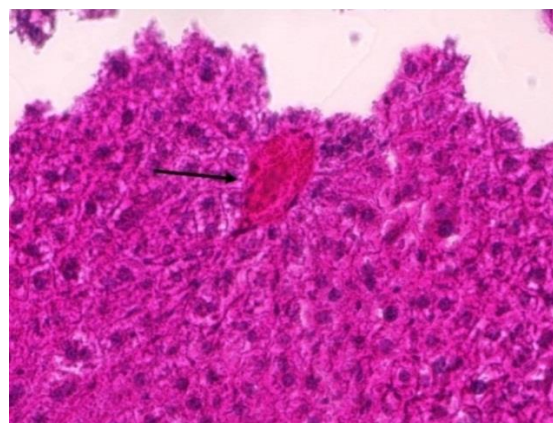


Рис. 5. Полнокровие сосудов печени
(гематоксилин – эозин; Об. 400 ×)

Паренхима печени в группе мышей **Диабет + Уридин** плотная или умеренно плотная. Гранулемоподобные участки не определяются. Инфильтрации нет. Сосуды и капилляры в основном запустевшие, реже содержат небольшое количество крови. Отмечены двуядерные и полиплоидные гепатоциты. Границы клеток четкие. Ядрышки крупные. Цитоплазма в норме, хорошо выявляется дистрофия клеток. Митозы не установлены.

Для выявления содержания гликогена в клетках печени использовали ШИК-реакцию с оценкой степени ее проявления и статистической обработкой данных при помощи хи – квадрата Пирсона. Оказалось, что в целом исследуемые группы мышей различаются по степени окраски печени на гликоген ($p=0,000853$), однако дальнейшее погрупповое сравнение степени окраски гепатоцитов печени (U критерий Манна-Уитни) не выявило никаких различий. На основании этого нами сделан вывод, что содержание гликогена в клетках печени всех групп мышей не различимо.

У мышей всех групп наблюдения количество двоядерных и полиплоидных гепатоцитов не различается, в то время как доли дистрофичных клеток имеют различные колебания ($p=0,0237$). Максимальное количество таких клеток выявлено при введении уридина мышам – диабетикам, что, вероятно, усугубляет их состояние.

Таким образом, в паренхиме печени мышей при сахарном диабете в отличие от здоровых мышей обнаружены такие патоморфологические сдвиги, как баллонная и зернистая дистрофия, гранулемы, полнокровные сосудов. Однако, существенного влияния уридина на гистологические структуры печени и накопление гликогена не установлено. Более того, его введение приводит к увеличению доли дистрофически измененных клеток, что требует специальной проверки, т.к. подобное состояние должно отягощать картину сахарного диабета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инициация и интенсификация сахароснижающей терапии у больных сахарным диабетом 2 типа: обновление консенсуса совета экспертов Российской ассоциации эндокринологов (2015 г.) / И.И. Дедов, М.В. Шестакова, А.С. Аметов [и др.] // Сахарный диабет. 2015. № 1. С. 5-23.
2. Биология. В 3 т. Т. 2 / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут; под ред. Р. Сопера; пер. 3-го англ. изд. 4-е изд., испр. (эл.). М. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2013. С. 434.
3. Трифионов Е. В. Антропология: дух – душа – тело – среда человека, или пневмапсихосоматология человека: русско-англо-русская энциклопедия. – 18-е изд. / Е.В. Трифионов. Москва. Медицина. 2015. С. 354 – 355.
4. Кравец Е. Б., Бирюлина Е. А., Миронова З. Г. Функциональное состояние гепатобилиарной системы у детей с инсулинзависимым сахарным диабетом // Проблемы эндокринологии. 1995. № 4. С. 15–17.
5. Балаболкин М. И. Диабетология. Москва. Медицина. 2000. 672 с.
6. Ахметов А. С., Топчиашивили В., Виноцкая Н. Влияние сахароснижающей терапии на атерогенность липидного спектра у больных ИНСД // Диабетогрфия. 1995. Вып. 1. С.15–19.
7. Нимаева Д. Э., Сизых Т. П. Характер поражения печени при сахарном диабете 2 типа // Сибирский медицинский журнал. 2015. С. 14–21.
8. Матерацци М., Полити В., Ди Стацио Дж., Де Лука Дж. Применение уридина в фармакологической терапии периферических осложнений диабета; г. Рим, Италия / Медицинские новости. 2003. № 5. С. 190.
9. Lipinski C. A., Hutson N. J. Aldose Reductase Inhibitors as a New Approach to the Treatment of Diabetic Complications // Annual Reports in Medicinal Chemistry. 1984. V. 19. P. 169–177.
10. Минина Е.Л. Проблемы правового регулирования обращения с животными // Журнал российского права. 2014. № 12. С. 81–88.
11. Трубочёва В. С., Дробот Г. П., Абдушевич Л. И. Большой практикум по гистологической технике / Йошкар-Ола. Марийский государственный университет. 2003. 47 с.
12. Кононский А. И. Гистохимия: учебное пособие для биологических специальностей вузов. Киев. Вища школа. 1976. 280 с.
13. Ронин В. С., Старобинец Г. М. Руководство к практическим занятиям по методам клинических лабораторных исследований. М.: Медицина. 1989. 320 с.

Review of biotechnological methods for the cultivation of microalgae

Snedkova P. V., Maryasova E. A.

Belgorod State National research university, Belgorod
1110586@bsu.edu.ru

Abstract: Microalgae or microphytes are microscopic algae invisible to the naked eye. They are phytoplankton commonly found in freshwater and marine systems, living both in the water column and in sediments; are photosynthetic organisms. These are unicellular species that exist individually, in chains or in groups. The cultivation of microalgae has become a significant part of production due to the versatility of their properties. Microalgae metabolites, high efficiency of photosynthesis, a smaller volume of the necessary nutrient medium and a high concentration density of organisms in the cultivated space make it possible to use them in various fields of medicine and agriculture. In this review paper, we describe the main algae cultivation techniques, including the characterization of microalgae and how they develop under different conditions.

Keywords: Microalgae; Microalgae Selection and Isolation; Microalgae Cultivation; Microbiological methods;

Microscopic algae or microphytes are unicellular microorganisms whose habitat includes fresh and marine waters that have the ability to undergo photosynthesis. These algae vary in size and shape, typically measuring between three and ten micrometers. Cyanobacteria (blue-green algae) can also be considered microalgae due to their similar ability to photosynthesize. They are similar in physiological structure and are considered part of a single group. These organisms can grow singly, in chains, or as small colonies and are essential components of aquatic ecosystems as they are producers of organic substances.

Research on microalgae metabolism dates back to the 1960s, but subsequent projects have revealed their ability to produce valuable metabolites with exceptional photosynthetic efficiency, indicating their vast potential for varied solutions. The culture was then studied for other aspects, including the impact of light intensity on cell growth and safety concerns when using microalgae as a food source.

The number of microalgae species that have been studied is limited compared to the 40,000 species that have been named and published. Scientists have focused on those with a high protein content, as well as those capable of producing alginic acids and alginates, ethyl and methyl alcohols, organic acids and esters. The biodiversity of microalgae is largely unexplored and represents a vast, untapped resource. Thirty years ago, it was estimated that there were up to several million species of microalgae, and compared to the 250,000 species of higher plants, this is a huge variety of forms and also an impressive space for research.

Previously, microalgal biomass culturing was only seen as a viable option when integrated into systems that could simultaneously address environmental issues. The cost of producing a standard photosynthesis crop was very high due to the need for large energy inputs, land resources and nutrients.

Microalgae cultivation has the potential to provide a diverse range of essential nutrients. In addition, growing microalgae takes less time than vascular plants. The final yield of biomass per hectare of land significantly exceeds the productive potential of higher plants. This fact suggests a high economic relevance of microalgae production. Thus, the final product manufacturing with a high content of nutrients occurs on a large scale and with fewer resources. In addition, if we talk about food production on a global scale, the decisive factor is the economically rational use of land, which gives an advantage to microalgae production, since they can use any climatic conditions of the earth and water sources unacceptable for growing agricultural crops of higher plants to organize the production process. This makes microalgae cultivation technologies an almost universal solution to global overpopulation of the earth.

The areas of potential application of microalgae are very diverse. In the near future, the use of these organisms in the field of phytoremediation or carbon capture is expected, which will play an important role in stopping global warming and soil ecology. Such a versatile use of microalgae requires a thorough study of their basic properties and continuous improvement of cultivation technology. This will help determine the most productive species for each application and develop the most profitable implementation technology.

The selection and characterization of microalgae is the first step in the process and is common to every application. In choosing a particular type, special attention is paid to the characteristics of the growth rate and the percentage of conversion. Next, it is necessary to choose the most optimal cultivation regime with the maximum biomass yield. The culture medium must be economical to use. The choice of collection method is also important. It should provide maximum recovery and reuse of raw materials.

Previous studies have reported that there is a synergistic effect in group forms of bacteria and algae. However, the isolation and identification of algal species usually take place before their use. This process takes place using traditional microbiological methods. In this stage, the selected species is separated from other crops or environmental elements present. The choice of isolation method depends on the conditions of the sample and the type of microalgae being studied.

As already mentioned, the culture isolation process is based on the microbiological method. One variation of this method is serial dilution. Its essence consists in the gradual dilution of an impure algae sample. This makes it possible to reduce the density of cell concentration per unit volume. As a result, inoculation of a dilute solution will give a homogeneous colony of the required type.

The next isolation option occurs using agar plates. The solid agar-nutrient medium is developed taking into account the biochemical characteristics of the natural habitat of microalgae. The pH of the medium and the temperature regime are also taken into account. A small fraction of the inoculum is spread over the surface of the agar medium using platinum-rhodium loops. Antimicrobial agents and filtration techniques may also be used for some specific species. Some particular species, such as *Arthrospira platensis*, require specially designed methods, along with a suitable nutrient medium and photoperiod.

The most commonly used cultivation method is in photoautotrophic and heterotrophic modes. However, some types of algae allow the use of a mixotrophic or photoheterotrophic regime. In mixotrophic mode, microalgae use both organic and inorganic carbon sources to produce biomass, while in photoheterotrophic mode, they use organic

carbon as a source of energy and inorganic carbon as a source of carbon. These modes have advantages such as higher biomass productivity, improved nutrient uptake, and reduced costs as compared to traditional cultivation modes. However, the selection of a cultivation mode for microalgae depends on several factors, including the species of microalgae and the application for which it is being grown. In the case of an autotrophic type of nutrition, microalgae use sunlight to process an inorganic source of carbon (CO₂) and, due to this, produce organic substances. To create such conditions in the process of artificial cultivation, submersible equipment for liquid or gas dispersion of atmospheric air is used. For this type of cultivation, an open pond system is used. It has been in use since the late 1950s and is the simplest system for growing microalgae. However, there are downsides to this technique. Susceptibility to infection by other microalgae and microorganisms, unstable temperature regime depending on the length of daylight hours impose restrictions on the open pond system in use for global production.

In the process of solving these problems, closed systems for cultivating microalgae – photobioreactors – were developed. Various designs of this equipment have made it possible to increase the stability of the process. These closed systems offer several advantages, including aseptic growing conditions, which minimize contamination; controlled lighting, temperature, and nutrient supply; and continuous harvesting. However, closed systems are more expensive than open pond systems and may not be economically feasible for certain target products. Therefore, the development of an inexpensive and climate-independent process for cultivating microalgae in closed systems remains a challenge in the field. Researchers are working to improve closed photobioreactors' cost efficiency without compromising product quality to make them more competitive with open pond systems.

As researchers explore ways to reduce the cost of the production process, they are also discovering new properties of microalgae. One promising avenue is heterotrophic cultivation, in which microalgae are grown using organic carbon sources such as glucose or cheaper alternatives, such as hydrolyzed products derived from cellulosic materials or wastewater from several sources. In the course of research, it turned out that the use of heterotrophic conditions in the cultivation of microalgae accelerates their growth rate and density per unit of substrate. This fact makes it possible to reduce the costs not only for growing the product, but also for harvesting. This shift towards cheaper carbon sources has the potential to significantly reduce the cost of producing microalgae, making them more accessible for a wide range of industrial applications. Additionally, new technologies are being developed to further optimize the production process and reduce costs, such as the use of waste heat or CO₂ from industrial processes as inputs for microalgae cultivation.

While heterotrophic cultivation offers the potential to significantly reduce the cost of microalgae cultivation by reusing excess nutrients contained in factory or domestic wastewater, it also presents challenges due to the increased susceptibility to pollution. In search of a solution to this problem, an integrated method was discovered, which consists in combining two processes: biomass production and wastewater treatment. In the course of the study, it was found that the use of wastewater as a source of carbon in heterotrophic cultivation allows the production of large amounts of lipids and biomass. Also, with this type of production, nitrogen and phosphorus are simultaneously assimilated. By utilizing nutrients in wastewater, this approach reduces the need for added nutrients, further decreasing the cost of microalgae cultivation. The use of microalgae in wastewater treatment holds great promise and is an area of active research.

Mixotrophic cultivation can potentially offer advantages of both heterotrophic and autotrophic cultivation for microalgae production. The process can be characterized as a two-stage regime where microalgae initially experience high levels of an organic carbon source but eventually deplete the nutrient which leads to the need to assimilate CO₂ through photosynthesis. In this way, mixotrophic cultivation can force microalgae to alternate between autotrophy and heterotrophy modes, thereby increasing the rate of biomass and lipid production. To achieve optimal growth rates in mixotrophic cultivation, the dark and light cycles must be effectively integrated, ensuring the right balance of autotrophic and heterotrophic conditions. Successful implementation of mixotrophic cultivation can lead to increased biomass and lipid productivity and reduced running costs, resulting in a highly efficient and cost-effective method for microalgae production.

Thus, summarizing all of the above, there are two main ways of cultivating microalgae – in open and closed systems. In the first case, algae cultivation is carried out in ponds and pools of various designs and sunlight is used as a source of illumination. This method is economical, but has its drawbacks. Another way is to use closed photobioreactor systems with artificial lighting. The use of this method has its advantages in terms of the quality of the material produced, however, its high selling price imposes some limitations on its application.

Indeed, the choice of method and conditions for cultivating microalgae depends on the conditions of the natural environment of nutrition and the nutritional needs of specific cultivated species. The chemical composition

of the nutrient medium is crucial for providing the necessary nutrients for growth, and different species may require different types and concentrations of nutrients. Similarly, the type of lighting, temperature, and acidity levels can also affect growth and productivity. For example, some microalgae species require specific wavelengths of light for optimal growth, while others may thrive at different temperatures or pH levels. Optimizing these conditions for a specific species can help to increase biomass and lipid production and improve the overall efficiency of the cultivation process. Ultimately, understanding the unique nutritional and environmental requirements of microalgae species is essential for developing effective cultivation methods that maximize productivity and minimize costs.

LITERATURE

1. Anyanwu R. C., Rodriguez C., Durrant A., Olabi A. G. Microalgae Cultivation Technologies. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering: Elsevier; 2018.
2. Acién F. G., Molina E., Reis A., Torzillo G., Zittelli G.C., Sepúlveda C., et al. Photobioreactors for the production of microalgae A2 – Gonzalez-Fernandez, Cristina. In: Muñoz R, editor.
3. Costa J. A. V., Freitas B. C. B., Santos T. D., Mitchell B. G., Morais M. G. Open pond systems for microalgal culture. Biofuels from Algae: Elsevier; 2019. P. 199–223.
4. Demirel Z.; Yilmaz F. F.; Ozdemir G.; Dalay M. C. Influence of media and temperature on the growth and the biological activities of *Desmodesmus protuberans* (F.E. Fritsch & M.F. Rich) E. Hegewald. Turk. J. Fish. Aquat. Sci. 2018, 18, 1195–1203.
5. Hu J., Nagarajan D., Zhang Q., Chang J. S., Lee D. J. Heterotrophic cultivation of microalgae for pigment production: A review. Biotechnol. Adv. 2018;36(1):54–67.
6. López-Rosales L., Sánchez-Mirón A., Contreras-Gómez A., García-Camacho F., Battaglia F., Zhao L., et al. Characterization of bubble column photobioreactors for shear-sensitive microalgae culture. Bioresour. Technol. 2019;275:1–9.
7. Qiu R.; Gao, S.; Lopez P. A.; Ogden K. L. Effects of pH on cell growth, lipid production and CO₂ addition of microalgae *Chlorella sorokiniana*. Algal Res. 2017, 28, 192–199.
8. Uggetti E., Sialve B., Hamelin J., Bonnafous A., Steyer J. P. CO₂ addition to increase biomass production and control microalgae species in high rate algal ponds treating wastewater. Journal of CO₂ Utilization. 2018;28:292–8.

Флористический состав некоторых растительных сообществ с высоким проективным покрытием люпина многолистного (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) на территории Республики Марий Эл

Суворова О. В., студ. 1 курса

Науч. рук. – Жукова О. В., канд. биол. наук

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
olgya.suvorova@bk.ru

Люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus* Lindl.), естественным ареалом которого считается Северная Америка, является инвазионным видом на территории Средней России. Это двулетнее или короткоживущее многолетнее травянистое растение включено в «Черную книгу флоры Средней России» [1]. Вид обладает высокой семенной продуктивностью, поэтому может быстро расселяться из очагов заноса и выступать доминантом в растительных сообществах [2, 3].

Цель работы – изучение флористического состава некоторых растительных сообществ с высоким проективным покрытием люпина многолистного на территории Республики Марий Эл.

Материал собрали в пяти местах Республики Марий Эл: в Оршанском районе в окрестностях д. Малая Орша на пойменном лугу (2014 г.) (далее, М1); в Куженерском районе в кювете асфальтовой дороги на повороте к д. Малый Царанур (2013 г.) (далее, М2), в кювете дороги к д. Халтурино (2020 г.) (далее, М3), на пойменном лугу в пгт. Куженер на ул. Запрудной (2020 г.) (далее, М4); в Медведевском районе в кювете Кокшайского тракта у поворота на п. Светлый (2021 г.) (далее, М5). Провели геоботанические описания на площади 10 (М1), 12 (М2) и 25 м² (М3–М5). Видовую принадлежность растений выявляли с помощью определителей [4–7]. У каждого вида определяли экологическую группу по отношению к свету, влаге [8], эколого-ценотическую группу и жизненную форму [9]. Степень сходства растительных сообществ вычисляли с помощью коэффициента общности Жаккара [10].

Во всех растительных сообществах люпин многолистный является доминирующим видом. Его проективное покрытие составляет 70 в М1 и М2, 90 в М3 и М4, 100 % в М5. Растительные сообщества содержат по 12–25 видов. Всего выявлено 59 видов, которые относятся к 17 семействам. Наибольшим числом видов представлены 8 семейств: *Apiaceae* Lindl., *Caryophyllaceae* Juss., *Compositae* Giseke., *Fabaceae* Lindl., *Gramineae* Juss., *Plantaginaceae* Juss., *Rosaceae* Juss., *Rubiaceae* Juss. Другие семейства (*Convolvulaceae* Juss., *Superaceae* Juss., *Euphorbiaceae* Juss., *Geraniaceae* Juss., *Juncaceae* Juss., *Lamiaceae* Martinov., *Ranunculaceae*

Juss., Urticaceae Juss., Violaceae Batsch.) представлены единичными видами. Нет общих видов, кроме люпина многолистного, для всех сообществ. В исследованных сообществах обнаружено 14 видов семейства Gramineae (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert., *Anthoxanthum odoratum* L., *Dactylis glomerata* L., *Bromus inermis* Leyss., *Poa pratensis* L., *Festuca pratensis* Huds., *Agrostis 89peciose*89 Roth., *Artemisia absinthium* L., *A. capillaris* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski., *Phleum 89peciose* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) P.Beauv., *Elymus caninus* L.), 12 видов Compositae (*Centaurea jacea* L., *Leontodon biscutellifolius* DC., *Arctium lappa* L., *Tussilago farfara* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex F.H.Wigg., *Sonchus arvensis* L., *Tanacetum vulgare* L., *Artemisia vulgaris* L., *Achillea millefolium* L., *Cichorium intybus* L., *Hieracium umbellatum* L.), 7 видов Fabaceae (*Vicia cracca* L., *Trifolium hybridum* L., *T. 89peciose* L., *T. repens* L., *T. medium* L., *Lupinus polyphyllus*, *Lathyrus sylvestris* L.), 5 видов Rosaceae (*Geum urbanum* L., *G. rivale* L., *Fragaria vesca* L., *Alchemilla micans* Buser, *A. acutiloba* Opiz), 4 вида Caryophyllaceae (*Stellaria graminea* L., *S. media* (L.) Vill., *Melandrium album* (Mill.) Garcke., *Viscaria vulgaris* Bernh.), по 3 вида Apiaceae (*Pimpinella 89peciose*89 L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Pastinaca sativa* L.) и Plantaginaceae (*Veronica chamaedrys* L., *Plantago major* L., *P. 89peciose*8989 L.), 2 вида Rubiaceae (*Galium mollugo* L., *G. aparine* L.).

Максимальное проективное покрытие видов в разных растительных сообществах невысокое: *Dactylis glomerata* (20 %), *Taraxacum officinale* (20 %), *Trifolium hybridum* (18 %), *Convolvulus arvensis* (17 %), *Trifolium repens* (11 %), *Carex 89pecios* (10 %), *Phleum 89peciose* (6 %) и *Achillea millefolium*, *Bromus inermis*, *Elytrigia repens*, *Galium mollugo*, *Plantago lanceolate* (5 %). Другие виды имеют очень низкое проективное покрытие.

Общий список видов из всех сообществ представлен, в основном, светолюбивыми растениями (66 %), мезофитами (85 %). По эколого-ценотической группе большинство видов – растения суходольных лугов, встречаются растения пойменных лугов, сухих боров, низинных болот и сырых лугов, черноольшаников, неморальных лесов, сорные растения и единичные виды растений экотонных сообществ. По классификации И.Г. Серебрякова встречаются такие жизненные формы как стержнекорневые (32 %), длиннокорневищные (22 %), короткокорневищные (19 %), рыхлокустовые (14 %), реже корнеотпрысковые, ползучие, кистекоорневые и плотнокустовые растения; по классификации К. Раункиера преобладают гемикриптофиты (88 %), а также встречаются геофиты, хамефиты и терофиты.

Флористическое сходство пар растительных сообществ по коэффициенту общности Жаккара изменяется от 8 до 23 %. Самые высокие значения коэффициента (23 %) получены для сообществ, которые располагаются в окрестностях Куженерского района в кювете асфальтовой дороги на повороте к д. Малый Царанур и на пойменном лугу в пгт. Куженер на ул. Запрудной. Самое низкое значение коэффициента (8 %) – для пары сообществ в окрестностях Оршанского района д. Малая Орша и Куженерского района в кювете дороги к д. Халтурино.

В растительных сообществах с высоким проективным покрытием люпина многолистного наблюдается присутствие видов растений из разных семейств, но, в основном, с минимальным проективным покрытием. Люпин является растением трансформером. Разнообразный видовой состав может определяться тем, что люпин повышает плодородие почвы.

Выражаем благодарность за помощь в сборе материала Т. А. Гудзь, А. Э. Кожевниковой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Ю. К. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. М.: ГЕОС, 2009. С. 304–311.
2. Абрамова Л. М. Люпин многолистный в Башкортостане / Л.М. Абрамова, А.Н. Мустафина, О.А. Каримова, Д.Р. Кансапарова // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2016. Т. 21, № 3 (83). С. 33–43.
3. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Адвентизация растительности: инвазивные виды и инвазивность сообществ // Успехи современной биологии. 2001. Т. 121 (№ 6). С. 550–562.
4. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 600 с.
5. Флора европейской части СССР: в 11 т. Т. 7 / отв. Ред. И ред. Тома Н.Н. Цвелев. СПб.: Наука, 1994. 317 с.
6. Определитель растений Мещеры. Часть 1/ под ред. В.Н. Тихомирова. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1986. 240 с.
7. Абрамов Н. В. Конспект флоры Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: МарГУ, 1995. 192 с.
8. Учебно-полевая практика по ботанике: Учебное пособие для биол. Спец. Вузов / М.М. Старостенкова, М. А. Гуленкова, Л.М. Шафранова, Н.И. Шорина. М.: Высш. Шк., 1990. С. 144–147.
9. Полевой экологический практикум. Учебное пособие. Ч.1 / Мар. Гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2000. С. 46–47, 95–109.
10. Василевич В. И. Статистические методы в геоботанике. Л.: Наука, 1969. 239 с.

Семейство губоцветные (Lamiaceae) во флоре Республики Марий Эл

Теплых А. П., студ. 2 курса, Жукова Ю. В., студ. 2 курса

Науч. рук. – Суетина Ю. Г., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
suetina@inbox.ru

Семейство губоцветные (Lamiaceae) насчитывает около 200 родов и 3500 видов, распространенных почти по всему земному шару. Особенно многочисленны они в странах средиземноморской флоры. Довольно богаты ими горные районы тропиков, особенно Центральная и Южная Америка. Почти полностью губоцветные отсутствуют в Арктике и Антарктике. Очень мало их в зоне тайги. В Австралии представлены главным образом эндемичные роды. Еще беднее губоцветными Новая Зеландия [1].

Во флоре Республики Марий Эл семейство губоцветные входит в 10 семейств с наибольшим числом родов и видов [2], что свидетельствует о его значительной роли в формировании растительного покрова территории республики.

Цель исследования – провести флористический, морфологический, экологический и эколого-ценотический анализы и охарактеризовать ресурсный потенциал растений семейства губоцветных, произрастающих на территории Республики Марий Эл.

Материалом для проведения исследования являются литературные данные [2–6] и коллекции, хранящиеся в музее-гербарии «YOLA» им. Н. В. Абрамова Марийского государственного университета. В работе проводится морфологический анализ на основе классификаций жизненных форм И. Г. Серебрякова и К. Раункиера, экологический анализ растений по отношению к водному режиму, эколого-ценотический анализ, анализ хозяйственно-ценных групп растений. При характеристике жизненных форм и экологических групп использованы работы [3, 7, 8]. Эколого-ценотические группы рассмотрены по классификации О. В. Смирновой, Л. Г. Ханиной, В. Э. Смирнова [9] и базе данных «Флора сосудистых растений Центральной России» [10]. Хозяйственно-ценные группы растений охарактеризованы на основе публикаций [4, 7, 11, 12].

Семейство губоцветные во флоре Республики Марий Эл представлено 43 видами, относящимися к 21 роду. Наибольшее видовое разнообразие имеют 3 рода: яснотка (*Lamium*), пикульник (*Galeopsis*), чистец (*Stachys*).

Род яснотка представлен 5 видами: яснотка белая (*L. Album* L.), я. Гибридная (*L. Hybridum* Vill.), я. Пятнистая (*L. Maculatum* L.), я. Пурпурная (*L. Purpureum* L.), я. Стеблеобъемлющая (*L. Amplexicaule* L.); род пикульник – 4 видами: п. двунадрезный (*G. Bifida* Voenn.), п. красивый (*G. 90peciose* Mill.), п. ладанниковый (*G. Ladanum* L.), п. обыкновенный (*G. Tetrahit* L.); род чистец – 4 видами: ч. Болотный (*S. Palustris* L.), ч. Лекарственный (*S. Officinalis* (L.) Trevis), ч. Лесной (*S. sylvatica* L.), ч. Однолетний (*S. annua* L.).

Роды котовник (*Nepeta*), мята (*Mentha*), шлемник (*Scutellaria*) включают по 3 вида: к. Венгерский (*N. pannonica* L.), к. Кошачий (*N. cataria* L.), к. Крупноцветковый (*N. grandiflora* Vieb.); м. Длиннолистная (*M. longifolia* (L.) Nath.), м. Перечная (*M. piperita* L.), м. Полевая (*M. arvensis* L.); ш. Копьелистный (*S. hastifolia* L.), ш. Обыкновенный (*S. galericulata* L.), ш. Сомнительный (*Scutellaria dubia* Taliev et Sirj.).

Роды будра (*Glechoma*), живучка (*Ajuga*), змееголовник (*Dracocephalum*), зюзник (*Lycopus*), тимьян (*Thymus*), шалфей (*Salvia*) представлены 2 видами: б. Жестколистная (*G. 90pecios* Waldst. Et Kit.), б. Плющевидная (*G. hederacea* L.); ж. Женевская (*A. genevensis* L.), ж. Ползучая (*A. reptans* L.); з. Руйша (*D. ruyshiana* L.), з. Тимьяноцветковый (*D. thymiflorum* L.); з. Высокий (*L. exaltatus* L. fil.), з. Европейский (*L. europaeus* L.); т. Блошинный (*T. pulegioides* L.), т. Ползучий (*T. serpyllum* L.); ш. Мутовчатый (*S. verticillata* L.), ш. Сухостепной (*S. tesquicola* Klok. Et Pobed.).

Остальные роды представлены 1 видом: белокудренник черный (*Ballota nigra* L.), душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.), зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.), зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa* L.), пахучка обыкновенная (*Clinopodium vulgare* L.), пустырник пятилопастной (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), щербушка полевая (*Acinos arvensis* (Lam.) Dandy), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.), эльсгольция реснитчатая (*Elsholtzia 90pecios* (Trunb.) Hyl.).

На территории республики произрастает 6 редких видов растений семейства губоцветные, которые занесены в Красную книгу Республики Марий Эл [13]: *Galeobdolon luteum*, *Nepeta cataria*, *Phlomis tuberosa*, *Salvia tesquicola*, *S. verticillata*, *Thymus pulegioides*. В работе они рассмотрены с позиций ресурсной ценности, поскольку могут выращиваться в культуре.

Elsholtzia 90pecios отнесена к инвазионным видам растений [14], встречается близ жилья в населенных пунктах, отмечена в г. Йошкар-Оле [4]. Являясь видом пионерных сообществ, не выдерживает конкуренции со стороны многолетних видов травянистых растений и не представляет большой инвазионной опасности.

На основе классификации И. Г. Серебрякова был проведен анализ жизненных форм растений, который показал, что в Республике Марий Эл семейство губоцветные представлено травянистыми (95,3 %) и полудревесными (4,7 %) растениями. Из травянистых преобладают поликарпические растения – 30 видов (69,8 %) следующих жизненных форм: длиннокорневищные – 13 видов (43,3 %) (*Scutellaria dubia*, *S. Galericulata*, *S. Hastifolia*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Lamium album*, *Stachys sylvatica*, *Clinopodium vulgare*, *Origanum vulgare*, *Lycopus europaeus*, *L. Exaltalus*, *Mentha arvensis*, *M. Piperita*, *M. Longifolia*), ползучие – 5 видов (16,7 %) (*Glechoma hederacea*, *G. 9Ipecios*, *Prunella vulgaris*, *Lamium maculatum*, *Galeobdolon luteum*), стержнекорневые 5 видов (16,7 %) (*Nepeta cataria*, *N. Grandiflora*, *N. Pannonica*, *Salvia tesquicola*, *S. Verticillata*), надземностолонные 2 вида (6,7 %) (*Ajuga genevensis*, *A. Reptans*), клубнеобразующие 2 вида (6,7 %) (*Phlomis tuberosa*, *Stachys palustris*) короткокорневищные – 2 вида (6,7 %) (*Ballota nigra*, *Leonurus quinquelobatus*), кистекорневые 1 вид (3,3 %) (*Stachys officinalis*). Травянистые монокарпические растения представлены 11 видами (25,5 %) (*Galeopsis bifida*, *G. Ladanum*, *G. 9Ipeciose*, *G. Tetrahit*, *Dracocephalum thymiflorum*, *Lamium amplexicaule*, *L. Hybridum*, *L. Purpureum*, *Stachys annua*, *Acinos arvensis*, *Elsholtzia 9Ipecios*), которые являются однолетними, *Dracocephalum thymiflorum*, может быть и двулетним. Полудревесные растения представлены 2 полукустарничками (*Thymus serpyllum*, *T. Pulegioides*).

На основе системы жизненных форм К. Раункиера среди представителей семейства были выделены 4 группы: гемикриптофиты – 26 видов (60,5 %) (*Ajuga genevensis*, *A. Reptans*, *Scutellaria dubia*, *S. Galericulata*, *S. Hastifolia*, *Glechoma hederacea*, *G. 9Ipecios*, *Prunella vulgaris*, *Lamium album*, *L. Maculatum*, *Ballota nigra*, *Origanum vulgare*, *Leonurus quinquelobatus*, *Stachys officinalis*, *S. Sylvatica*, *Salvia tesquicola*, *S. Verticillata*, *Nepeta cataria*, *N. Grandiflora*, *N. Pannonica*, *Clinopodium vulgare*, *Lycopus europaeus*, *L. Exaltalus*, *Mentha arvensis*, *M. Piperita*, *M. Longifolia*), из которых *Nepeta cataria*, *N. Grandiflora*, *N. Pannonica* могут быть хамефитами; терофиты – 11 видов (25,6 %) (*Dracocephalum thymiflorum*, *Galeopsis bifida*, *G. 9Ipeciose*, *G. Tetrahit*, *G. Ladanum*, *Lamium hybridum*, *L. Amplexicaule*, *L. Purpureum*, *Stachys annua*, *Acinos arvensis*, *Elsholtzia 9Ipecios*), хамефиты – 4 вида (9,3 %) (*Dracocephalum ruyschiana*, *Galeobdolon luteum*, *Thymus serpyllum*, *T. Pulegioides*); геофиты – 2 вида (4,6 %) (*Phlomis tuberosa*, *Stachys palustris*).

Губоцветные произрастают по всей территории Республики Марий Эл в самых разнообразных экологических условиях по отношению к увлажнению почвы. Среди них преобладают мезофиты – 25 видов (58,2 %) (*Ajuga genevensis*, *A. Reptans*, *Glechoma hederacea*, *G. 9Ipecios*, *Dracocephalum thymiflorum*, *Prunella vulgaris*, *Galeopsis bifida*, *G. Ladanum*, *G. 9Ipeciose*, *G. Tetrahit*, *Lamium album*, *L. Amplexicaule*, *L. Hybridum*, *L. Maculatum*, *L. Purpureum*, *Ballota nigra*, *Galeobdolon luteum*, *Leonurus quinquelobatus*, *Stachys annua*, *S. Officinalis*, *S. Sylvatica*, *Clinopodium vulgare*, *Origanum vulgare*, *Thymus serpyllum*, *T. Pulegioides*), далее в порядке уменьшения следуют ксеромезофиты – 8 видов (18,6 %) (*Nepeta cataria*, *N. Grandiflora*, *N. Pannonica*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Phlomis tuberosa*, *Salvia verticillata*, *Acinos arvensis*, *Elsholtzia 9Ipecios*), гигрофиты – 5 видов (11,6 %) (*Lycopus europaeus*, *L. Exaltalus*, *Mentha arvensis*, *M. Piperita*, *M. Longifolia*), гигромезофиты – 4 вида (9,3 %) (*Scutellaria dubia*, *S. Galericulata*, *S. Hastifolia*, *Stachys palustris*), мезоксерофиты – 1 вид (2,3 %) (*Salvia tesquicola*).

Представители этого семейства встречаются на всей территории Республики Марий Эл. Они относятся к 7 эколого-ценотическим группам: лугово-степные – 19 видов (44,2 %) (*Nepeta grandiflora*, *N. Pannonica*, *Dracocephalum ruyschiana*, *D. Thymiflorum*, *Prunella vulgaris*, *Phlomis tuberosa*, *Galeopsis bifida*, *G. Ladanum*, *G. 9Ipeciose*, *G. Tetrahit*, *Ballota nigra*, *Leonurus quinquelobatus*, *Stachys annua*, *Lamium amplexicaule*, *L. 9Ipecios*, *Salvia tesquicola*, *S. Verticillata*, *Mentha longifolia*, *M. Piperita*), неморальные – 13 видов (30,2 %) (*Ajuga genevensis*, *A. Reptans*, *Glechoma hederacea*, *G. 9Ipecios*, *Lamium hybridum*, *L. Maculatum*, *Stachys sylvatica*, *Clinopodium vulgare*, *Origanum vulgare*, *Elsholtzia 9Ipecios*, *Nepeta cataria*, *Galeobdolon luteum*, *Stachys officinalis*), нитрофильные – 4 вида (9,3 %) (*Stachys palustris*, *Mentha arvensis*, *Lycopus europaeus*, *L. Exaltalus*), боровые – 3 вида (7,0 %) (*Acinos arvensis*, *Thymus serpyllum*, *T. Pulegioides*), водно-болотные – 2 вида (4,7 %) (*Scutellaria galericulata*, *S. Hastifolia*), степные – 1 вид (2,3 %) (*Scutellaria dubia*), бореальные – 1 вид (2,3 %) (*Lamium album*).

Виды семейства губоцветные играют заметную роль в хозяйственной деятельности человека. В результате проведенного анализа (табл. 1) следует отметить, что многие виды растений могут включать в себя несколько хозяйственно-полезных свойств. Значительную часть занимают медоносные растения – 35 видов (81,4 %). Лекарственные растения представлены 27 видами (62,8 %), которые применяются в народной медицине. Эта группа растений требует осторожного обращения, так как 8 видов (18,6 %), являются ядовитыми. Эфиромасличные растения представлены 18 видами (41,9 %). Эфирные масла являются ценным сырьем для пищевой и парфюмерно-косметической промышленности. Кормовые растения, являющиеся основой для создания прочной кормовой базы животноводства, представлены 15 видами (34,9 %). В качестве пищевых растений используются 11 видов (25,6 %), декоративных – 11 видов (25,6 %), пастбищных – 4 вида (9,3 %). Техническая группа представлена красильными и дубильными растениями – по 4 вида (9,3 %).

Таблица 1

Хозяйственно-ценные группы растений семейства губоцветные Республики Марий Эл

	Название растений	Пищевые	Лекарственные	Медоносные	Эфиромасличные	Ядовитые	Красильные	Кормовые	Пастбищные	Декоративные	Дубильные
1.	<i>Acinos arvensis</i>		+		+						
2.	<i>Ajuga genevensis</i>		+	+				+		+	
3.	<i>A. reptans</i>			+				+		+	
4.	<i>Ballota nigra</i>		+								
5.	<i>Clinopodium vulgare</i>		+					+			
6.	<i>Dracocephalum thymiflorum</i>		+	+	+			+	+		
7.	<i>D. ruyschiana</i>			+	+			+		+	
8.	<i>Elsholtzia ciliata</i>	+	+	+	+					+	
9.	<i>Galeopsis ladanum</i>		+	+		+					
10.	<i>G. speciosa</i>			+		+					
11.	<i>G. tetrahit</i>			+		+					
12.	<i>G. bifida</i>			+		+					
13.	<i>Galeobdolon luteum</i>		+							+	
14.	<i>Glechoma hederacea</i>		+	+		+			+		
15.	<i>G. hirsuta</i>			+							
16.	<i>Lamium amplexicaule</i>		+		+						
17.	<i>L. album</i>	+	+	+				+			
18.	<i>L. hybridum</i>							+			
19.	<i>L. maculatum</i>	+		+				+			
20.	<i>L. purpureum</i>			+				+			
21.	<i>Leonurus quinquelobatus</i>		+	+	+						
22.	<i>Lycopus exaltatus</i>		+				+				+
23.	<i>L. europaeus</i>		+				+	+			+
24.	<i>Mentha arvensis</i>	+	+	+	+			+		+	
25.	<i>M. longifolia</i>	+	+	+	+						
26.	<i>M. piperita</i>	+	+	+	+					+	
27.	<i>Nepeta cataria</i>	+	+	+	+					+	
28.	<i>N. grandiflor</i>			+						+	
29.	<i>N. pannonica</i>			+	+						
30.	<i>Origanum vulgare</i>	+	+	+	+		+	+		+	
31.	<i>Phlomis tuberosa</i>	+	+	+	+				+		+
32.	<i>Prunella vulgaris</i>		+	+		+		+	+	+	
33.	<i>Salvia tesquicola</i>		+	+	+						
34.	<i>S. verticillata</i>		+	+	+						
35.	<i>Scutellaria dubia</i>			+							
36.	<i>S. galericulata</i>		+	+				+			
37.	<i>S. hastifolia</i>			+							
38.	<i>Stachys annua</i>			+	+						
39.	<i>S. officinalis</i>			+							
40.	<i>S. palustris</i>	+	+	+		+					
41.	<i>S. sylvatica</i>	+	+	+		+	+				
42.	<i>Thymus pulegioides</i>			+	+						
43.	<i>T. serpyllum</i>	+	+	+	+			+			+
	Всего	12	27	35	18	8	4	15	4	11	4

Выводы

1. Семейство губоцветные во флоре Республики Марий Эл представлено 43 видами, относящимися к 21 роду. Наибольшее видовое разнообразие имеют 3 рода: яснотка, пикульник, чистец. 6 редких видов занесены в Красную книгу Республики Марий Эл: зеленчук желтый, зопник клубненосный котовник кошачий, шалфей мутовчатый, шалфей сухостепной, тимьян блошинный. К инвазионным видам растений относится однолетнее растение эльсгольция реснитчатая, не представляющее большой инвазионной опасности.

2. По классификации жизненных форм И. Г Серебрякова семейство представлено 41 видом травянистых растений и 2 полукустарничками. Из травянистых преобладают поликарпические растения, представленные 30 видами. Среди поликарпиков наиболее многочисленны длиннокорневищные растения, встречаются стержнекорневые, ползучие, короткорневищные, клубнеобразующие, надземностолонные, кистекоорневые растения. 11 видов являются монокарпическими растениями. Согласно системе жизненных

форм К. Раункиера, среди представителей семейства отмечены гемикриптофиты – 26 видов, терофиты – 11 видов, хамефиты – 4 вида, геофиты – 2 вида.

3. По приуроченности к местообитаниям с разными условиями увлажнения выявлены мезофиты – 25 видов, ксеромезофиты – 8 видов, гигрофиты – 5 видов, гигромезофиты – 4 вида, ксеромезофиты – 1 вид.

4. Среди эколого-ценотических групп представлены лугово-степные растения – 19 видов, неморальные – 13 видов, нитрофильные – 4 вида, боровые – 3 вида, водно-болотные – 2 вида, степные и бореальные имеют по 1 виду.

5. Наиболее крупными хозяйственно-ценными группами растений являются медоносные и лекарственные, которые включают по 35 видов и 27 видов, соответственно. Эфиромасличные насчитывают 18 видов, кормовые – 15 видов, пищевые и декоративные – по 11 видов, ядовитые – 8 видов, пастбищные, красильные и дубильные – по 4 вида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цвелев Н. Н. Семейство губоцветные (Lamiaceae, или Labiatae) // Жизнь растений. В 6-ти т. / под ред. А. Л. Тахтаджяна. М.: Просвещение, 1981. Т. 5. Ч. 2. Цветковые растения. С. 404–412.
2. Абрамов Н. В. Конспект флоры Республики Марий Эл / Мар. Гос. ун-т. Йошкар-Ола, 1995. 192 с.
3. Абрамов Н. В. Флора Республики Марий Эл: инвентаризация, районирование, охрана и проблемы рационального использования ее ресурсов: Научное издание / Мар. Гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2000. 164 с.
4. Абрамов Н. В. Флора Республики Марий Эл: справ. Пособие / Мар. Гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2008. 196 с.
5. Абрамов Н. В., Папченков В. Г. Флора национального парка «Марий Чодра»: науч. изд. / Мар. Гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2006. 103 с.
6. Богданов Г. А., Абрамов Н. В. Аннотированный список высших сосудистых растений заповедника // Науч. тр. Гос. природ. Заповедника «Большая Кокшага». Йошкар-Ола, 2011. Вып. 5. С. 39–108.
7. Бакин О. В., Рогова Т. В., Ситников А. П. Сосудистые растения Татарстана. Казань: изд-во Казанского университета, 2000. 496 с.
8. Прокопьева Л. В. Фитоценология: Учебное пособие / Мар. Гос. ун-т; Л. В. Прокопьева. Йошкар-Ола, 2009. 128 с.
9. Смирнова О. В., Ханина Л. Г., Смирнов В. Э. Эколого-ценотические группы в растительном покрове лесного пояса Восточной Европы // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / О. В. Смирнова (ред.). Кн. 1. М: Наука, 2004. С. 165–175.
10. База данных «Флора сосудистых растений Центральной России» [Электронный ресурс]: Институт математических проблем биологии. Режим доступа: <https://www.impb.ru/eco/index.php> (дата обращения: 6.05.2023).
11. Демьянова Е. И. Ботаническое ресурсоведение: учеб. Пособие по спецкурсу. Пермь: Перм. Гос. ун-т., 2007. 172 с.
12. Махлаюк В. П. Лекарственные растения в народной медицине. Изд. 2-е. Саратов: Приволж. Кн. Изд., 1967. 560 с.
13. Красная Книга Республики Марий Эл. Том «Растения. Грибы» / Составители: Богданов Г. А., Абрамов Н. В., Урбанавичюс Г. П., Богданова Л. Г. Йошкар-Ола: Мар. Гос. ун-т, 2013. 324 с.
14. Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС, 2009. 494 с.

Активность Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и НАДФ-зависимой изоцитратдегидрогеназы при ротенон-индуцированной болезни Паркинсона и введении 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2,3,4-тетрагидрохинолина

Федосова Ю. Е., Добрунов А., Разуваев Г. А., Максимов А. А., Крыльский Е. Д.

**Воронежский государственный университет, г. Воронеж
kolbasinafox2002@gmail.com**

Проведено исследование активности ферментов глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и НАДФ-зависимой изоцитратдегидрогеназы при ротенон-индуцированной Болезни Паркинсона, а также влияние на данные ферменты 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2,3,4-тетрагидрохинолина (ТГХ).

В ходе исследования было выявлено, что активность ферментов при патологии снижалась, что могло быть связано с образованием избыточного количества активных форм кислорода, которые могут нарушать работу метаболических путей, поставляющих НАДФН для восстановления окисленной формы глутатиона.

После введения ТГХ активность ферментов приближалась к контрольным показателям, что свидетельствует об антиокислительном действии испытуемого препарата.

Болезнь Паркинсона (БП) – мультисистемное нейродегенеративное заболевание с поражением различных медиаторных систем и широким спектром нервно-психических (эмоциональных, когнитивных, психотических, поведенческих) нарушений. Нервно-психические расстройства встречаются у большинства пациентов с БП, при этом они существенно снижают качество жизни больных. Мультисистемность патологического процесса при болезни Паркинсона (БП), связанная с дисфункцией не только дофаминергической, но и других медиаторных систем, обуславливает широкий спектр немоторных проявлений заболевания (нервно-психических, сенсорных, вегетативных) [1].

На данный момент известно, что одной из значимых причин возникновения БП является окислительный стресс. При исследовании материала аутопсии был обнаружен дефект I комплекса электронно-транспортной дыхательной цепи митохондрий клеток черной субстанции, приводящий к снижению на 30–40 % их активности. Данный механизм обусловлен сниженной выработкой субъединиц этого комплекса, разрушением его структуры и непосредственно окислительным повреждением самих клеток. Еще более веские доказательства сопряженности БП и окислительного стресса были получены при гистохимическом анализе клеток черной субстанции, в которых выявлены мутации м-ДНК, гликирование и нитрирование клеточных белков, что приводит к образованию наиболее значимого продукта окисления липидов — 4-гидрокси-2-ноненала, который инициирует процесс клеточной гибели [2].

Оксиданты в избыточных концентрациях приводят к инактивации метаболических ферментов и окислительным повреждениям биомолекул, включая липиды, белки, углеводы и ДНК/РНК, вызывают изменения как внутриклеточного, так и межклеточного гомеостаза, приводя к возможной гибели тканевых клеток или нарушению их нормального функционирования, что вызывает заболевания и преждевременное старение человека [3].

Защищает клетки от воздействия свободных радикалов антиоксидантная система, одним из основных поставщиков восстановительного эквивалента для которой является пентозофосфатный путь, ключевым ферментом которого является глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа (Г6ФДГ), катализирующая превращение глюкозо-6-фосфата в глюконо-лактон-6-фосфат. Имеются данные, что альтернативным источником НАДФН может быть реакция, катализируемая НАДФ-зависимой изоцитратдегидрогеназой (НАДФ-ИДГ) [4].

Считают, что физиологической ролью митохондриальной НАДФ-ИДГ является, с одной стороны, контроль скорости протекания гликолиза путем изменения уровня цитрата, а с другой стороны, участие в регуляции трансгидрогеназной реакции, в результате которой поддерживается необходимый уровень НАД⁺/НАДН и НАДФ⁺/НАДФН [5].

Вследствие недостатка препаратов, способных эффективно купировать действие окислительного стресса при БП, остро стоит вопрос о необходимости поиска протекторных соединений, способных тормозить образование АФК и дальнейшее развитие нарушений окислительного процесса в клетках.

Данные из литературных источников свидетельствуют о наличии антиоксидантного воздействия у этоксицина. Одно из соединений, являющихся структурным аналогом этоксицина — 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2,3,4-тетрагидрохинолина (ТГХ), было исследовано в настоящей работе.

Таким образом, целью исследования стала оценка влияния ТГХ на активность Г6ФДГ и НАДФ-ИДГ при ротенон-индуцированной болезни Паркинсона.

В качестве объекта исследования использовали белых лабораторных крыс — самцов Wistar возрастом 4–6 месяцев и массой 200–250 г, содержащихся на стандартном режиме вивария. БП моделировали путем подкожного введения крысам ротенона в дозе 2,5 мг/кг в виде раствора в 98% очищенном оливковом масле и 2 % диметилсульфоксиде, один раз в сутки на протяжении 10 дней. В качестве контроля использовали животных, которым подкожно вводили инъекции носителя. 2-ю группу составляли крысы, которым моделировали паркинсонизм. Животным третьей группы параллельно с ротеноном вводили внутривентриально ТГХ в дозе 50 мг/кг один раз в сутки. Через 24 часа после последней инъекции у крыс анализировали моторные показатели, после чего умерщвляли, забирали кровь из сердца и головной мозг для проведения исследований.

Измерение активности Г6ФДГ проводили в 50 мМ трис-НСl-буфере (рН 7,8), содержащем 3,0 мМ глюкозо-6-фосфат, 0,25 мМ НАДФ, 1,0 мМ МпСl 2. Оценку активности НАДФ-ИДГ осуществляли в 50 мМ трис-НСl-буфере (рН 7,8), содержащем 1,5 мМ изоцитрат, 2 мМ МпСl 2, 0,4 мМ НАДФ. О скорости ферментативной реакции судили по изменению оптической плотности при 340 нм. За единицу ферментативной активности (Е) принимали количество фермента, катализирующее образование 1 мкмоль продукта реакции за 1 мин при 25 °С. Концентрацию белка оценивали биуретовым методом. Данные обрабатывали с использованием стандартных статистических методов, различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты проведенного нами исследования показали, что активность НАДФ-ИДГ, представленная в Е/мл сыворотки крови крыс с БП была в 2,77 раза ниже, чем в контрольной группе. У животных, получавших 50 мг/кг ТГХ на фоне патологии, активность фермента повышалась в 1,74 раза по сравнению с данными при БП. В мозге крыс активность НАДФ-ИДГ, выраженная в Е/г сырой массы ткани, при БП снижалась в 2,42 раза, а у особей, которым дополнительно вводили ТГХ этот показатель повышался в 1,38 раза по сравнению с группой, которая получала только ротенон.

Схожая динамика прослеживалась и для активности Г6ФДГ. Так, данный показатель в сыворотке крови у животных с патологией снижался в 2,72 раза относительно контроля. На фоне введения ТГХ активность фермента возрастала в 1,57 раза. В мозге крыс активность Г6ФДГ снижалась в 1,27 раза при БП, а у группы животных, которым вводили ТГХ на фоне патологии данный показатель возрастал в 1,29 раза.

По-видимому, снижение активности исследуемых ферментов было обусловлено тем, что избыточное количество свободных радикалов, генерируемых при БП, способствовало повреждению молекул Г6ФДГ и НАДФ-ИДГ. Известно, что активность Г6ФДГ и НАДФ-ИДГ регулируется отношением НАДФН/НАДФ и повышается при уменьшении данного соотношения, что обеспечивает поддержание пула НАДФН. Однако при окислительном стрессе функционирование данных ферментов нарушается, из-за чего возникает недостаток НАДФН [6]. В результате этого снижается эффективность работы глутатионредуктазы, обеспечивающей восстановление глутатиона, который является основным низкомолекулярным антиоксидантом [7]. Введение ТГХ на фоне патологии способствовало изменению активности Г6ФДГ и НАДФ-ИДГ в направлении контроля, что позволяет предположить наличие у ТГХ антиоксидантных свойств и протекторной активности, проявляемой при БП.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых-кандидатов наук МК-4905.2022.1.4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нодель М. Р., Яхно Н. Н. Нервно-психические нарушения болезни Паркинсона // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2009. Т 1, № 2. С. 3.
2. Васенина Е. Е., Левин О. С. Окислительный стресс в патогенезе нейродегенеративных заболеваний: возможности терапии // Современная терапия в психиатрии и неврологии. 2013. № 3–4. С. 41.
3. Ходос М. Я. Окислительный стресс и его роль в патогенезе / Я.Е. Казаков, М.Б. Видревич, Х.З. Брайнина // Вестник уральской медицинской академической науки. 2017. Т 14, № 4. С.388.
4. Воронкова Я. Г., Попова Т. Н., Агарков А. А., Зиновкин Р. А. Влияние SkQ1 на активность глутатионовой системы и НАДФ-генерирующих ферментов в экспериментальной модели // Биохимия. 2015. Т 80, № 12. С. 1881.
5. Рахманова Т. И., Попова Т. Н., Артюхов В. Г., Семенихина А. В., Матасова Л. В. Некоторые особенности функционирования НАДФ-изоцитратдегидрогеназы в митохондриях гепатоцитов крысы // Вестник ВГУ. 2001. № 2. С. 142.
6. Крыльский Е. Д. Свободнорадикальный гомеостаз в тканях крыс при ревматоидном артрите и воздействии тикотовой кислоты: дис. ...канд. Биол. Наук: 03.01.04.: защищена 08.11.2016 / утверждена 03.03.2017 / Крыльский Е. Д. Воронеж, 2016. С. 63.
7. Жерегеля С. Н., Глушков С. И., Карпищенко А. И. Дефицит глюкозо-6-фосфатдегидрогеназной активности при развитии контраст-индуцированного острого повреждения почек // Нефрология и диализ. 2022. Т 24, № 2. С. 346.

Анатомическое строение таллома лишайника пармелии бороздчатой (*Parmelia sulcata* Tayl.)

Федотова А. С., студ. 4 курс

Науч. рук. — Суетина Ю. Г., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
suetina@inbox.ru

Пармелия бороздчатая (*Parmelia 95pecios* Tayl.) относится к листоватым лишайникам, слоевище которых имеет гетеромерное анатомическое строение [1, 2]. Таллом листоватых лишайников имеет хорошо развитый верхний коровый слой, под которым располагается альгальный слой. Кроме верхнего альгального слоя иногда может присутствовать нижний. Под альгальным слоем располагается слой сердцевины, они дифференцированы или дифференциация отсутствует. Нижний коровый слой у листоватых лишайников хорошо развит (*Parmelia*) или отсутствует (*Peltigera*) [2, 3]. Органами прикрепления к субстрату лишайников рода *Parmelia* являются ризины, которые состоят из плотно переплетенных и/или склеенных грибных гиф [1, 2].

P. 95pecios обладает кровоостанавливающим и ранозаживляющим действием, в народной медицине используется для лечения многих заболеваний [4]. Данный вид является индикаторным, сейчас его активно используют в биомониторинге [5].

Для *P. 95pecios* проведены анатомические исследования в условиях загрязнения среды [6]. Ранее были разработаны критерии выделения онтогенетических состояний и изучена изменчивость морфологических признаков в онтогенезе [7, 8].

Для некоторых листоватых и кустистых лишайников были выявлены изменения анатомической структуры в онтогенезе [3, 9, 10]. Исследования анатомической структуры *P. 95pecios* на разных этапах онтогенеза не проводилось.

Цель работы – изучение анатомического строения таллома пармелии бороздчатой (*Parmelia 95pecios*) в разных онтогенетических состояниях.

Слоевища *P. Sulcata* были собраны в 2021 г. на территории Республики Марий Эл в окрестностях поселка Старожильск, в пойме реки Большая Кокшага в дубо-липняке разнотравном на липе сердцелистной (*Tilia cordata*). Для этих же слоевищ изучена изменчивость морфометрических признаков в онтогенезе [6].

Для изучения анатомии было исследовано по 10 талломов виргинильного 2 состояния (v_2), потенциально молодого генеративного состояния (g_{1v}), потенциально среднего генеративного состояния (g_{2v}), потенциально старого генеративного состояния (g_{3v}). Всего было исследовано 40 талломов. Талломы смачивали водой, излишки воды убирали фильтровальной бумагой, слегка подсушивали. Для каждого таллома с использованием лезвия делали по 3 среза с помощью стереомикроскопа Микромед МС-2-ZOOM. С помощью микроскопа Биолам С-11 каждый срез измерялся в 3 участках, использовался окуляр с измерительной шкалой. Изучаемые анатомические признаки таллома (мкм): толщина верхнего корового слоя, толщина альгального слоя, толщина сердцевинки, толщина нижнего корового слоя. Для каждого таллома измеряли толщину 3 ризин (мкм). Объем материала включает 600 измерений. Сравнение признаков проводили в логарифмической шкале при помощи однофакторного дисперсионного анализа в программе STATISTICA, попарное сравнение проводили с использованием критерия Шеффе.

Максимальная толщина в талломе *P. 9brecios* отмечается у слоя сердцевинки, затем идет верхний коровый слой, минимальное значение у альгального и нижнего корового слоев.

Толщина верхнего корового слоя *P. 9brecios* в v_2 онтогенетическом состоянии изменяется от 16,8 до 50,4 мкм; в g_{1v} – от 25,2 до 42 мкм; в g_{2v} – от 25,2 до 42 мкм; в g_{3v} – от 25,2 до 42 мкм. Толщина альгального слоя в v_2 онтогенетическом состоянии варьируется от 8,4 до 42 мкм; в g_{1v} – от 16,8 до 67,2 мкм; в g_{2v} – от 8,4 до 42 мкм; в g_{3v} – от 16,8 до 92,4 мкм. Толщина сердцевинки в v_2 онтогенетическом состоянии меняется от 25,2 до 109,2 мкм; в g_{1v} – от 25,2 до 117,6 мкм; в g_{2v} – от 42 до 117,6 мкм; в g_{3v} – от 42 до 159,6 мкм. Толщина нижнего корового слоя в v_2 онтогенетическом состоянии изменяется от 8,4 до 16,8 мкм; в g_{1v} – от 8,4 до 16,8 мкм; в g_{2v} – от 8,4 до 16,8 мкм; в g_{3v} – от 8,4 до 25,2 мкм. Толщина ризин в v_2 онтогенетическом состоянии варьируется от 8,4 до 100,8 мкм; в g_{1v} – от 8,4 до 75,6 мкм; в g_{2v} – от 16,8 до 75,6 мкм; в g_{3v} – от 16,8 до 100,8 мкм. Средние значения изученных признаков таллома *P. 9brecios* представлены в таблице 1.

Таблица 1

Средние значения анатомических признаков таллома *P. Sulcata* (мкм)

Онтогенетическое состояние	Толщина верхнего корового слоя	Толщина альгального слоя	Толщина сердцевинки	Толщина нижнего корового слоя	Толщина ризин
v_2	30,71 ± 5,31	23,71 ± 5,74	61,51 ± 9,22	11,11 ± 2,62	39,48 ± 7,40
g_{1v}	30,71 ± 2,35	25,29 ± 7,46	67,57 ± 11,74	13,81 ± 3,49	41,37 ± 6,57
g_{2v}	32,66 ± 2,68	23,89 ± 4,01	73,92 ± 9,72	14,47 ± 2,34	44,61 ± 5,33
g_{3v}	32,38 ± 2,71	29,87 ± 8,29	85,21 ± 12,46	16,42 ± 2,25	42,09 ± 7,78

Толщина верхнего корового слоя ($P = 0,40$) и толщина ризин ($P = 0,38$) *P. 9brecios* не изменяются в онтогенезе. Толщина альгального слоя имеет тенденцию увеличения в g_{3v} состоянии, но статистических различий между онтогенетическими состояниями не выявлено ($P = 0,16$). Толщина сердцевинки увеличивается от v_2 до g_{3v} состояния, различия между онтогенетическими состояниями значимы ($P = 0,0004$). v_2 онтогенетическое состояние ($P = 0,0007$) и g_{1v} ($P = 0,0204$) отличаются от g_{3v} состояния меньшими значениями. Толщина нижнего корового слоя увеличивается от v_2 до g_{3v} состояния ($P = 0,002$), различаются v_2 и g_{3v} онтогенетические состояния ($P = 0,002$).

Таким образом, у лишайника *P. 9brecios*, произрастающего на липе сердцелистной, выявлено изменение анатомической структуры таллома в онтогенезе. Наиболее подвержен изменению с возрастом слой сердцевинки. Толщина нижнего корового слоя различается между v_2 и g_{3v} онтогенетическими состояниями. В онтогенезе не отмечено изменений толщины верхнего корового слоя, альгальной зоны и ризин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оксер А. Н. Определитель лишайников СССР. Вып. 2. Морфология, систематика и географическое распространение. Л.: Наука, 1974. 284 с.
2. Гимельбрант Д. Е., Кузнецова Е. С. Таллом и репродуктивные структуры лишайников // Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. М.; СПб.: КМК, 2014. С. 63–133.
3. Андросова В. И., Виролайнен П. А. Анатомоморфологические и физиологические особенности талломов цианолишайника *Peltigera praetextata* (Flörke ex Sommerf.) Zopf разных онтогенетических состояний // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2022. № 58. С. 71–95. Doi: 10.17223/19988591/58/4
4. Зуйкина Е. В., Новосел Е. Н. Фармакогностическое исследование лекарственного растительного сырья пармелии бороздчатой // Инновации в медицине и фармации – 2016 : материалы дистанцион. Науч.-практ. Конф. Студентов и молодых ученых, Минск, 10 окт. – 17 нояб. 2016 г. / Белорус. Гос. мед. Ун-т; под ред. А. В. Сикорского, О. К. Дорониной. Минск : БГМУ, 2016. С. 775–778.

5. Мейсуро́ва А. Ф., Бори́сова Е. А., Тарасова Е. М. Содержание фотосинтетических пигментов в талломах *Parmelia sulcata* в рекреационных зонах города Твери // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2021. № 4(64). С. 153–163. DOI 10.26456/vtbio232.
6. Пауков А. Г., Гулика И. С. Анатомические и морфологические изменения лишайников в антропогенно нарушенных местобитаниях // Развитие идей академика С. С. Шварца в современной экологии. Екатеринбург, 1999. С. 134–140.
7. Лубцова Ю. А. Критерии выделения онтогенетических состояний лишайника пармелии бороздчатой (*Parmelia sulcata* Tayl.) // Студенческая наука и XXI век. 2021. Т. 18, № 1(21). Ч. 1. С. 36–38.
8. Лубцова Ю. А., Суетина Ю. Г. Изменчивость морфометрических признаков в онтогенезе лишайника *Parmelia sulcata* Tayl. // Современные проблемы естественных наук и фармации : сборник статей Всероссийской С 568 научной конференции (Йошкар-Ола, 16–20 мая 2022 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет». Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2022. Вып. 11. С. 59–61.
9. Суетина Ю. Г. Онтогенез и структура популяции *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. в различных экологических условиях // Экология. 2001. № 3. С. 203–208.
10. Суетина Ю. Г., Бердникова С. А. Изменение анатомической структуры слоевищ эвернии сливовой (*Evernia prunastri* (L.) Ach.) в онтогенезе // Современные проблемы медицины и естественных наук : Сборник статей Международной научной конференции, Йошкар-Ола, 15–19 апреля 2019 года. Том Выпуск 8. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2019. С. 162–163.

Функциональное состояние дыхательной системы у первокурсников с разным уровнем физической подготовленности

Чикишев Р. В., студ. 4 курса ФФКСиТ

Науч. рук. – Полозова О. В., канд. биол. наук, доц.

ФГБОУ ВО Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ruslan.chikishev17@yandex.ru

Изучено функциональное состояние дыхательной системы у студентов 1 курса, имеющих разный уровень двигательной активности. Выявлены показатели функционального состояния дыхательной системы у юношей и девушек, распределенных по группам: регулярно занимающиеся спортом и нерегулярно занимающиеся. Представлены сравнительные результаты между показателями дыхания у первокурсников. Показано, что большинство студентов имеют хорошее состояние дыхательной системы. Половые различия выражаются в более высоких показателях функциональных проб у юношей по сравнению с девушками.

Проблема сохранения здоровья студенческой молодежи все чаще привлекает внимание исследователей, что связано с ухудшением состояния функциональных возможностей организма, выявлением новых факторов риска развития различных патологий [1, 2, 3].

Как известно, студенты – особая социальная группа, объединенная определенным возрастом и специфическими условиями труда и жизни. Интенсивный и достаточно длительный учебный процесс, смена режимов сна, отдыха, питания и процесса обучения, предъявляет повышенные требования к компенсаторно-приспособительным механизмам организма молодого поколения [4].

К числу важнейших показателей здоровья индивида относится его функциональное состояние. При этом оно характеризуется возможностью адаптации организма к изменяющимся условиям внешней среды и отражает их влияние на физическое и психическое состояния, особенно организма молодых людей.

Одной из важных задач, стоящих перед современным образованием, является охрана и укрепление здоровья обучающихся. Известно, что для учебного процесса характерен ряд факторов, негативно отражающихся на физические и психические развития человека, а как следствие – на здоровье подрастающего поколения. Это и наличие значительных по объему умственных нагрузок и снижение двигательной активности [5]. В частности, недостаток двигательной активности обуславливает снижение функциональных возможностей различных систем организма, в первую очередь кардиореспираторной, что приводит к снижению адаптационных возможностей и резистентности к различным заболеваниям [6].

Поэтому, для определения состояния здоровья целесообразно проводить оценку функционального состояния разных систем организма. Известно, что пробы с задержкой дыхания используются для оценки степени кислородного обеспечения организма. Они характеризуют также общий уровень тренированности человека [7].

Одним из важных показателей функционального состояния организма в разные возрастные периоды является дыхание человека. При этом, физиологические показатели дыхания крайне подвержены влиянию отрицательных факторов среды, что лежит в основе высокого процента заболеваний верхних дыхательных путей, бронхов, легких, что приводит к снижению резервных возможностей дыхания [8].

При систематических занятиях физическими упражнениями происходят морфологические перестройки организма, что благотворно влияет на функциональные возможности дыхательной системы.

Цель настоящего исследования: провести анализ состояния дыхательной системы у студентов 1 курса имеющих разный уровень двигательной активности

Методы и организация исследования. Были обследованы студенты 1 курса Марийского государственного университета факультета иностранных языков, обучающиеся на педагогическом направлении в количестве 23 человек (1 группа) и студенты факультета физической культуры, спорта и туризма в количестве 20 человек (2 группа). Дополнительно первокурсники были разделены на группы по гендерному признаку. У студентов определяли продолжительность задержки дыхания на глубоком вдохе (проба Штанге) и на глубоком выдохе (проба Генче).

Результаты исследования. Состояние организма человека напрямую зависит от того, какое количество кислорода поступило к клеткам и тканям. Эти процессы обеспечиваются работой дыхательных органов и сердечно – сосудистой системы. При обследовании дыхательной системы можно определить не только показатели внешнего дыхания, но и степень выносливости органов. Одним из таких методов исследования работы легких являются проба Штанге и проба Генче. Они помогают исследователю выявить отклонения в функционировании организма, которые не всегда удается определить обычными способами. Тестовые пробы Штанге и Генче определяется как исследование, помогающее оценить возможности организма, его чувствительность к кислороду и тренированность.

При проведении пробы Штанге студентам предлагалось после двух-трех спокойных вдоха и выдоха, задержать дыхание на глубоком вдохе. Результаты исследования представлены на рисунке 1. Так, у большинства девушек, обучающихся на педагогическом направлении факультета иностранных языков (1 группа), так и у студенток факультета физической культуры, спорта и туризма (2 группа) состояние дыхательной системы оценивается как хорошее (52 и 46% соответственно). Однако, у 47% девушек, которые систематически занимаются спортом отмечены отличные показатели состояния дыхательной системы, что почти в 2 раза выше, чем у представителей 1 группы. В этой же группе, к сожалению, у 26% студенток зарегистрированы удовлетворительные значения. Более высокие показатели задержки дыхания у студентов факультета физической культуры, спорта и туризма может быть обусловлено повышением уровня физической подготовленности и тренированности их кардиореспираторной системы.

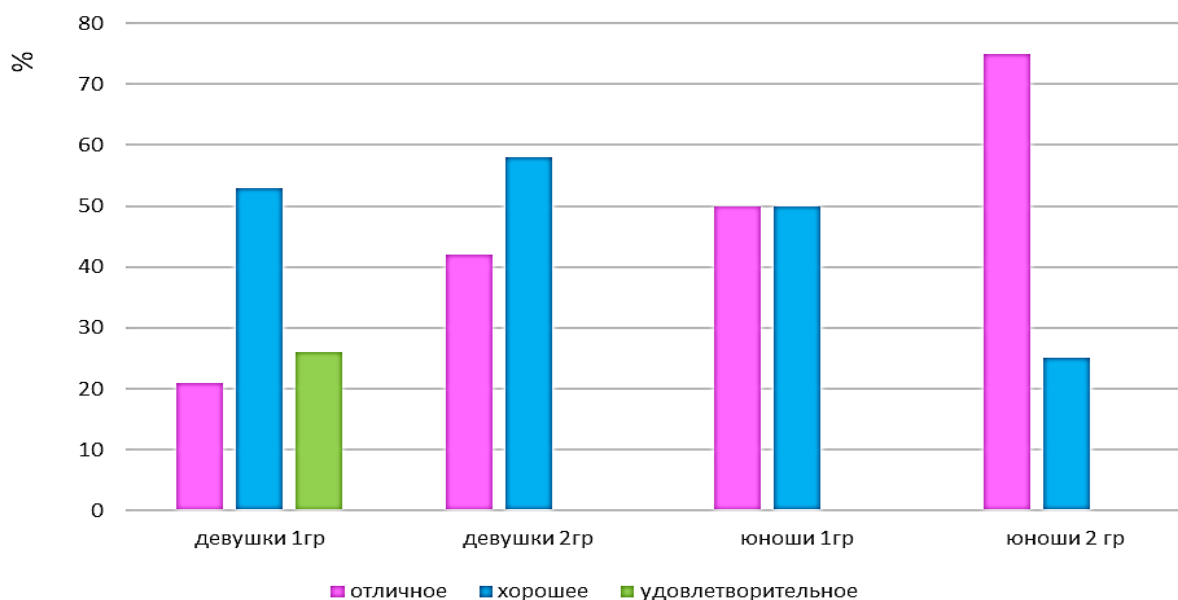


Рис.1. Функциональное состояние дыхательной системы у первокурсников %, (проба Штанге)

Функциональная проба Генче производится с задержкой дыхания. Такой тест помогает понять, насколько хорошо организм обеспечивается кислородом. Эта проба определяет и степень натренированности организма человека, в нашем случае, студента. Результаты оценки функционального состояния дыхательной системы по показателям пробы Генче отражены на рисунке 2.

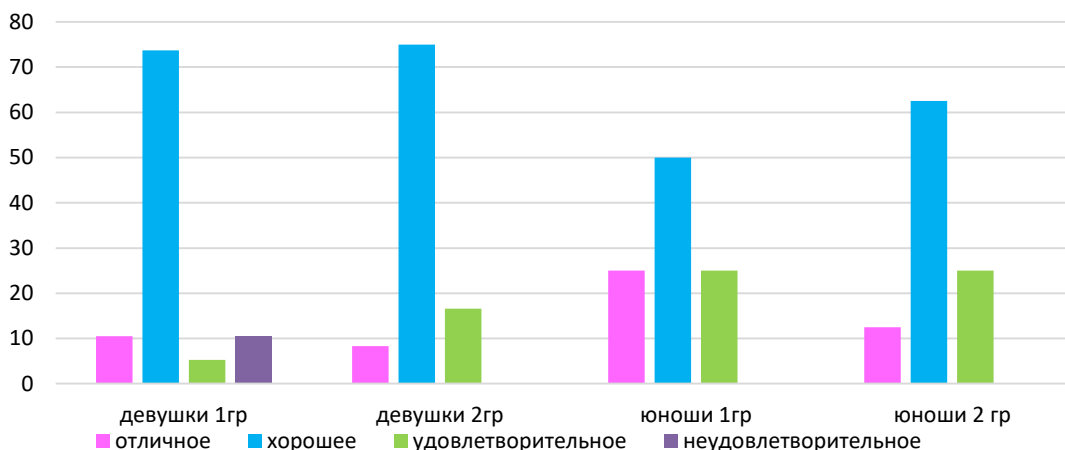


Рис.2. Функциональное состояние дыхательной системы у первокурсников %, (Проба Генче)

Согласно полученным данным, у первокурсниц в обеих исследованных группах степень натренированности организма хорошая, когда время задержки дыхания на глубоком выдохе составила от 30 до 50 сек. Однако в 1 группе, к сожалению, у 10.5% отмечено неудовлетворительное состояние дыхательной системы по данной пробе. В целом результаты диагностики находятся в пределах одного уровня. Показатели у юношей также мало отличаются в исследованных группах. Большинство юношей имеют хорошие показатели, у спортсменов они немного выше.

Таким образом, как у студентов, обучающихся на педагогическом направлении факультета иностранных языков (1 группа), так и у студентов факультета физической культуры, спорта и туризма (2 группа) состояние дыхательной системы в целом хорошее. Однако встречающееся снижение показателей задержки дыхания может быть результатом перенапряжения и переутомления, когда ухудшается общее функциональное состояние организма. Проведенное исследование отчетливо показывает зависимость функционального состояния дыхательной системы от величины физических нагрузок и соответственно уровня физической подготовленности студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аулик И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. М.: Медицина, 2008. 192 с
2. Белоусов М. А. Некоторые показатели внешнего дыхания здоровых детей школьного возраста // Вопросы охраны материнства и детства. 2009. № 4. С. 47–50.
3. Ворсина Г. Л., Калюнов В. Н. Практикум по основам валеологии и школьной гигиены. Минск: Тесей, 2008. 243 с.
4. Криволапчук И. А., Чернова М. Б. Функциональное состояние школьников при напряженной информационной нагрузке в начальный период адаптации к образовательной среде // Экология человека. 2018. № 9. С. 18–27.
5. Панькин В. Е. Двигательная активность как фактор повышения здоровья человека / В. Е. Панькин // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2016.– Т. 1, № 3.– С. 7–11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dvigatelnaya-aktivnost-kak-faktor-povysheniya-zdorovya-cheloveka> (дата обращения: 14.04.2023).
6. Сыроваткина И. А., Наумов С. Б., Хвалёбо Г. В. Проблемы формирования здоровья подрастающего поколения // «Вестник Таганрогского института имени А. П. Чехова». 2017. С.267–271 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-formirovaniya-zdorovya-podrastayushchego-pokoleniya/viewer> (дата обращения: 14.04.2023).
7. Лях В. И., Зданевич А. А. Пробы Штанге и Генча // Физическая культура 10–11 класс». 2016. 10. С. 30 21..2016 URL: <https://fizicheskaiakultura-sch19.edusev.ru/articles/post/432980> (дата обращения: 12.04.2023).
8. Соколов Е. В., Кузнецова Т. Д., Самбурова И. П. Возрастное развитие резервных и адаптивных возможностей системы дыхания // Физиология развития ребенка. М.: Образование от А до Я, 2000. С. 167185.

Морфометрические признаки тимьяна блошиного *Thymus pulegioides* L.

Шайхутдинова З. Р., студ. 4 курса

Науч. рук. – Рыжова Л. В., канд. биол. наук., доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
zukhra.m.98@mail.ru

Род *Thymus* L. (тимьян или чабрец) – один из наиболее крупных и таксономически сложных в семействе губоцветных. Представители рода – низкорослые кустарнички и полукустарнички, широко используются как лекарственные, пряные и эфиромасличные растения в медицинской, парфюмерной и пищевой

промышленности; многие из них являются хорошими медоносами. Некоторые красивоцветущие виды перспективны для использования в озеленении [1–3].

Для Республики Марий Эл Н. В. Абрамов [4] указывал два вида, полкустарничка: тимьян ползучий, богородская трава (*Thymus serpyllum* L.), который встречается в сосняках, на остепненных лугах на песчаной почве в Ветлужско-Юшутском и Южном природных районах, и отмеченный лишь в Южном природном районе тимьян блошиный (*Thymus pulegioides* L.).

Цель работы – изучить морфометрические признаки редкого вида – тимьяна блошиного (*Thymus pulegioides* L.).

В 2007 г. близ с. Карай Волжского района была обнаружена популяция тимьяна блошиного, площадь которой составила около 7 м². Этот тимьян растет на полянах, опушках сосновых лесов с песчаной почвой, на суходольных лугах склонов речных долин на мергелистых почвах. В 2013 г. тимьян блошиный был занесен в Красную книгу Республики Марий Эл [5]. В 2014 г. Л.В.Рыжовой на обочине дороги Визимьяры – Юксары Килемарского района была обнаружена еще одна популяция тимьяна блошиного, которая занимала несколько квадратных метров. В июле 2022 г. нами проведено более подробное исследование этого места произрастания тимьяна [6].

Нами были изучены отдельные куртины тимьяна. Под куртиной нами подразумевался либо отдельный куст тимьяна с многочисленными лежащими побегами, либо несколько кустов, образующих одну, трудно разделяемую заросль. В последнем случае выявить границу между отдельными кустами выявить не представлялось возможным, хотя можно было выделить кусты по степени цветения, интенсивности окраски листьев и прочим признакам [6].

В местах произрастания тимьяна блошиного были подсчитаны все куртины растения. Всего было обнаружено и описано 86 куртин. Для каждой куртины определялось его местоположение (находили координаты с помощью GPS-навигатора), размеры (длина, ширина), определяли расстояние между отдельными куртинами. Расстояние между куртинами варьировало от 10 см до 3 м. Размеры куртин также были очень разнообразны. Так размеры самой маленькой куртины составили 15х9 см. Длина самой большой куртины составила 6,8 м, ширина такой заросли варьировала от 1,2 до 2,9 м. Большая же часть куртин имела размеры 30–60 х 30–60 см. [6].

Нами были изучены морфометрические признаки побегов тимьяна блошиного: длина побега, длина и ширина листовой пластинки, число цветочных мутовок, количество обоеполых и женских цветков в верхушечном соцветии. Были проанализировано по 3–13 побегов с каждой куртины. Для морфометрических признаков был проведен однофакторный дисперсионный анализ, модель II, фактор – куртина тимьяна.

В таблице приведены результаты дисперсионного анализа морфометрических признаков. По всем признакам наблюдаются различия между куртинами. Оценка изменчивости показала, что для всех признаков наибольшая изменчивость приходится на ошибку, т.е. изменчивость между побегами одной куртины намного больше, чем изменчивость между куртинами. Также нужно отметить, что для признака длина листа изменчивость составила около 82 %, а для всех остальных признаков – 60–69 %.

Таблица

Результаты дисперсионного анализа морфометрических признаков тимьяна блошиного

Признак	F-критерий	Значение P	Источник изменчивости, %	
			Между куртинами	Между побегами (ошибка)
Длина побега	5,29	< 10–6	32,2	67,8
Длина листа	3,01	< 10–6	18,2	81,8
Ширина листа	4,96	< 10–6	30,5	69,5
Число мутовок	6,90	< 10–6	39,5	60,5
Количество обоеполых цветков	5,80	< 10–6	34,7	65,3
Количество женских цветков	5,88	< 10–6	35,0	65,0

Длина побега в разных куртинах варьировала в среднем от 5 до 12 см, при этом наибольшее значение длины побега составило 20 см. Размеры листьев тимьяна блошиного в целом небольшие. Длина листовой пластинки в среднем варьировала от 0,5 до 1,0 см, максимальное значение – 1,3 см. Ширина листовой пластинки изменяется в среднем от 0,3 до 0,5 см.

По литературным данным [7] популяции тимьяна блошиного состоят из смеси женских и обоеполых форм, их соотношение в некоторых подмосковных популяциях оказалось близким к 1:1. В наших исследованиях чисто женских и обоеполых форм куртин тимьяна не обнаружено. Все соцветия включали как женские, так и обоеполые цветки. Число обоеполых цветков в верхушечном соцветии исследуемых куртин варьирует в среднем от 1 до 10, количество женских цветков – от 3 до 40. Е. Е. Гогина [8] указывала,

что у тимьяна блошиного половые формы связаны постепенными переходами и неустойчивые по половому состоянию особи образуют немалую часть популяций.

Таким образом, куртины тимьяна блошиного характеризуются довольно изменчивыми морфометрическими признаками. Наибольшая изменчивость приходится на изменчивость между побегами одной куртины (60–82 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Васюков В. М. О тимьянах (*Thymus* L., Lamiaceae) Якутии // Систематические и флористические исследования Северной Евразии. Материалы II международной конференции: к 90-летию со дня рождения профессора А. Г. Еленевского. М., Изд-во: Московский пед. Гос. ун-т. М., 2018. С. 129–132.
2. Сапарклычева С. Е., Полякова Н. М. Виды тимьяна (*Thymus* L.), произрастающие на ландшафтах Урала // Вестник биотехнологии. 2020. № 1 (22). С. 1–8.
3. Сулейманова З. Н., Сулейманова Л. А., Хасанова З. М., Хасанова Л. А. Особенности биологии, полезные и лекарственные свойства некоторых видов тимьяна (*Thymus* L.) // Вестник башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2019. № 2 (50). С. 64–69.
4. Абрамов Н. В. Флора Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: МарГУ, 2008. 196 с.
5. Красная книга Республики Марий Эл // Том «Растения. Грибы» / Составители Г.А. Богданов, Н.В. Абрамов, Г.П. Урбанавичюс, Л.Г. Богданова. Йошкар-Ола: Мар. Гос. ун-т, 2013. 324 с.
6. Шайхутдинов З. Р. Находка редкого вида тимьяна блошиного (*Thymus pulegioides* L.) в Республике Марий Эл // Студенческая наука и XXI век. 2022. Т. 19, № 1(22). Ч. 1. С. 74–76.
7. Гогина Е. Е. Род чабрец (тимьян) *Thymus* L. // Биологическая флора Московской области. 1975. Вып. 2. С. 137–168.
8. Гогина Е. Е. Изменчивость и формообразование в роде тимьян. М., 1990. 208 с.

Численность и размещение врановых птиц на территории города Йошкар-Ола

Эркаева Д. Р., студ. 4 курса

Науч. рук. – Забиякин В. А., д-р сельск.-хоз. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
erkaeva.di01@bk.ru

Изучение экологии врановых птиц, обитающих на урбанизированных территориях и в естественных ландшафтах, позволяет выяснить причины проникновения животных на освоенные человеком территории и появление у них в этих условиях новых черт в экологии, а также оказывать целенаправленное воздействие на фаунистические комплексы культурного ландшафта с целью развития их в нужном для человека направлении [1].

С конца XX в. В антропогенных ландшафтах Европы, включая европейскую территорию России (ЕТР), отмечается увеличение численности открыто гнездящихся врановых птиц и степени их синантропности [17], [2], [16], [18], [4], [21]. Повсеместно относительно стабильна численность укрыто гнездящейся обыкновенной галки *Corvus monedula* (Linnaeus, 1758). С ухудшением кормовой базы в результате изменения структуры и состояния агроландшафтов неоднозначным стало положение грача *Corvus frugilegus* (Linnaeus, 1758). Многочисленным гнездящимся городским видом стала серая ворона *Corvus cornix* (Linnaeus, 1758), отсутствовавшая на гнездовании в восточноевропейских городах до середины XX в. С 1960-х гг. началась синантропизация сороки *Pica pica* (Linnaeus, 1758) [8].

Целью работы стало изучение численности селящихся врановых птиц на территории города Йошкар-Ола.

Грачи, как и другие вороновые птицы, относительно легко проникают в антропогенные ландшафты. Они успешно используют для гнездования древесные насаждения в населенных пунктах [11–12].

Адаптивные и морфологические особенности серой вороны способствуют процессам ее успешной синантропизации и урбанизации [5]. В городах России плотность населения серой вороны постепенно возрастает от слабо к полностью антропогенно трансформированным ландшафтам, а в пределах большого города – от окраин к центру [19], [10]. Успешность проникновения серых ворон в определенные биотопы антропогенного, в частности, селитебного ландшафта и их успешная поведенческая адаптация к условиям жизни обусловлена как быстрым привыканием к созданным, относительно стабильным условиям окружающей среды в конкретных биотопах, так и эффективной адаптацией к постоянным незначительным (фоновым) изменениям среды.

Галка на местах гнездования появляется в конце марта – начале апреля. Гнездится небольшими колониями или одиночными парами в щелях домов, мостов, элеваторов, в дымоходах, дуплах деревьев и т.д. [14]. Галка – типичный урбофил [13]. Для урбанизации галки важное значение имеет ее широкая экологическая пластичность в использовании кормов антропогенного происхождения и выборе различных мест для гнездования. Однако в городских кварталах современных панельных и блочных домов галок нет из-за отсутствия пригодных для гнездования биотопов [20], а также из-за большой площади застройки, что увеличивает расстояние перелетов к местам добычи корма [9].

В ходе нашего исследования мы использовали метод трансектного учета. Он основан на неявном предположении, что все представляющие интерес объекты могут быть обнаружены в пределах заранее определенной полосы с каждой стороны линии разреза или на фиксированном расстоянии от точки.

Для этого были заложены несколько трансектов с местами наибольшего скопления птиц. Ими оказались: ул. Машиностроителей (сквер Воинов-пограничников), Юбилейная площадь, Тархановский парк и парк при Республиканской больнице. Одиночные гнезда не учитывались.

Сквер Воинов-пограничников – 613 м. Возраст сквера – около 60 лет, гнезда были обнаружены в основном на березе.

Юбилейная площадь – 631 м. Возраст парка – 80–90 лет. Птицы гнездились на березе, осне и липе.

Тархановский парк – 604 м. Возраст – 100–120 лет. В этом парке врановые селились только на березе.

Парк при Республиканской больнице – 245 м. Возраст парка – около 100 лет, птицы выбирали преимущественно березу, но гнезда были замечены так же на липе, дубе и осине.

Для учета на выбранных площадках был проведен учет гнезд врановых. Учитывались только жилые гнезда. Наблюдения проводились с ноября 2022 года по апрель 2023 года.

Таблица 1

Количество гнезд в местах скопления вороновых птиц в ноябре 2022 года.

Площадки	Гнезда серой вороны	Гнезда грача	Гнезда галки	Итого
Сквер Воинов-пограничников	213	11	52	276
Юбилейная площадь	37	8	21	66
Тархановский парк	24	6	9	39
Парк при Республиканской больнице	35	3	16	54

Таблица 2

Количество гнезд в местах скопления вороновых в апреле 2023 года.

Площадки	Гнезда Серой вороны	Гнезда Грача	Гнезда Галки	Итого
Сквер Воинов-пограничников	302	16	13	331
Юбилейная площадь	59	12	17	88
Тархановский парк	4	0	2	6
Парк при Республиканской больнице	48	9	4	61

По нашим наблюдениям, можно отметить, что численность врановых птиц значительно увеличилась. Преобладающим видом является серая ворона. Это связано с увеличением кормовой базы. Осенью птицы кормятся на протяжении всего дня, но преимущественно, во второй его половине. Весной же, вылет за кормом можно наблюдать с восходом солнца. Наши исследования показали, что основной кормовой базой для птиц являются пищевые отходы человека, которые они находят в мусорных баках и на свалках. Нами было определено 12 мест кормежки птиц. Этими местами стали мусорные контейнеры во дворах домов на улицах Машиностроителей 6В, Рябинина 5, Зарубина 20А, Якова Эшпая 156А, Красноармейская 90, Ленинский проспект 64, Осипенко 60, Чехова 60Б, Анциферова 37, Подольских Курсантов 1, Дружбы 87 и Павлова 9.



Рис. 1. Сквер Воинов-Пограничников (30.01.23)



Рис. 2. Сквер Воинов-Пограничников (21.01.23)

Исходя из данных наших исследований, можно сделать вывод, что численность врановых птиц в городе Йошкар-Ола увеличилась. Нами был проведен подсчет гнезд в парке Тарханово: осенью 2022 года было замечено 39 гнезд, а весной 2023 года было обнаружено всего 6 гнезд. Мы предполагаем, что это связано с тем, что в парке Тарханово было недостаточное количество пищи и птицы перелетели на ул. Машиностроителей, где больше мусорных баков. Многие врановые птицы питаются пищевыми отходами, плодами и молодыми побегами сельскохозяйственных культур, отсюда очевидно влияние врановых на санитарную обстановку и сельское

хозяйство. Изучение врановых птиц имеет актуальный характер так как знание закономерностей формирования крупных скоплений синантропных врановых на территориях крупных городов, позволяет прогнозировать динамику состояния их популяций и, при необходимости, контролировать возникающую санитарно-эпидемиологическую ситуацию.



Рис. 3. Юбилейная площадь (09.04.23)

ЛИТЕРАТУРА

1. Матюра А. В., Зимарова А. А. Синантропизация и врановых и особенности их адаптаций к антропогенным ландшафтам.
2. Соловьев А. Н. Динамика гнездования врановых птиц в урбанизированных ландшафтах европейского востока. ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. Проф. Б.М. Житкова, 2014.
3. Флинт В. Е. Врановые птицы и мониторинг биологического разнообразия // Экологические проблемы врановых птиц (Материалы III совещания). – Ставрополь: СГПИ, 1992. С.10–11.
4. Рахимов И. И. Авифауна Среднего Поволжья в условиях антропогенной трансформации естественных природных ландшафтов. Казань: Новое знание, 2002. 272 с.
5. Константинов В. М. Врановые птицы как модель синантропизации и урбанизации. Второе изд., 2002.
6. Ананьева Е. А., Бакка С. В., Бобылев Д. С., Киселева Н. Ю. О гнездовании врановых на территории г. Нижнего Новгорода // Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах: Сб. мат. VIII Междунар. Науч.-практ. Конф. Ставрополь, 2007. С. 106–108.
7. Асоскова Н. И., Амосов П. Н. Некоторые морфометрические показатели серой вороны окрестностей Архангельска // Экология врановых птиц в условиях естественных и антропогенных ландшафтов России. Казань, 2005. С. 39–41.
8. Благосклонов К. Н. Авифауна большого города и возможности ее преобразования / К. Н. Благосклонов // Экология, география и охрана птиц. – Ленинград, 1980. – С. 14 – 15.
9. Ільїнський С. В. Поширення і просторовий розподіл поселень галки *Corvus monedula* у місті Хмельницький в гніздовий період / С. В. Ільїнський // Зб. Наук. Праць Харківського нац. Пед. Ун-ту ім. Сковороди. Біологія та валеологія. 2009. Вип. 11. С. 36–41.
10. Краснобаев Д. А., Константинов В. М. Современная динамика фауны и населения врановых птиц антропогенных ландшафтов центрального района европейской России и тенденции дальнейших изменений // Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах: Сб. мат. VIII Междунар. Науч.-практ. Конф. Ставрополь, 2007. С. 17 – 21.
11. Маловичко Л. В., Зиборова Е. Н. К экологии грача в Ставропольском крае // Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах: Мат. Междунар. Конф., 21–25 сент. 2007 г. М.–Ставрополь, 2007. С. 131–134.
12. Мухаметзянова Л. К. Пространственное распределение и особенности экологии грача (*Corvus frugilegus*) в Республике Татарстан: автореф. Дис. На соиск. Науч. степени канд. Биол. Наук: спец. 03.00.16 “Экология” / Мухаметзянова Лилия Касымовна; Казанский гос. пед. Ун-т. Казань, 2004. 22 с.
13. Лыков Е. Л. Зависимость степени урбанизации территории на размещение и плотность населения гнездящихся врановых птиц в Калининграде // Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах: мат. Междунар. Конф. – Москва–Ставрополь, 2007. С. 72 – 74.
14. Скрылева Л. Ф. Эколого-физиологическая характеристика галки (*Corvus monedula* L.) // Экология врановых птиц в естественных и антропогенных ландшафтах: Мат. VIII междунар. Конф., 21–25 сент. 2007 г.: тезисы докл. – Москва–Ставрополь, 2007. С. 209 – 209.
15. Соловьев А. Н. Динамика населения врановых птиц в условиях реконструкции городского ландшафта // Орнитология. М.: МГУ, 1991. Вып. 25. С. 84–88.
16. Храбрый В. М. Птицы Санкт-Петербурга. Фауна, размещение, охрана. СПб.: Тр. ЗИН РАН СССР, 1991. Т. 236. 276 с.
17. Vaeuys G. Magpie breeding success and carrion crow interference // *Ardea*. 1981. № 69. P. 125–139.
18. Witt K. Situation der Vogel im städtischen Bereich: Beispiel Berlin // *Vogelwelt*. 2000. № 2–3. S. 107–128.
19. Jokimaki J., Kaisanlahti-Jokimaki M.-L., Sorace A. et. Al. Evaluation of the “safe nesting zone” hypothesis across an urban gradient: a multi-scale study // *Ecography*. 2005. Num. 28. P. 59–70.
20. Закиров А. А., Рахимов И. И. К экологии галки обыкновенной (*Corvus monedula* L.) в г. Казань // Врановые птицы Северной Евразии: Мат. IX междунар. Конф., 23–26 сентября 2010 г.: тезисы докл. Омск, 2010. С. 64–66.
21. Константинов В. М., Бабенко В. Г., Асоскова Н. И., Хохлов А. И. Численность врановых в антропогенных ландшафтах как отражение их синантропности // Экология, биоценологическое и хозяйственное значение врановых птиц. М.: Наука, 1984. С. 8–12.

Выявление этилового спирта в биологических жидкостях пациентов лечебно-профилактических учреждений города Йошкар-Олы в 2022 году

Яндубаева О. Н., магистрант 1 курса

Науч.рук. – Рыжова Л. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
proscorjeva@mail.ru

Потребление спиртных напитков негативно сказывается на работе всех жизненно важных органов и систем организма. Страдают почки, печень, сердечно-сосудистая и нервная система. Расщепление и выделение алкогольных токсинов – достаточно долгий процесс. И даже когда симптомов опьянения или похмелья нет, в организме – в крови, мышцах, тканях и органах – алкоголь содержится [1].

Число граждан, злоупотребляющих спиртными напитками, в нашей стране очень велико. Официально считается, что за последние 10 лет употребление алкоголя в РФ сократилось почти вдвое, но при составлении отчетов учитываются только легальные продажи в торговых сетях, а различные суррогаты и аптечные настойки не принимаются во внимание. В среднем каждый взрослый человек в России принимает 10 л алкоголя в год, а по данным ВОЗ уже 8 л является опасным порогом. Согласно данным медицинской статистики, около 30% россиян, злоупотребляющих крепкими напитками, еще не обращались к врачу по поводу острых или хронических заболеваний, непосредственно связанных с пагубной привычкой [2].

Согласно управлению Роспотребнадзора по Республике Марий Эл о случаях острых отравлений спиртосодержащими жидкостями, представленных медицинскими организациями, ГБУ РМЭ «Бюро судебно-медицинской экспертизы» по заключительному диагнозу, в 2022 году на территории Республики Марий Эл зарегистрировано 164 случая острых отравлений спиртосодержащими жидкостями, из них 101 – со смертельным исходом [3].

Цель работы: оценить встречаемость этилового спирта в биологических жидкостях пациентов лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) города Йошкар-Олы.

Исследования проводились химико-токсикологической лабораторией ГБУ РМЭ «Республиканский наркологический диспансер». Для работы использовали исследуемые образцы пациентов ГБУ РМЭ «Йошкар-Олинская городская больница», ГБУ РМЭ «Республиканский психоневрологический диспансер», ГБУ РМЭ «Детская республиканская клиническая больница», ГБУ РМЭ «Республиканский клинический госпиталь ветеранов войны», ГБУ РМЭ «Медико-санитарная часть №1» за 2022 год. Для выявления этилового спирта у пациента отбирается биологический материал (кровь, моча, промывные воды желудка). Это связано с необходимостью лечебных учреждений в установлении содержания алкоголя в биологических жидкостях с целью подтверждения или постановки диагноза алкогольного опьянения, учета влияния действия алкоголя на клиническую картину и течение болезни; для правоохранительных органов – при установлении картины преступления, дорожно-транспортного происшествия, несчастных случаев на производстве, кроме того, для подтверждения факта употребления алкоголя при административных правонарушениях. Достаточно высокий уровень исследований на наличие летучих растворителей объясняется массовым распространением алкоголизма в нашей стране, что неизменно приводит к учащению случаев потребления фальсифицированной алкогольной продукции, изготовленной с использованием вместо алкоголя более дешевых его суррогатов. Кроме того, в практике встречаются и случайные бытовые отравления техническими жидкостями, принимаемые за алкогольные продукты.

Обнаружение и количественное определение алкоголя в биологических объектах проводили методом газовой хроматографии, который определяет этиловый и другие алифатические спирты (метиловый, изопропиловый, изобутиловый, бутиловый, изоамиловый, амиловый) в биологических жидкостях при помощи алкилнитритного метода. Метод основан на превращении спиртов в сложные эфиры азотистой кислоты – алкилнитриты – высоколетучие соединения, которые подвергаются газохроматографическому анализу [4].

Количество исследований на алкоголь ежегодно остается на достаточно высоком уровне, в 2022 году оно составило 2063 образца. При этом частота выявления положительных результатов составила 28,2% (581 случай). Сравнение частот выявления положительных результатов в разных условиях проводили с помощью критерия χ^2 и точного критерия (с помощью компьютерной программы RCEXACT) для таблиц сопряженности $R \times C$ [5, 6].

Мы сравнили распределение положительных и отрицательных результатов выявления этилового спирта в биологических жидкостях пациентов различных больниц г. Йошкар-Олы. Анализ полученной таблицы сопряженности показал, что в разных ЛПУ распределения различны ($\chi^2 = 110,9$; $\nu = 4$; $P < 0,001$). Если провести объединение ЛПУ со сходными распределениями (табл. 1), то различия между выделенными группами статистически высоко значимы ($\chi^2 = 105,4$; $\nu = 2$, $P < 0,001$), в то время как распределения внутри

группы однородны ($\chi^2_{\text{гетер.}} = 5,54; \nu = 2, P > 0,05$). Можно видеть, что положительные результаты чаще выявляются у пациентов МСЧ №1 и Республиканского клинического госпиталя ветеранов войн – 58 %.

Таблица 1

**Распределение случаев выявления этилового спирта в больницах города Йошкар-Олы
(в таблице указана частота результатов, %)**

ЛПУ	Результат		Объем выборки
	положительный	отрицательный	
Йошкар-Олинская городская больница + Республиканский психоневрологический диспансер	25,8	74,2	1777
Медико-санитарная часть №1 + Республиканский клинический госпиталь ветеранов войн	58,2	41,8	194
Детская республиканская клиническая больница	10,9	89,1	92

Наибольшее количество образцов (около 1700) было представлено из Йошкар-Олинской городской больницы. Поэтому для данной больницы более подробно была рассмотрена динамика выявления положительных случаев по возрастным группам, полу и месяцам. Различий в частоте положительных результатов по возрастным группам, а также в разные месяцы, как у мужчин, так и у женщин не выявлено. Наблюдаются различия между отделениями городской больницы. Причем для хирургического отделения частота положительных случаев составляет около 60 % (табл. 2), а для всех остальных отделений – 27 %.

Таблица 2

**Распределение случаев выявления этилового спирта в Йошкар-Олинской городской больнице по отделениям
(в таблице указана частота результатов, %)**

Отделения	Результат		Объем выборки
	положительный	отрицательный	
Хирургия	59,5	40,5	111
Прочие	27,0	73,0	1611

Мы сравнили частоту положительных результатов у мужчин и женщин в разных отделениях (табл. 3). Различия по полу выявляются только для травматологического отделения. У мужчин частота выявления этилового спирта в биологических жидкостях составляет около 29%, у женщин – около 11%. Во всех остальных отделениях различий частот положительных результатов у мужчин и женщин не обнаружено.

Таблица 3

**Распределение случаев выявления этилового спирта в биологических жидкостях пациентов Йошкар-Олинской городской больницы у мужчин и женщин
(в таблице указана частота положительных результатов, %; объединенные ячейки указывают на отсутствии различий)**

Отделения	Пол		Объем выборки (мужчины/женщины)
	Мужчины	Женщины	
Реанимация	30,7		146/92
Травматология	28,6	10,6	462/397
Хирургия	59,5		85/26
Прочие	25,9		361/153

Таким образом, наибольшая частота случаев выявления этилового спирта в биологических жидкостях пациентов лечебно-профилактических учреждений г. Йошкар-Олы характерна для хирургического отделения (59,5 %). Различия между мужчинами и женщинами наблюдаются только в травматологическом отделении – 28,6 и 10,6% соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джеллилов К., Соиханов А. Вред алкоголя для организма человека. Ашхабад: Магарыф, 2000.
2. Анохина И. П. Основные биологические механизмы зависимости от психоактивных веществ. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2011.
3. Об острых отравлениях спиртосодержащими жидкостями в Республике Марий Эл в 2022 году // Управление Роспотребнадзора по Республике Марий Эл. [сайт]. – Йошкар-Ола, 2023. URL: <http://www.12.gospotrebnadzor.ru>
4. Обнаружение и количественное определение летучих токсических веществ и гликолей в биологических объектах методами газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии. Пособие для врачей клинической лабораторной диагностики. М.: 2003.
5. Готов Н. В., Животовский Л. А., Хованов Н. В. И др. Биометрия. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1982. 264 с.
6. Хромов-Борисов Н. Н., Лазаротто Г. Б., Ледур Т. Б. Биометрические задачи в популяционных исследованиях // Методы популяционной биологии: сб. материалов VII Всерос. популяционного семинара. Сыктывкар, 2004. Ч. 2. С. 62-86.

Оценка эффективности противопожарных мероприятий на территории земель лесного фонда Оренбургской области

Абрамов С. П., Тимахович Н. В., Евстифеева Т. А.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург
koliatimahovich@mail.ru

Российская Федерация – лесистая страна. Она занимает первое место по площади лесов среди всех государств мира. Площадь составляет 1,19 млрд. га, что составляет 20 всех лесов планеты Земля. У леса существует много врагов, одним из которых является пожар. Основными источниками лесных пожаров в далеком прошлом были вулканические извержения и молнии, то есть природные факторы. В настоящее время причины возникновения 88–98% лесных пожаров – антропогенные факторы [1].

На территории лесного фонда Российской Федерации ежегодно регистрируется около 30 тыс. лесных пожаров. В результате ежегодно повреждаются и гибнут тысячи гектаров леса, выбрасываются в атмосферу тысячи тонн продуктов горения, погибает фауна, снижаются защитные функции леса, создается угроза для жизни людей. Это приводит к необходимости нести большие затраты на их тушение. Лесные пожары не позволяют лесной отрасли обеспечить многоцелевое, рациональное, непрерывное, неистощительное использование лесов, которое следует из принципов ведения лесного хозяйства, для удовлетворения потребностей общества [2].

Оренбургская область занимает обширную территорию площадью 124 тыс. км² на юго-восточной окраине европейской части России. Расположение области на стыке двух частей света – Европы и Азии, – на границе природных зон – леса и степи, гор и равнин, обусловило своеобразие ее природы. На ее площади граничат, а нередко и сочетаются природные комплексы лесостепной средней полосы России, степей Юго-востока, песчаных и солончаковых пустынь Среднего Прикаспия и Тургая, лесистых низкогорий Южного Урала, сосново-березового лесостепья Зауралья и Западной Сибири.

Площадь лесов региона, составляет 697,4 тыс. га, лесистость составляет всего 5%. Несмотря на низкий уровень лесистости, леса области являются одним из главных элементов экологического каркаса территории, выполняют защитные, водоохранные, санитарно-гигиенические, оздоровительные, рекреационные функции, депонируют атмосферный углекислый газ. Поэтому, на территории оренбургских степей, особенно важно сохранять лесные участки [3].

Пожароопасный сезон в регионе начинается со схода снега в марте-апреле и продолжается до устойчивой дождливой погоды в конце октября-ноября и в среднем продолжается 190–210 дней. Ежегодные сводки министерства природных ресурсов, экологии и имущественных отношений свидетельствуют об увеличении площади и числа лесных пожаров за последние несколько десятилетий. Главной причиной возникновения лесных пожаров на территории региона остается антропогенный фактор в совокупности с высокими температурами воздуха и ветром, который практически всегда присутствует в Оренбуржье (средняя скорость ветра 4,0 м/с).

В соответствии с лесным планом Оренбургской области, в качестве мероприятий по охране лесов от пожаров, применяются: установка предупредительных аншлагов, шлагбаумов в пожароопасный период, организация мест отдыха и курения, противопожарный мониторинг, устройство противопожарных разрывов и минерализованных полос с последующим уходом за ними. Особое внимание уделяется последним.

Минерализованная полоса – это очищенные от горючих материалов до минерального слоя почвы или обработанные почвообрабатывающими орудиями (опашка), или иным способом линейные участки территории, основное назначение которых задерживать распространение низового пожара или служить опорной линией при пуске отжига и встречного огня.

В лесном фонде Оренбургской области минерализованные полосы являются важным противопожарным мероприятием по причине того, что леса на территории региона граничат со степью, пастбищами и сенокосами. Пожары чаще всего возникают на территории покрытой травянистой растительностью, а затем происходит переход огня в лес.

В Оренбургской области ежегодно в среднем должно организовываться и обслуживаться около 2,1 тыс. км минерализованных полос за счет областного бюджета, а также около 47 км за счет иных лиц, использующих леса. Всего к 2028 году их длина должна составлять 22197 км.

Следует также отметить необходимость в прочистке и обновлении минерализованных полос. К 2028 году их должно быть прочищено и обновлено 252590 км за счет средств областного бюджета и бюджета иных лиц, использующих леса [4].

В рамках исследования эффективности противопожарных мероприятий была изучена эффективность минерализованной полосы, как барьера для перехода огня.

В соответствии с лесохозяйственным регламентом, утвержденным для территории области, ширина минерализованных полос должна составлять 1,4 м, что, как показывает практика, при высоком травостое является недостаточным. Было принято решение подтвердить или опровергнуть данное предположение опытным путем.

Место для проведения опыта было выбрано на участке с высоким (до 1 м) и плотным травянистым покровом из злаков. Ландшафт и организация участка исключал переход огня на прилегающую территорию. Участок был опахан и снабжен малым лесопатрульным комплексом со средствами пожаротушения: ранцевые огнетушители, установка высокого давления «Ангара», воздуходувки. Предварительно на участке были организованы минерализованные полосы шириной 1,4 м плугом ПКЛ-70, агрегируемом с трактором МТЗ-80. Время проведения опыта 14 ч 30 мин 15 октября 2021 г. Температура воздуха +18 °С, скорость ветра 1–2 м/с. Несмотря на то, что октябрь с коротким световым днем и холодными ночами несколько снизил пожарную опасность, возгорание травы произошло мгновенно, в полуметре от минполосы. Очаг стал расти. С помощью воздуходувки был сымитирован сильный ветер в сторону минполосы. В результате, подхваченные воздушным потоком искры переметнулись через нее и подожгли травяной покров за ней, после чего огонь был потушен.

Очевидно, что в летние месяцы, когда температура воздуха достигает +30 – +35 °С и дуют сильные ветры, полоса такой ширины пожар не остановит. Результаты опыта свидетельствуют о том, что даже в безветренную погоду вероятность перехода огня через минерализованную полосу шириной 1,4 м по горящему травяному покрову велика.

Постановление Правительства в 2020 года утвердило «Правила пожарной безопасности в лесах», согласно которым запрещается выжигание лесной подстилки, хвороста, сухой травы и других горючих материалов на земельных участках, непосредственно примыкающих к лесам, защитным и лесным насаждениям и не отделенных противопожарной минерализованной полосой шириной не менее 0,5 метра [5].

Исходя из этого, был проведен еще один эксперимент с использованием минерализованной полосы шириной 0,5 м без очистки прилегающей территории от травы, высота которой достигает более метра. Минполоса была сделана лопатой: ее длина составила 2 м, а ширина 0,5 м. В этом случае воздуходувки негодились, так как огонь перекинулся при небольшом порыве ветра.

Рядом находился небольшой участок со скошенной травой, на котором также происходило успешное продвижение огня. Очевидно, что путь огню на скошенном и очищенном от горючих материалов участке должны преградить минерализованная полоса. Но Правила говорят о другом: либо 10-метровая полоса со скошенной травой, либо минполоса шириной 0,5 м в траве.

Согласно противопожарным нормативам Оренбургской области ширина минполос в районах наземной охраны, при обильном травяном покрове и на захламленных участках, должна соответствовать интервалу от 2,5 до 4,0 м.

По данным, приведенным в Справочнике лесоустроителя (1961), ценные государственные защитные лесные полосы (ГЗЛП) требуется опаживать с внешней стороны минерализованными полосами шириной 6 м, а с внутренне – 3 м. В данный момент ГЗЛП опаживается с внешних и внутренних сторон минполосами шириной 1,4 м [6].

Таким образом, анализ лесотехнических документов и результаты проведенного эксперимента свидетельствуют о том, что ширина минерализованных полос в 1,4 м и, тем более, в 0,5 м не достаточны, они не справляются с задачей, на них возложенной. Поэтому многие участки леса подвержены угрозе перехода огня со степи или землях, примыкающих к лесам. Предлагается, в руководящих документах, действующих на территории области, увеличить нормативную ширину минерализованных полос, которая должна составлять не менее 4 м, а в хвойных насаждениях и государственной защитной лесной полосе – 6 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. ФГБУ «Авиалесоохрана»: [Электронный ресурс]. URL: <https://aviales.ru>.
2. Лесной кодекс РФ ст.1. от 04.12.2006 n200 – ФЗ (ред. 29.12.2022): [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/
3. Леса Оренбуржья. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 2000. С. 244.
4. Лесной план Оренбургской области от 1.01.2019: [Электронный ресурс]. URL: mpr.orb.ru.

5. Постановление Правительства РФ от 07.10.2020 № 1614 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [Сайт]. URL: <https://base.garant.ru/74739511/>.
6. Нормативы обеспечения лесопожарным инвентарем лесопожарных служб и лесопользователей. М.: ВНИИЦ-ресурс, 2008. С. 23.
7. Приказ министерства природных ресурсов и экологии РФ от 23.06.2014 г. № 276 «Об утверждении порядка осуществления мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165998/2ff7a8c72de3994f30496a0ccbb1ddafdaddd518.

Изучение причин «цветения» Павловского водохранилища

Абударова З. Р., студ. 2 курса

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа
zilaabudarova1@gmail.com

Централизованное водоснабжение г. Уфы (с населением свыше 1 млн жителей) обеспечивается инфильтрационными водозаборами, расположенными в долине р. Уфы. Ресурсы и качество воды в водозаборах регулируется Павловским водохранилищем [1]. Павловское водохранилище – одно из самых крупных на Южном Урале, горного типа, расположено на р. Уфе в пределах Уфимского плато. Это первое водохранилище в стране, построенное (в 1959–1961 гг.) на сильно закарстованных породах [2].

Как бы это печально не звучало, но с каждым годом люди оказывают все большее влияние на природу и это влияние не в лучшую сторону. Загрязнение океанов, морей, озер, и водоемов в целом, является глобальной проблемой, решение которой требует всеобщего внимания. Одним из последствий данного загрязнения является – эвтрофикация. Данный термин означает перенасыщение водоема питательными веществами, которое негативно сказывается на качестве воды и приводит к его цветению. При определенном химическом составе воды и температурных условиях начинается бурное размножение фитопланктона. Сине-зеленые водоросли препятствуют проникновению солнечных лучей в толщу воды. Водоросли прекращают насыщать кислородом водоем, придонная растительность погибает и превращается в «пищу» для тех же самых микроорганизмов.

В летнее – осеннее время можно наблюдать цветение Павловского водохранилища. Данный водоем обладает благоприятными условиями для размножения фитопланктона. Отсутствие быстрого течения является характерной чертой водохранилищ, что дает возможность водоему с повышением температуры окружающей среды быстрее прогреться, тем самым способствует цветению. Попадание природного мусора в воду приводит к гниению органических веществ, вследствие чего выделяются азотные и фосфорные соли, которые также способствуют цветению. Все же в большей степени на водоем оказывает влияние антропогенная эвтрофикация.

Самым очевидным и распространенным способом загрязнения водоемов людьми является выбрасывание мусора на прибрежных территориях и в сам водоем. Особенно это актуально для Павловского водохранилища, так как данная живописная территория является излюбленным местом отдыха местных жителей и туристов с разных городов. В связи с этим, на прибрежной зоне Павловского водохранилища находятся множество рекреационных баз, а так же частных домов, сточные воды которых направляются на очистные сооружения. Для определения эффективности очистных сооружений были произведены измерения химического состава воды до очистки, после очистки и воды из Павловского водохранилища, результаты которых представлены ниже в таблице. Из анализа видно, что количество фосфатов и нитратов на литр воды превышают предельно допустимую концентрацию, согласно нормативному документу Сан-ПиН для водоемов рыбохозяйственного назначения. Очистные сооружения не могут в полной мере удалить данные вещества из сточных вод. Как известно, фосфаты и нитраты способствуют размножению фитопланктона, стимулируют рост микроорганизмов, следовательно, даже очищенные сточные воды способствуют цветению водохранилища.

Источниками сточных вод являются не только хозяйственные объекты, но крупнейшие промышленные предприятия, относящиеся к бассейну реки Уфа. Производственные сточные воды Республики Башкортостана, Свердловской и Челябинской области также попадают в воду реки и загрязняют ее тяжелыми металлами, такими как: медь – 863,7; цинк – 15740,7; железо – 16022,0; никель – 540,0; хром – 1704,7; мышьяк – 28,5; ртуть – 16,6 и др. (кг/год) [3].

Значительную роль в эвтрофикации Павловского водохранилища играет агропромышленность. На территории бассейна реки Уфа расположены сельскохозяйственные поля, в процессе обработки которых используются гумус и удобрения, богатые фосфором и азотом. В последствие дождей и весенних паводков данные вещества смываются в водоем и обогащают воду питательными веществами, что способствует размножению цианобактерий. Как известно, концентрации важнейших биогенных элементов –

азота (N) и фосфора (P) в воде в значительной мере определяют биологическую продуктивность водоема, так как они являются составной частью всех клеток живых организмов [1].

Таблица 1

Результаты химического анализа воды

Характеристика	Вода до очистки	Вода после очистки	Вода из Павловского водохранилища
Общая жесткость, мг/л	200,00	20,00	50,00
pH	7,00	6,00	7,00
Нитраты, мг/л	1,00	100,00	0
Железо, мг/л	0,25	0	0
Фосфаты, мг/л	4,00	4,00	4,00
Аммоний, мг/л	0,25	0	0
Алюминий, мг/л	0	0	0

Еще одним немаловажным фактором, влияющим на химический состав воды, является сплав древесины и ее затопление в огромных количествах во время сплава. Не смотря на то, что объем сплавов в последние годы уменьшился, затопленные ранее деревья продолжают процесс гниения, минерализации на протяжении нескольких десятилетий. Древесина при попадании в воду оказывает существенное влияние на газовый режим водоема и поступление в него биогенных веществ [1].

Таким образом, Павловское водохранилище является высокоэвтрофным водоемом. Как природные (температура, течение, природный мусор), так и антропогенные (рекреационные базы, частные хозяйства, промышленность и их сточные воды, агропромышленность, сплав деревьев) влияют на степень ее перенасыщения питательными веществами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов Р. Ф., Шкундина Ф. Б., Полева А. О. Особенности гидрохимического и гидробиологического режимов Павловского водохранилища // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 1. С. 83. DOI 10.7868/S0321059614010027. – EDN RPSCPJ.
2. Лыкошин А. Г. Павловская плотина на реке Уфа / Под ред. А. Н. Вознесенского / Геология и плотины. Т. I. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959. С. 35–60.
3. Абдрахманов Р. Ф. Особенности формирования химического состава воды Павловского водохранилища // Гидрохимические матер. 1994. Т. III. С. 139–150.

Роль зеленых насаждений для оптимизации микроклимата на урбанизированных территориях

Авраменко М. В.

Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского, г. Брянск
avramenko_marina84@mail.ru

Высоко урбанизированная среда отрицательно влияет на самочувствие людей, вызывает утомление, расстройство нервной системы. Для улучшения санитарного состояния городов необходимо проведение в широких масштабах работ по увеличению площадей зеленых насаждений [8].

Зеленые насаждения, органично включенные в композицию застройки, улучшают структурно-планировочные и архитектурно-художественные достоинства микрорайона, помогают создать выразительный объемно-пространственный облик, живописный силуэт.

Гигиенические и декоративные качества растений формируются на протяжении длительного времени и во многом определяются развитием первоначальной идеи, заложенной в систему зеленых насаждений города и архитектурно-планировочное решение отдельных объектов. Для достижения наилучшего оздоровительного эффекта и создания нормальных условий развития растений система городских зеленых насаждений должна учитывать существующее состояние окружающей среды, также возможность ее изменения в связи с предлагаемым развитием города.

Зеленые насаждения принимают непосредственное участие в очищении городского воздуха от пыли и газов. Пыль оседает на листьях, ветках и стволах деревьев и кустарников, а затем смывается атмосферными осадками.

Газозащитная роль зеленых насаждений во многом зависит от степени дымоустойчивости самих пород. Зеленые насаждения в облиственном состоянии снижают содержание газов в воздухе. Кроме того, газозащитная роль зеленых насаждений во многом определяется их стойкостью к воздействию разных

газов. Среди деревьев и кустарников наиболее стойкими к газам являются ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), акация белая (*Robinia pseudoacacia* L.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), тополь канадский (*Populus canadensis* Moench.); наименее стойкими – береза повислая или бородавчатая (*Betula pendula* Roth.), ель европейская (*Picea abies* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ясень обыкновенный или высокий (*Fraxinus excelsior* L.). Концентрацию газов в воздухе зеленые насаждения активно снижают в период вегетации. Влияние зеленых насаждений на концентрацию газов в воздухе зависит и от плотности посадок. Среди густых зеленых насаждений, расположенных вблизи источников выброса в атмосферу вредных веществ, создается застой воздуха, что может привести даже к повышению концентрации атмосферных загрязнений.

Среди множества факторов, влияющих на микрофлору воздуха, особое место отводится фитонцидам. Фитонциды – летучие и нелетучие, выделяемые растениями и защищающие их вещества, способные подавлять рост, тормозить развитие вредных болезнетворных бактерий, микроорганизмов и таким образом оздоравливать воздух. К фитонцидным растениям относятся: дуб красный (*Quercus rubra* L.), сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) [9].

Зеленые насаждения способны существенно влиять на микроклимат, понижая температуру и увеличивая скорость движения воздуха в летний период. Растения, испаряя большое количество влаги, повышают влажность воздуха.

Немаловажную роль играют ветрозащитные насаждения. В практике проектирования зеленых насаждений возникает необходимость защиты городской застройки от неблагоприятных ветров. В этом случае поперек основного ветрового потока устраивают защитные полосы зеленых насаждений. Защитная роль этих полос определяется их конструкцией и расположением, а также типом застройки. Ветрозащитные свойства проявляют зеленые насаждения уже сравнительно небольшой высоты и ажурной конструкции. Степень ажурности должна быть не менее 30–40 %. Механизм ветрозащитного действия заключается в том, что часть воздушного потока, идущего поверх насаждений, встречается с воздушным потоком, проходящим сквозь защитную полосу. При встрече воздушные потоки взаимно гасятся.

Зеленые насаждения, располагаемые между источниками шума и жилыми домами, снижают уровень шума на 5–10 %.

Исключительно велико декоративно-планировочное значение зеленых насаждений. Яркие окраски цветов, изумрудная зелень газонов, сочетание различных тонов и оттенков зеленого цвета листвы, разнообразные кроны деревьев и кустарников оживляют город, обогащают архитектурный ансамбль, доставляют людям эстетическое наслаждение.

Мы в процессе исследований изучали не только историю, систематику и географию насаждений Брянской области, но и их реакцию на экологические факторы, лимитирующие интродукцию кустарников в город; определяли степень перспективности того или иного вида для широкого введения в культуру.

Зеленые насаждения г. Брянска представлены более 130 видами древесных растений, из них более 50 видов деревьев и более 80 видов кустарников [2–4, 7].

Общий облик зеленых насаждений во всех районах г. Брянска создают старовозрастные тополя разных видов (тополь белый (*Populus alba* L.), тополь дельтовидный (*P. Deltoids* Marsh.)), береза повислая (*Betula pendula* Roth.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) и липа мелколистная (*Tilia cordata* L.). Молодые посадки последних 5–8 лет еще мало заметны, но наблюдается их видовое разнообразие.

Большая часть зеленых насаждений находятся в запущенном состоянии. Приведение их в соответствующий порядок требует большой и трудоемкой работы: валка деревьев, формовочная обрезка, омоложение живых изгородей из кустарников, в ряде мест необходима реконструкция зеленых насаждений.

Особое внимание хочется уделить кустарниковой растительности, которой, очевидно, в большей степени не хватает в г. Брянске и Брянской области.

Из кустарников в зеленых насаждениях г. Брянска наиболее распространены следующие.

Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) встречается, в основном, в живых изгородях. Наиболее распространена в Фокинском районе. В Фокинском районе отмечена в стриженных живых изгородях и в свободнорастущей форме. Это посадки послевоенных лет.

Кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schlecht.) представлен в виде сформированных полушаровидных групп. Состояние хорошее. Кустарник декоративен, хорошо формируется и может быть широко использован в озеленении при создании живых изгородей различных формах, а также в свободнорастущем виде.

Пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.) встречается часто и составляет до 50% в живых изгородях г. Брянска, обычно в стриженных изгородях.

Дерен белый (*Cornus alba* L.) встречается довольно часто во внутриквартальных и уличных посадках. Состояние хорошее. В зимнее время хорошо смотрятся его красноватые побеги.

Сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.) наиболее распространена в уличных посадках частного сектора и во внутриквартальных посадках в виде групп, одиночных посадках, изредка в живых изгородях. Возраст различный от 3–5 до 30 и более лет. Состояние, в основном, везде хорошее.

Бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare* L.) изредка встречается в одиночных посадках и в живых изгородях (Фокинский и Володарский районы). Возраст составляет более 30 лет. Живые изгороди плотные темно-зеленые, состояние хорошее. В одиночных посадках цветет и плодоносит.

Барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.) хорош в живой изгороди у входа в ЦПКиО им. 1000-летия г. Брянска в возрасте более 20 лет; молодые посадки имеются у памятного знака города, у Брянского государственного университета им. Акад. И. Г. Петровского и других местах.

Следует отметить, что кустарники используются в озеленении г. Брянска недостаточно, даже в парках и скверах нет интересных участков сиреней, чубушников и др. Спиреи используются лишь в живых изгородях, тогда как все они очень хороши в композиционных группах.

Вьющиеся растения в озеленении г. Брянска составляют менее 1% из них наиболее часто во всех районах встречается партеноциссус пятилисточковый или девичий виноград (дикий виноград) (*Parthenocissus quinguefolia* (L.) Planch.). Растения в возрасте до 20 и более лет поднимаются до пятого этажа.

В частном секторе и жилых районах можно встретить жимолость обыкновенную (*Lonicera xylosteum* L.), лимонник китайский (*Schizandra chinensis* Baill.), гортензию древовидную (*Hydrangea arborescens* L.). Состояние растений хорошее.

Характерным недостатком озеленения многих городов, в том числе и г. Брянска, является отсутствие определенной системы в подборе ассортимента, в применении на ограниченных участках обширного перечня видов и форм растений, различных по составу, эколого-биологическим свойствам и декоративным качествам, что приводит к снижению эксплуатационных и художественных качеств озеленяемых территорий, к перегруженности и пестроте, к перерасходу посадочного материала.

Исходя из обозначенного представляется целесообразнее расширить ассортимент кустарников в Брянской области, путем введения новых видов и реконструкции старых [1, 3–6].

Успех работы по озеленению зависит от правильного подбора ассортимента древесно-кустарниковой растительности. При этом необходимо руководствоваться следующими основными принципами [10]:

- соответствие растений функциональному назначению озеленяемого участка;
- соответствие экологических особенностей растений условиям среды их существования;
- учет быстроты роста и долговечности растений;
- соответствие декоративных качеств растений особенностям озеленяемого объекта и его архитектурно-художественному решению;
- соответствие фенологических особенностей растений функциональным и эстетическим требованиям озеленяемого объекта.

При разработке нами ассортимента кустарниковой растительности все эти требования были учтены.

Для развития паркостроительства, озеленения городов большое значение имеет изучение систематики интродуцированных в город видов из числа кустарников. Эти сведения имеют как теоретическое, так и практическое значение. Особенно знание систематики интродуцентов, их биоэкологической характеристики необходимо для проектных организаций, занимающихся разработкой проектной документации по созданию садов и парков, реконструкции зеленых насаждений. Не менее значимы знания и для получения семян местной репродукции и плановом выращивании посадочного материала. Знание систематики и биоэкологической характеристики представителей культурной дендрофлоры позволяет вести целенаправленные исследования по дальнейшей интродукции кустарников. С учетом данного положения нами большое внимание было уделено систематике введенных в озеленение Брянской области кустарников из числа покрытосеменных растений.

Около 35% насаждений города и области требуют реконструкции, заключающейся в замене старых особей, достигших субсенильной и сенильной возрастной стадии. Для повышения декоративного эффекта и экологической значимости насаждений необходимо широкое введение декоративных кустарников. В пейзажах важное место занимают группы из деревьев и кустарников, поэтому правильная композиция их определяет красоту пейзажа.

Отсутствие регулярного ухода за насаждениями приводит к их преждевременному старению и гибели. Для повышения эффективности насаждений необходимо: введение новых, устойчивых к абиотическим факторам среды видов и внедрение прогрессивных технологий, обеспечивающих оптимальные условия для их роста и развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авраменко М. В. Виды рода *Spiraea* L., используемые в озеленении г. Брянска // Экологическая безопасность региона. Материалы III Международной научно-практической конференции. Брянск: Из-во «Курсив», 2010. С. 23–26.

2. Авраменко М. В. Декоративные кустарники перспективные для введения в озеленение городов и поселков Брянской области // Вестник Брянского государственного университета. 2012. № 4–1. С. 17–20.
3. Авраменко М. В. Интродукция перспективных видов древесных растений для Южного Нечерноземья России (на примере Брянской области) с целью создания высокоэффективных антропогенных экосистем различного целевого назначения // Экологическая безопасность региона: Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции естественно-географического факультета, Брянск, 10–11 ноября 2016 года. Брянск: Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, 2016. С. 10–12.
4. Авраменко М. В. Использование древесной и кустарниковой растительности при формировании садово-парковых ландшафтов // Экологическая безопасность региона. Материалы V Международной научно-практической конференции. Брянск: Из-во «РИО БГУ», 2012. С. 9–14.
5. Авраменко М. В. Некоторые экобиологические особенности представителей рода *Viburnum* L. И целесообразность введения их в культуру // Состояние антропогенно нарушенных экосистем Прихоперья: межвузовский сборник научных трудов. Балашов: Николаев, 2009. С. 5–7.
6. Авраменко М. В. Эколого-биологическая характеристика видов рода *Rosa* L. Озеленительного ассортимента г. Брянск // Наука XXI века: новый подход: материалы V молодежной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 20–21 февраля 2013 г., г. Санкт-Петербург. Петрозаводск: ПетроПресс, 2013. С. 6–8.
7. Авраменко М. В. Эколого-биологическая характеристика декоративных кустарников озеленительного ассортимента г. Брянска и Брянской области (Южное Нечерноземье России): специальность 03.02.08 «Экология (по отраслям)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Брянск, 2012. 182 с.
8. Горохов В. А., Луниц Л. Б. Парки мира. М: Стройиздат, 1985. 328 с.
9. Гостев В. Ф., Юскевич Н. Н. Проектирование садов и парков. М.: Стройиздат, 1991. 340 с.
10. Николаевская З. А. Садово-парковый ландшафт. М.: Стройиздат, 1989. 341 с.

Инвентаризации озер Лаишевского района Республики Татарстан и возникающие экологические проблемы

Акmalова З. Б., Мингазова Н. М., Мирлюбова Л. С., Шигапов И. С.

**Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань
akmalovazalia@gmail.com**

Озера являются важными экосистемами, которые играют важную роль в биологическом разнообразии и экономическом развитии регионов. В Лаишевском районе Республики Татарстан находятся многие озера, которые являются объектами природной и экономической ценности [1]. В связи с этим, проведение инвентаризации озер является актуальной проблемой, которая позволяет оценить их экологическое состояние и выявить возникающие проблемы. В данной статье будет рассмотрено проведение инвентаризации озер Лаишевского района Республики Татарстан, а также выявлены экологические проблемы, связанные с этими водоемами. Тема имеет большое значение для понимания современного состояния экосистем Лаишевского района, а также для разработки мер по сохранению и улучшению экологической ситуации в регионе.

Материалами для работы послужили литературные сведения об исследуемых водных объектах, данные публичной кадастровой карты, проекты генеральных планов сельских поселений Лаишевского района и космические снимки программного обеспечения Google Earth Pro на территории исследуемого района за космоснимки за 2007 и 2022 гг., по которым анализировалось сокращение площади водных зеркал озер.

Всего в ходе инвентаризации на территории Лаишевского района нами было выявлено 241 водоемов общей площадью 579,55 га (рис. 1).

Результатом инвентаризации стала общая сводная таблица, содержащая следующие параметры: 1) название; 2) месторасположение; 3) географические координаты (широта и долгота); 4) площадь акватории на 2007 год; 5) площадь акватории на 2022 год.

В таблице 1 приведен пример инвентаризации для Никольского сельского поселения.

В настоящее время водоемы Лаишевского района Республики Татарстан испытывают значительное антропогенное воздействие, что приводит к загрязнению, антропогенному эвтрофированию, сокращению площади озер, а иногда и полному исчезновению озер (табл. 2).

Так за исследуемый период времени в муниципальном образовании количество озер уменьшилось на 20 единиц. Самый большой показатель для Большекабанского поселения – 7 озер. В Александровском поселении 3 водоема, в Державинском, Егорьевском, Сокуровском и Кирбинском – 2, в Никольском и Орловском поселении по одному.

Сокращение площадей озер вплоть до их утраты является катастрофическим фактором для муниципального образования. А учитывая, что большее количество водоемов имеет тенденцию к уменьшению площади водного зеркала, то необходимость вмешательства и реабилитации возрастает с каждым годом.

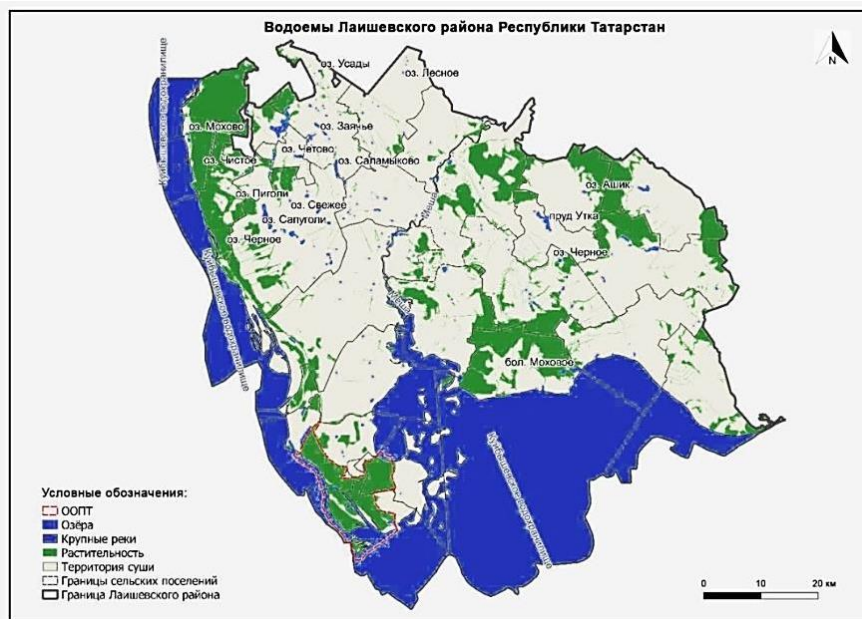


Рис. 1. Карта водоемов Лаишевского района

Таблица 1

Пример инвентаризации озер по Никольскому сельскому поселению

Название	Месторасположение	Географические координаты		Площадь, га	
		Широта	Долгота	2007 г.	2022 г.
Озеро 1 (оз. Мышаново)	1,9 км севернее д. Пиголи	55°34'58.42»С	49°10'6.14»В	2,0	1,1
Озеро 2	1,7 км северо-восточнее д. Пиголи	55°34'25.12»С	49°12'22.87»В	0,56	0,39
Озеро 3	1,5 км восточнее д. Пиголи	55°34'11.72»С	49°12'26.09»В	6,12	5,1
Озеро 4 (оз. Пиголи)	д. Пиголи	55°33'55.44»С	49°10'49.73»В	2,64	1,99
Озеро 5 (оз. Архиерейское)	с. Тарлаши	55°33'0.82»С	49° 8'54.70»В	71,2	61,5
Озеро 6 (оз. Сапуголи)	д. Сапуголи	55°33'23.38»С	49°13'30.43»В	4,46	4,91
Озеро 7 (оз. Сапуголи 2)	д. Сапуголи	55°33'29.07»С	49°13'40.95»В	1,15	1,37
Озеро 8 (оз. Черное)	1,88 км юго-вост. С. Тарлаши	55°32'15.77»С	49° 9'23.58»В	5,24	2,96
Озеро 9 (оз. Чердаки)	1,2 км юго-зап. Д. Травкино	55°32'57.05»С	49°14'3.58»В	4,74	2,54
Озеро 10	0,9 км северо-западнее с. Никольское	55°32'23.55»С	49° 9'55.09»В	0,70	0,26
Озеро 11	0,4 км северо-западнее с. Никольское	55°32'14.47»С	49°10'18.60»В	7,84	2,36
Озеро 12	с. Никольское	55°32'5.45»С	49°11'10.12»В	6,28	6,83
Озеро 13	с. Никольское	55°32'1.28»С	49°11'24.71»В	0,1	0,1
Озеро 14	с. Никольское	55°32'1.28»С	49°11'24.71»В	–	0,1
Озеро 15	с. Никольское	55°32'2.69»С	49°11'21.77»В	0,028	0,028
Озеро 16	с. Никольское	55°31'58.02»С	49°11'25.24»В	–	0,24
Озеро 17	с. Никольское	55°31'38.35»С	49°11'55.33»В	12	4,67
Озеро 18	1 км юго-восточнее с. Никольское	55°31'29.33»С	49°13'0.96»В	0,16	0,13
Озеро 19	1 км северо-восточнее д. Беляково	55°31'20.01»С	49°15'4.09»В	0,84	0,36
Озеро 20	1,5 км северо-восточнее д. Беляково	55°31'3.72»С	49°14'35.69»В	0,83	0,68
Озеро 21	0,9 км восточнее д. Беляково	55°30'57.89»С	49°14'29.58»В	0,36	0,32
Озеро 22	0,7 км восточнее д. Беляково	55°30'50.75»С	49°14'36.09»В	0,28	0,24
Озеро 23	0,5 км восточнее д. Беляково	55°30'34.21»С	49°14'11.96»В	1,70	0,880
Озеро 24	д. Беляково	55°30'30.40»С	49°14'14.80»В	0,53	0,43
Озеро 25 (оз. Мохово)	3 км западнее с. Кунтечи	55°30'9.85»С	49° 9'38.75»В	1,49	0,37
Озеро 26	1,5 км юго-западнее д. Беляково	55°29'45.74»С	49°13'2.94»В	1,0	0,30
Озеро 27	д. Новая Поляна	55°28'20.04»С	49° 8'36.96»В	3,30	–

Таблица 2

Примеры утраченных озер Лаишевского района

Наименование водоема	2013 г.	2021–2022 г.
Водоем 62		
Водоем 104		

Утрата водоемов – процесс не одного момента, хотя при определенных обстоятельствах он может носить и катастрофический характер. Деграционные процессы на водоемах можно предотвратить, ведь чаще всего они вызваны именно антропогенной деятельностью человека, такой как: застройка территории под урез воды, создание водозаборных скважин на территории населенных пунктов, неправильная распашка и чрезмерное внесение удобрений и прочее. Хозяйственная деятельность человека действует негативно не только на лимнические системы, но и на водосборные бассейны. В результате чего естественные процессы старения водоемов усиливаются многократно [2]. А особое внимание при данном экологическом положении следует обращать на ООПТ. В Лаишевском районе существует 15 особо охраняемых природных территорий, 12 из них относят к озерам [1].

Таблица 3

Данные с космоснимков площадей озер ООПТ

Наименование озера	2003–2004 гг.	2021 г.
Столбище		
Чистое		
Моховое		

Анализируя космические снимки Лаишевского района за 2003–2021 годы, можно заметить, что с каждым исследуемым промежутком времени площади озер становятся все меньше. Это происходит как в результате естественных факторов, так и антропогенных. В результате все разрастающейся застройки происходит сокращение территорий водосбора. А также нерациональный забор вод из подземных источников, что ведет к неминуемому сокращению уровня грунтовых вод. Строительство автомагистралей

и дорог, увеличение распашки земель и смыв удобрений с садовых участков все это оказывает сильное негативное воздействие (табл. 3).

Выводы:

1. В ходе работы была выполнена инвентаризация озер района исследования, по результатам которой был выявлен 241 водоем.

2. Анализ динамики площадей водоемов по космическим снимкам показал изменения площадей озер в границах Лаишевского района, на большинстве водоемов с 2003 по 2022 гг. имеют отрицательную динамику изменения площадей водного зеркала.

3. Озера Лаишевского района испытывают сильное антропогенное воздействие, приводящее к сокращению площадей озер, что усиливается в настоящее время активным строительством жилья, дорог. Основными причинами усыхания озер являются застройка территории водосбора и избыточные водозаборы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении государственного реестра особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан и внесении изменений в отдельные постановления Кабинета министров Республики Татарстан по вопросам особо охраняемых природных территорий: постановление КМ РТ от 24.07.2009 № 520 (с изм. На 28.02.2022) / Редакция Постановлений КМ РТ. 2022. № 183. 28 февраля.

2. Зиганшин И. И., Иванов Д. В. Рекреационная емкость как показатель эколого-туристского потенциала особо охраняемых озер Республики Татарстан // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 1. С. 95.

Изменение количества корневых волосков у проростков донника белого (*Melilotus albus* Medik.) под влиянием ионов свинца

Алябышева Е. А.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
e_alab@mail.ru

В техногенных условиях тяжелые металлы поступают в растения двумя путями: из почвы и из воздуха. Поверхностное загрязнение растений в результате оседания из воздуха на листья и стебли металлосодержащих частиц может быть значительным. Однако внешнее загрязнение менее опасно для растения, чем то, которое осуществляется через корни [1].

Рост корня более чувствителен к тяжелым металлам, чем рост побега, это коррелирует с преимущественным накоплением тяжелых металлов в корнях. М. Wierzbicka и D. Antosewicz [2] определили зависимость между содержанием Pb в корнях и степенью ингибирования роста корней проростков ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и кукурузы. Расчеты показали, что ингибирование роста корней ячменя начиналось при содержании примерно 525 мг Pb/kg сухой массы; 10%-ное торможение роста корня кукурузы, соответственно, при 183 мг/kg сухой массы. Низкие концентрации свинца могут стимулировать рост корневой системы. Диапазон концентраций Pb²⁺, при которых он ингибирует рост, достаточно узкий.

Кроме того, рядом авторов показано, что свинец вызывает изменение морфологии корней. Если концентрации металла не слишком высока, число боковых корней уменьшается в меньшей степени, чем длина главного корня, и корневая система имеет более компактный вид. Процесс заложения боковых корней очень устойчив к воздействию тяжелых металлов, что может быть обусловлено как барьерной ролью эндодермы, так и структурными особенностями клеток центрального цилиндра [3, 4].

Цель исследования – оценить всасывающую активность корневой системы проростков донника белого в условиях загрязнения свинцом.

Всасывающая активность корневой системы определяется количеством корневых волосков, так как именно они выполняют функцию всасывания необходимых для жизнедеятельности растения элементов. При поглощении металла заметное его количество было найдено в корневых волосках, однако пока неясно, играют ли они особую роль при его поглощении [5].

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являлось двулетнее стержнекорневое травянистое растение – донник белый (*Melilotus albus* Medik.). Для выяснения влияния солей свинца на всасывающую активность корневой системы, мы провели опыты с проращиванием семян *Melilotus albus* на растворах нитрата свинца разной концентрации. Варианты опыта: 1 – контроль (дистиллированная вода); 2 – 0,01 М Pb(NO₃)₂; 3 – 0,05 М Pb(NO₃)₂; 4 – 0,1 М Pb(NO₃)₂. Перед проращиванием семена обрабатывали раствором перманганата калия в течение 30 мин для предотвращения развития плесени. Затем обработанные семена помещали в чашки Петри, обработанные спиртом для дезинфекции. Семена проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге на свету при комнатной температуре. Фильтровальную бумагу увлажняли непосредственно перед закладкой семян на всхожесть. Семена раскладывали вручную равномерно

на расстоянии не менее 0,5–1,5 см друг от друга. В каждую пробу семян помещали заполненную простым карандашом этикетку с указанием регистрационного номера образца и пробы, даты учета энергии прорастания и всхожести. Для определения количества корневых волосков мы делали срезы корня толщиной 1 мм в зоне корневых волосков (по 10 срезов для каждой концентрации раствора и для каждого участка). Затем помещали срезы на предметное стекло и подсчитывали количество корневых волосков под микроскопом [6]. Результаты исследований обработаны статистически при помощи программы «Statistica 6.0», сравнение выборок проводили при помощи t-критерия Стьюдента, в работе принят уровень значимости $P < 0,05$.

Результаты исследования. На примере многих растений было показано, что семена устойчивы к действию тяжелых металлов, что может быть результатом непроницаемости покровов семян для ионов металлов [7]. Однако были обнаружены виды, например, горох посевной (*Pisum sativum* L.), у которых семенная кожура обладала хорошей проницаемостью для ионов свинца. Семена данного вида теряли способность прорасти под воздействием солей свинца [8]. Ингибирование процессов прорастания семян и более медленное формирование проростков в присутствии металла связаны, вероятно, с торможением процессов деления и растяжения клеток [9].

В ходе работы было обнаружено, что с увеличением концентрации свинца в водном растворе всхожесть семян *Melilotus albus* снижалась в 1,5–7,8 раза по сравнению с контролем.

В дальнейшем, была оценена всасывающая активность корневой системы проростков донника белого в условиях загрязнения свинцом.

В результате исследований были получены следующие данные: наибольшее количество корневых волосков на единицу поверхности оказалось в варианте с дистиллированной водой ($50,1 \pm 3,27$ шт. на ед. поверхности), наименьшее – в варианте с концентрацией свинца 0,05 М ($27,9 \pm 2,35$ шт. на ед. поверхности) ($P < 0,05$; t – критерий Стьюдента).

Нами была прослежена зависимость уменьшения количества корневых волосков с увеличением концентрации свинца в растворе: дистиллированная вода – 0,01М $Pb(NO_3)_2$ – 0,05М $Pb(NO_3)_2$ – 0,1М $Pb(NO_3)_2$ ($50,1 \pm 3,27 > 36,2 \pm 2,51 > 31,7 \pm 3,17 > 30,1 \pm 2,40 > 27,9 \pm 2,35$ шт. на ед. поверхности) (рис. 1).

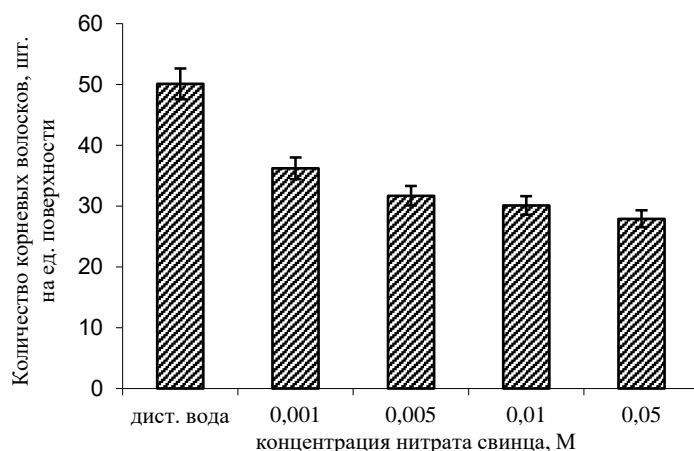


Рис. 1. Влияние $Pb(NO_3)_2$ на количество корневых волосков семидневных проростков *Melilotus albus* Medik.

Таким образом, свинец ингибировал рост корневых волосков, и его действие усиливалось с увеличением концентрации металла. Корневые волоски, как известно, выполняют всасывающую функцию, значит, действие свинца отражается и на количестве веществ, всасываемых растением для жизнедеятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларина Г. Е., Обухов А. Н. Тяжелые металлы в растительности с газонов вдоль автомагистралей // Почвоведение. 1995. № 3. С. 41–48.
2. Wierzbicka M., Antosiewicz D. How lead can easily enter the food chain a study of plant roots // Sci. Total Environ. 1993. Vol. 62. P. 351–423.
3. Jiang W., Liu D. Effects of Pb^{2+} on root growth, cell, division, and nucleolus of *Zea mays* L. // Bull Environ Contam. And Toxicol. 2000. Vol. 65. № 6. P. 786–793.
4. Тоцев В. В., Загарская Н. Г., Коноплев В. Д. Изучение уровня загрязнения растений тяжелыми металлами // Агротехнический вестник. 2001. № 5. С. 12–13.
5. Серегин И. В., Иванов В. Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. 2001. Т. 48. № 4. С. 606–650.

6. *Тариш Г. И.* Подземные органы травянистых растений. Свердловск: изд-во Свердловского гос. пед. Ин-та, 1975. 133 с.
7. *Жуйкова Т. В., Позолотина В. Н., Безель В. С.* Разные стратегии адаптации растений к токсическому загрязнению среды тяжелыми металлами (на примере *Taraxacum officinale* s. L.) // Экология. 1999. № 3. С. 189–196.
8. *Серегин И. В., Кожевникова А. Д.* Распределение кадмия, свинца, никеля и стронция в набухающих зерновках кукурузы // Физиология растений. 2005. Т. 52, № 4. С. 635–640.
9. *Баймаков Д. И., Лукаткин А. С.* Аккумуляция тяжелых металлов некоторыми высшими растениями в разных условиях местообитания // Агрехимия. 2002. № 9. С. 66–71.

Изменение уровня шума в зависимости от типа конструкции зданий (на примере г. Йошкар-Олы)

Алябышева Е. А.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
e_alab@mail.ru

Введение. Шум становится фактором огромного социального значения, нанося существенный ущерб организму человека. Шум, возникающий на проезжей части магистрали, распространяется не только на примыкающую территорию, но и вглубь жилой застройки. Жилые комнаты с окнами, выходящими на улицу, подвержены воздействию уличного шума большой интенсивности. Уровень звукового давления в квартирах зависит как от уровня шума на улице, так и от месторасположения дома по отношению к красной линии [1–5].

Целью нашей работы было проанализировать изменения уровня шума в зависимости от архитектуры зданий (на примере г. Йошкар-Олы).

Объекты и методы исследования. Для изучения интенсивности автопотока, уровня шума и влияния архитектурных особенностей зданий были выбраны следующие улицы г. Йошкар-Олы: Анциферова 19; Карла Либкнехта 63, 71; Кирова 9, 13; Комсомольская 121; Красноармейская 50, 99; Машиностроителей 20; Мира 15, 41; Первомайская 114, 164; Строителей 36; бул. Чавайна 45; Эшкинина 22. Определение уровня шума производили согласно ГОСТ-20444-75 с помощью прибора шумомер – ШУМ-ИМ-30. Уровень шума измерялся у проезжей части, до и после каждой полосы зеленых насаждений, а также на внутриворотовой территории. Измерения проводили в безветренную солнечную погоду с 10–12 часов дня. Измерительный прибор располагали на различном расстоянии от оси первой полосы движения транспортных средств на высоте $1,2 \pm 0,1$ м от уровня проезжей части. Отсчет уровней звука проводился непрерывно как при движении, так и при отсутствии транспортных средств. Число отсчетов и продолжительность серии измерений уровней звука проводили в течение 10 мин [7]. Данные были обработаны статистически с помощью программы Excel, рассчитаны среднее арифметическое и его ошибка, сравнение выборок производили с помощью t-критерия Стьюдента и однофакторного дисперсионного анализа. В работе принят уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования. Шум, возникающий на проезжей части магистрали, распространяется не только на примыкающую территорию, но и вглубь жилой застройки. Жилые комнаты с окнами, выходящими на улицу, подвержены воздействию уличного шума большой интенсивности. Уровень звукового давления в квартирах зависит как от уровня шума на улице, так и от месторасположения дома по отношению к красной линии. Шум в квартирах при открытых окнах, выходящих на улицу, всего на 10–13 дБ меньше средней величины уличного шума. Исследования показали, что в летнее время при закрытых оконных переплетах уровень шума в среднем на 6–10 дБ ниже, чем при открытых окнах [4].

Распространение уличного шума в значительной степени зависит от удаления жилых зданий от проезжей части улицы, а также от наличия перед домом зеленых насаждений. Отнесение жилого дома на 30–40 м снижает шум в квартирах на 5 дБ. Защитная полоса зеленых насаждений шириной 20 м уменьшает шум примерно на 8 дБ [5].

Исследования, проводимые В. Н. Белоусовым [8] показали, что как в г. Москве, так и в г. Волгограде на улицах, в жилых кварталах, в квартирах, т.е. всюду, где в течение дня и ночи пребывает человек, держится высокий уровень звукового давления. Условия проживания для населения особенно тяжелы в центральных районах, на магистральных улицах, в жилых кварталах с блочной застройкой, в квартирах, выходящими окнами на улицу. Так, в квартирах домов, расположенных на наиболее шумных улицах, количество жалоб на раздражающее действие уличного шума достигает 87–100% к числу опрошенных лиц. Жители этих районов предъявляют чрезвычайно серьезные жалобы на нарушение нормальных условий жизни под воздействием уличного шума и оценивают его как очень беспокоящий. Шум нарушает сон и отдых, затрудняет выполнение работ, связанных с умственным трудом, мешает слушать радио- и телепередачи и даже затрудняет разговор. Большинство живущих в квартирах, выходящих окнами на улицу, часто лишено в летнее время возможности из-за сильного шума открывать окна и форточки.

При строчном расположении домов по отношению к улице количество людей, предъявляющих жалобы, несколько меньше – 67%. При свободной застройке число жалоб на уличный шум снижается до 41%. Наибольшие уровни шума на территории жилых кварталов также имеют место при блочной застройке кварталов. Наиболее низкие уровни шума имеют место в кварталах, расположенных на улицах с меньшей интенсивностью движения, а следовательно, с меньшим уровнем шума, а также в кварталах со свободной и строчной застройкой, с хорошо озелененной территорией и расположением обслуживающих предприятий и детских учреждений в отдельных зданиях с самостоятельными выездами для транспорта. При расположении зданий торцами к магистральным улицам шум беспрепятственно проникает вглубь территории, оставаясь сравнительно большим по уровню. Если же на пути распространения звука встречается все больший фронт акустически непрозрачных экранов в виде самих зданий, звук заметно «слабеет» на территории. Чем больше линейная плотность застройки по магистрали, тем больше и глубже «акустическая тень» на территории.

В ходе работы были проведены исследования шумового загрязнения на внутридворовых территориях г. Йошкар-Олы.

Были проанализированы следующие типы конструкций зданий: периметральная, строчная и свободная. Результаты исследования представлены в таблице.

В жилой зоне г. Йошкар-Олы (внутридворовая территория) уровень шума составлял 45,0–52,0 дБА и не превышал ПДУ (в дневное время).

Оказалось, что с элементами озеленения на внутридворовой территории при периметральной конструкции зданий наблюдалось уменьшение уровня шума на $18,4 \pm 0,59$ дБА по сравнению с территорией, примыкающей к автомагистрали.

Нами также было обнаружено, что внутри двора при строчной конструкции зданий уровень шума снижался на 15 %, а при свободной – на 11 %, по сравнению с периметральной конструкции зданий.

В отсутствие элементов зеленых насаждений при данных типах конструкций зданий снижение уровня шума на внутридворовых территориях зданий происходило в меньшей степени ($A_1 - A_2 = 8,8 - 14,1$ дБА).

Таким образом, на внутридворовых территориях г. Йошкар-Олы не было обнаружено превышения уровня шума. Тип конструкции зданий оказывал влияние на уровень звукового давления, при строчном расположении домов по отношению к улице разница между уровнем шума у автомагистрали и уровнем шума на внутридворовой территории была наибольшей. На втором месте была периметральная конструкция зданий, а на третьем – свободная.

Зеленые насаждения внутридворовых территорий оказывали положительный шумопоглощающий эффект ($A_1 - A_2 = 16,3 - 18,4$ дБА).

Таблица

Изменение уровня шума в зависимости от типа конструкции зданий, дБА

Конструкция зданий	Фронт зданий	Уровень шума у дороги A_1 , дБА	Уровень шума на внутридворовой территории A_2 , дБА	$A_1 - A_2$ (среднее значение), дБА
с зелеными насаждениями				
Периметральная	Строителей 36	$70,2 \pm 1,77$	$49,2 \pm 0,11$	$18,4 \pm 0,59$
	Кирова 9	$60,7 \pm 0,46$	$45,0 \pm 0,03$	
Строчная	Мира 41	$63,8 \pm 0,40$	$49,9 \pm 0,14$	$15,7 \pm 0,34$
	Мира 15	$61,4 \pm 0,23$	$48,8 \pm 0,12$	
	Машиностроителей 20	$71,3 \pm 1,71$	$52,0 \pm 0,07$	
	Комсомольская 121	$66,5 \pm 0,33$	$47,7 \pm 0,13$	
	К. Либкнехта 71	$55,8 \pm 0,15$	$45,1 \pm 0,03$	
Свободная	Красноармейская 99	$67,9 \pm 0,63$	$51,4 \pm 0,08$	$16,3 \pm 0,66$
	Анциферова 19	$65,8 \pm 1,13$	$51,4 \pm 0,25$	
	Эшкинина 22	$67,4 \pm 1,13$	$49,3 \pm 0,14$	
без зеленых насаждений				
Периметральная	Первомайская 114	$67,5 \pm 0,51$	$51,4 \pm 0,06$	$14,1 \pm 0,18$
	Красноармейская 50	$63,3 \pm 0,22$	$49,4 \pm 0,06$	
	К. Либкнехта 63	$60,8 \pm 0,24$	$48,2 \pm 0,06$	
	Кирова 13	$65,0 \pm 0,27$	$51,1 \pm 0,02$	
Строчная	Первомайская 164	$65,3 \pm 0,15$	$50,6 \pm 0,08$	$14,7 \pm 0,12$
Свободная	Чавайна 45	$55,5 \pm 0,33$	$46,7 \pm 0,08$	$8,8 \pm 0,21$

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздова Л. Ф., Буторина М. В., Куклин Д. А. Оценка снижения уровней шума зданиями различной формы // Noise Theory and Practice. 2020. Т. 6. № 4 (22). С. 95–103.

2. Карманова О. С., Шутова О. А. Анализ комфортности территорий по акустическому режиму жилого комплекса в г. Перми // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2016. № 4 (24). С. 75–87.
3. Кирсанов В. В. Определение шума внутри групп жилых домов и измерение шума автотранспортных средств // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 23. С. 212–213.
4. Никитин Д. П., Новиков Ю. В. Окружающая среда и человек. М.: Наука, 1986. 303 с.
5. Городков А. И., Сванидзе М. А., Цыганков В. В. Акустическая эффективность и практические рекомендации по проектированию шумозащитного озеленения промышленных территорий: сборник предлагаемых для внедрения в производство научно-технических разработок. Брянск, 1990. С. 50–52.
6. ГОСТ 20444-75. Потоки транспортные в населенных пунктах. Методы определения шумовой характеристики. М., 1976. 23 с.
7. ГОСТ 19358-74. Автомобили, автопоезда, автобусы, мотоциклы и мотовелосипеды. Внешний и внутренний шум. Предельно допустимые уровни. Методы измерений. М., 1975. 12 с.
8. Белоусов В. Н., Прутков Б. Г., Шицкова А. П. Борьба с шумом в городах. М.: Стройиздат, 1987. 248 с.

Проблемы концепции устойчивого развития

Ананьев В. Д.¹, Гусельников Г. М.², Жукова Ж. С.³

Московский технический университет связи и информатики, г. Москва

1 – vladislavananev2@yandex.ru, 2 – guselnikovgeorgii@gmail.com, 3 – assamblee@mail.ru

С момента появления человечество начало активно преобразовывать окружающую природную среду, создав техносферу, которая со временем начала оказывать сильное негативное воздействие на биосферу. Большое количество ресурсов, которое не используется другими организмами в процессе своей жизнедеятельности (нефть, газ, уголь, металлы, радиоактивные вещества и т.п.) и, соответственно, исключено из биотического круговорота, загрязняют природную среду продуктами переработки. Исчерпание ресурсов, переизбыток вредных веществ, выделяемых в процессе деятельности техносферы подтолкнуло к пониманию необходимости гармоничного взаимодействия с окружающей природной средой. В 1968 году представители мировых политических, финансовых, культурных и научных кругов объединились и создали общественную организацию – Римский клуб, целью которой стало привлечение внимания мировой общественности к проблемам эволюции биосферы и взаимодействия общества и природы.

Эволюция общества не должна превосходить биологической емкости биосферы, ее способности возобновления ресурсов и рассеивания и преобразования вредных загрязнителей. Современное поколение людей должно заботиться о потребностях будущих поколений, не только сохранить невозобновляемые ресурсы, остановить потерю возобновляемых, но и снизить антропогенное влияние на климат планеты.

Воздействие техносферы на климат является предметом многочисленных споров в научных кругах. Если в конце прошлого начале этого века под давлением политических кругов и многочисленных экологических организаций на фоне цикла потепления температур в части регионов планеты предположения природного характера этих изменений критиковались и отрицались, то на сегодняшний момент игнорировать влияния факторов, в том числе космического масштаба, невозможно. Тем не менее, не смотря на институциональное влияние на многочисленные исследования в области климатологии, охрана окружающей среды является основной задачей, стоящей перед человечеством, в рамках концепции сохранения благоприятной среды обитания не только для человечества, но и сохранения биоразнообразия, которое обеспечивает устойчивую эволюцию биосферы. Контроль за изменениями климата и охрана окружающей среды в рамках данной концепции выходят на первый план [1].

Упоминание об устойчивом развитии имелось в нескольких документах (Всемирная стратегия охраны природы, 1979, 1980; доклад «Наше общее будущее» Международной комиссии по окружающей среде и развитию под руководством Г.Х. Брундтланд, 1984-87), но всеобщее распространение концепция устойчивого развития (КУР) получила на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992), где рассматривалась как предпосылка долговременного прогресса человечества, сопровождаемого приумножением капитала и улучшением экологических условий [1].

Взаимодействие общества, техносферы и биосферы порождает ряд проблем, вызванных взрывным спросом на природные ресурсы, слабым развитием и распространением перерабатывающих технологий породили ряд проблем современности, к которым были отнесены в основном – рост численности человеческой популяции и исчерпание природных ресурсов.

Рассмотрим проблему роста численности населения планеты. Рост благосостояния, развитие и доступность технологий, в том числе достижения медицины, развитие социальной сферы, сельского хозяйства и промышленности приводят естественным образом к снижению смертности из-за болезней, голода, ненадлежащих условий проживания и труда и, как следствие, к неконтролируемому росту численности населения.

Население планеты увеличилось за 70 лет более чем в 2,5 раза, практически на 5 миллиардов человек. Резкий прирост вызывает обеспокоенность, т.к. влечет за собой кратное увеличение потребления ресурсов, потребности в продуктах питания, развития социальной сферы, инфраструктуры и т.п. В соответствии с данными сайта «Население земли – счетчик населения мира»¹ численность человечества постоянно увеличивается, хотя отмечается незначительное замедление (1,24% в год в настоящий период против 2% в середине прошлого века). Рассмотрим график роста численности человечества (рис. 1).

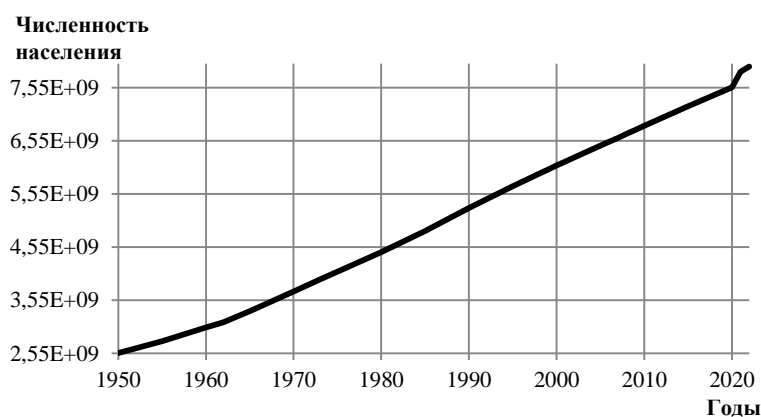


Рис. 1. Рост численности населения (1950–2022 гг.)

Прирост населения наблюдается не во всех странах, а часто там, где уровень жизни низкий: плохо развита медицина, процветают бедность и преступность, высокая смертность и низкая продолжительность жизни, тем не менее, эти процессы никак не уравновешиваются.

Мы наблюдаем крайне неравномерное распределение населения планеты, продолжительность жизни растет с каждым годом, как и численность в целом.

Концепция устойчивого развития предполагает снижение потребления ресурсов (самый главный из которых – пища, пресная вода), в том числе и за счет регулирования демографических процессов, что теоретически возможно, но на практике сталкивается с непреодолимыми трудностями.

Предлагаемые механизмы ограничения рождаемости, как например, планирование семьи, позволят ограничить прирост в так называемых развитых странах, где доступны медицинские услуги, развит институт планирования семьи, доступны средства предохранения от нежелательной беременности. Так же наблюдается прямая зависимость снижения рождаемости из-за роста уровня жизни. Но при этом в этих странах наблюдается естественная убыль населения, что отрицательно сказывается на экономике, так что данная политика привела к отрицательным последствиям и принятию политических и социально-экономических решений для стимулирования рождаемости.

Страны, которые относятся к категории развивающихся (или бедных), традиционно характеризуются высоким уровнем рождаемости в связи с религиозными ограничениями и недоступностью медицинских услуг. Ограничение рождаемости в них сталкивается с рядом проблем религиозного и экономического плана и возможно только под жестким, как правило, внешним давлением, что непременно вызовет высокое социальное напряжение. Подобный подход видится бесперспективным.

Рассмотрим, к каким последствиям приводит снижение рождаемости. Во-первых, происходит старение населения, увеличение доли пенсионеров, что ведет к повышению расходов на социальные нужды. Во-вторых, снижается доля работоспособного населения, и, как следствие, налоговые поступления, возникает дефицит рабочих рук.

Кроме всего прочего наблюдается повсеместная тенденция увеличения доли городского населения. Проживание в городской среде имеет ряд преимуществ: доступность и большой выбор товаров и услуг, разнообразие досуговых центров, комфортная среда проживания, достаток рабочих мест. Нельзя не отметить, что жизнь в городе имеет и недостатки: ограниченное пространство, высокий темп жизни, загрязнение окружающей среды (химическое, шумовое, электромагнитное, визуальное и т.п.), социальное расслоение, психическое перенапряжение.

Демографическая проблема, как мы видим, не имеет простых решений. Социальный прогресс – как составляющая устойчивого развития – основывается на соблюдении прав человека, одним из которых и является рождение детей. Ограничения на законодательном уровне неминуемо приведут к нарушениям

¹ Население земли – счетчик населения мира URL: <https://countrymeters.info/ru/World/economy> (дата обращения: 23.01.2022)

прав и социальным конфликтам, особенно в регионах с традиционно высоким уровнем рождаемости.

Второе направление, обеспечивающее справедливое будущее, – экономия ресурсов, переход к «зеленой» энергетике, достижения которой на сегодняшний момент не столь значительны, как предполагалось. Она не обеспечивает потребности современной промышленности, отходы требуют значительных затрат при утилизации.

Природные ресурсы – гарантия стабильного и устойчивого развития человеческой цивилизации, их необходимо рационально использовать с применением безотходных и малоотходных технологий, замкнутого цикла, использования вторсырья. При должном развитии технологий отходы могут стать вторичными материальными ресурсами. Как следствие такой политики – снижение трат предприятий за размещения отходов производства и потребления, снижение давления на окружающую среду, экономия природных ресурсов [2]. Следует отметить, что повторная переработка промышленных и бытовых отходов – трудоемкий, сложный и затратный процесс, окупаемость которого напрямую зависит от доступности и стоимости ресурсов, организации процесса сборки и переработки, как на региональном, так и на государственном уровне.

Кроме того, к значительной экономии приводит рациональное, разумное потребление. Но как мы видим, современное общество – общество потребления. При этом пригодные к дальнейшему использованию товары заменяются на новые под воздействием модных тенденций, рекламы (одежда, предметы интерьера и т.п.), морально и технически устаревают из-за быстрого развития технологий. Современные производители допускают выпуск продукции, которая не подлежит ремонту, с коротким сроком годности и гарантии, на что потребители соглашаются. Например, производители автомобилей отказались от концепции массового производства оцинкованных кузовов, что приводит к быстрой коррозии, но удешевляет себестоимость. Все это стимулирует неразумное потребление, ведет к нерациональному потреблению ресурсов, образованию дополнительных отходов, как производства, так и потребления.

Внедрение понимания разумного потребления является основной задачей современного общества, важна работа с населением и широкая просветительская деятельность, особенно в молодежной среде [3]. Необходимо популяризовать разумное потребление, экономию, бережное и уважительное отношение к природе. Только ответственное и осознанное потребление может способствовать устойчивому развитию, сохранить ресурсы и благополучную природную среду для будущих поколений.

Молодежная политика государства должна быть направлена на переключение приоритетов от бездумного потребления товаров и услуг на личное развитие, творческую активность и созидание. Для этого важно непрерывное экологическое образование, основанное на глубоких естественнонаучных знаниях [4], применении современных обучающих технологий для воспитания самостоятельных и ответственных людей, приоритеты которых лежат за рамками бездумного потребления [5].

Со времени принятия концепции устойчивого развития почти 30 лет назад множество работ посвящены ее проблемам, однако основной недостаток этих работ – отсутствие измеряемых критериев, учитывающих природные закономерности и взаимодействия на глобальном биосферном уровне. Управление устойчивым развитием на современном этапе – сложный, непредсказуемый процесс [6].

В Российской Федерации реализуется национальная стратегия устойчивого развития через соответствующие изменения законодательства, в том числе в области образования. На государственном уровне провозглашена цель социальной справедливости и экологической безопасности. Все большее количество предприятий принимают на себя корпоративную ответственность по переходу к ресурсосберегающим технологиям, по уменьшению загрязнения окружающей природной среды [7]. Особо остро эти вопросы стоят перед добывающими и перерабатывающими отраслями народного хозяйства. Не менее активно к реализации принципов устойчивого развития присоединились предприятия сферы обслуживания [8]. Образовательные организации активно занимаются просветительской деятельностью среди молодежи в рамках Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, разработанной в Институте стратегии развития образования РАО.

Современное общество пришло к пониманию экологических проблем, которые напрямую связаны с политикой, экономикой, социальной сферой, культурой, образованием, к пониманию необходимости постоянного диалога разных сфер человеческого общества [7].

В рамках концепции устойчивого развития поднимаются вопросы перенаселения планеты и экономии ресурсов для будущих поколений. Как видно, эти проблемы не только остро стоят перед современным обществом, но и являются одними из самых сложных в поиске решений. Проблема ресурсосбережения и разумного потребления является теоретически и практически решаемой, но рост численности населения и научно-технический прогресс ведут к увеличению потребления. Проблема перенаселения планеты – решается только теоретически, т.к. ограничение рождаемости сталкивается с рядом трудностей материального, культурного, религиозного характера. Многие ученые обоснованно с обоснованной критикой концепции устойчивого развития и возможных перспектив ее реализации в ближайшее время. В любом случае

осознание необходимости перехода к устойчивому развитию произошло, что дает надежду для лучшего будущего для всех, без ухудшения качества жизни современного поколения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Снакин В. В.* Устойчивое развитие // Жизнь Земли. 2018. Т. 40. № 1. С. 101–110.
2. *Лисова О. М., Елфимова Ю. М., Радишаускас Т. А.* Управление устойчивым развитием предприятий: эколого-экономический аспект // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 133. С. 30–39. DOI 10.21515/1990-4665-133-004.
3. *Осипова Е. А.* От устойчивого развития лесопромышленного комплекса к устойчивому развитию лесопромышленной компании // Власть и управление на Востоке России. 2016. № 3(76). С. 158–165.
4. *Жукова Ж. С.* Проблемы анализа изменения среднегодовых температур на примере станции Амундсен-Скотт // Общество, образование, наука: современные тренды: Сборник трудов по материалам II Национальной научно-практической конференции, Керчь, 23–24 декабря 2022 года / ред. Коллегия: Е. П. Масюткин [и др.]. Керчь: КГМТУ, 2022. С. 221–225.
5. *Жукова Ж. С., Власова Т. Г., Тыгер Л. М.* О необходимости формирования soft skills в ходе подготовки студентов направлений гостиничное дело и сервис // Общество, образование, наука: современные тренды: Сборник трудов по материалам II Национальной научно-практической конференции, Керчь, 23–24 декабря 2022 года / редакц. Коллегия: Е. П. Масюткин [и др.]. Керчь: КГМТУ, 2022. С. 436–441.
6. *Кузнецов О. Л., Большаков Б. Е.* Ноосферные законы и модель глобального устойчивого развития реализация ноосферного научно-технического комплекса в управлении устойчивым развитием // Уровень жизни населения регионов России. 2014. № 1(191). С. 90–97.
7. *Петров А. Д., Маковецкий М. Ю.* Проблемы и перспективы развития предприятий легкой промышленности в России в контексте устойчивого развития // Противоречия и тенденции развития современного российского общества: Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции, Сергиев Посад, 18 апреля 2022 года. М.: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2022. С. 102–108.
8. A technical service system to increase business efficiency and competitiveness / W. E. Panasenکو, T. G. Vlasova, Z. S. Zhukova [et al.] // Frontier Information Technology and Systems Research in Cooperative Economics. Heidelberg : Springer International Publishing, 2021. P. 705–714.

Редкие виды млекопитающих для переиздания Красной книги Республики Мордовия

Андрейчев А. В.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
имени Н. П. Огарёва, г. Саранск
andreychev1@rambler.ru

Красная книга Республики Мордовия (КК РМ) том 2 – Животные вышла в свет в 2005 г. [1]. В данное издание был включен 31 вид млекопитающих, из них четыре вида со статусом 1 (исчезающие), четыре вида со статусом 2 (уязвимые), тринадцать видов со статусом 3 (редкие), восемь видов со статусом 4 (неопределенные), два вида со статусом 5 (восстанавливаемые и восстанавливающиеся). С тех пор прошло много времени, и согласно положения о региональной Красной книге и методических рекомендаций по ее ведению [2], переиздание должно было происходить не реже 1 раза в 10 лет. Примечателен положительный опыт периодичности последних переизданий Красных книг соседних регионов: Ульяновской области (2008, 2015) [3, 4], Нижегородской области (2003; 2014) [5, 6], Рязанской области (2001; 2011) [7, 8], Пензенской области (2005; 2019) [9, 10]. Поэтому в 2025 г. могло выйти второе переиздание КК РМ, однако еще не состоялось даже первое переиздание. В 2012 г. и последующие годы рекомендовался обновленный список видов для переиздания КК РМ [11]. К настоящему времени накоплен большой объем данных по редким видам млекопитающих, появились новые точки регистрации по уже включенным видам в КК, по одним видам произошло стабилизирование или увеличение численности, по другим – наоборот, отмечены новые виды для региона. Следовательно, некоторые виды нуждаются в пересмотре статуса, а другие в включении в следующее переиздание КК РМ. К тому же в 2021 г. вышло переиздание Красной книги Российской Федерации (КК РФ) [12], в которое впервые включен суслик крапчатый. Поэтому настало время переиздавать обновленную и доработанную КК РМ, посвященную животным, т.к. по растениям переиздание уже состоялось.

Цель данного сообщения привести рекомендуемый список редких видов млекопитающих к переизданию КК РМ.

Однако детальный акцент делается лишь на те изменения по статусу редких видов, которые произошли с 2012 г. и, кроме того, не затрагивает представителей отряда Рукокрылые (9 видов на 2005 г.), т.к. в последние годы по этой группе автор не проводил специальных поисков, а отдельные случайные добытые зверьки не характеризуют ситуацию по категориям редкости.

В последнем издании КК РФ (2021) используются 6 категорий статуса редкости объектов животного мира: 0 – вероятно исчезнувшие; 1 – находящиеся под угрозой исчезновения; 2 – сокращающиеся в численности

и/или распространении; 3 – редкие; 4 – неопределенные по статусу; 5 – восстанавливаемые и восстанавливающиеся. В КК РМ (2005) были приняты 6 категорий статуса редкости: 0 – вероятно, исчезнувшие; 1 – исчезающие виды; 2 – уязвимые виды; 3 – редкие виды; 4 – неопределенные виды; 5 – восстанавливаемые и восстанавливающиеся виды. В новой версии КК РМ формулировку категорий редкости для видов следует использовать согласно КК РФ.

Из отряда Насекомоядные в КК РМ находятся четыре вида: выхухоль русская, белозубка малая, бурозубка крошечная, кутора обыкновенная. Поскольку точек регистраций последнего вида в Мордовии стало достаточно много [13, 14], поэтому целесообразно исключить данный вид из КК РМ. К тому же, среди соседних регионов обыкновенная кутора включена лишь в КК Чувашской республики (2010) [15] и Ульяновской области (2015) [4] с категорией 4. Напротив, в связи с регистрациями в Мордовском заповеднике малой куторы другими исследователями [16] – вида несвойственного для Поволжья в целом, следует признать его редкость и включить в переиздание КК РМ с категорией 3. Хотя изначально мне и пришлось усомниться по выше приведенной причине в правильности регистрации данного вида. Следует подчеркнуть, что природа Мордовского заповедника уникальна и некоторые виды млекопитающих за всю историю изучения регистрировались и регистрируются до сих пор только здесь, а в других районах региона не отмечались. Данный вид, как оказалось, еще раз это подтверждает.

Что касается хищных млекопитающих, то в КК РМ внесено 6 видов. С учетом предложений на 2012 г. следует изменить статус по трем видам. Норка европейская в КК РМ имеет статус уязвимого вида. Достоверно последняя регистрация *M. Lutreola* была в Мордовском заповеднике в 1965 г. [17]. Следует изменить категорию вида на 0, т.к. более чем в течении 50 последних лет она не регистрировалась в Мордовии. Вид фактически исчез с территорий многих регионов и внесен в Красную книгу МСОП. Норка европейская имеет категорию 0 в КК Чувашской республики. Хорь степной включен в КК РМ с категорией 3. Подтвержденных точек обнаружения данного вида на территории Мордовии не было, что наводило на мысль об исключении вида из КК региона. Но в 2012 г. автору были предоставлены охотниками добытые степные хорьки в Ардатовском районе, что свидетельствует о сохранившейся популяции в окрестностях сел Урусово, Старое Ардатово, Силино. Анализ добычи хорьков по районам показал, что везде регистрируется лишь лесной хорь, кроме этого района, поэтому следует изменить категорию редкости на 1. Среди соседних регионов хорь степной включен в КК Чувашской республики. Рысь обыкновенная в Мордовии стабильно обитает в нескольких районах [18], к тому же увеличилось число точек регистрации, поэтому следует изменить категорию на 3.

В КК РМ включено 9 видов грызунов. Суслик крапчатый ранее в список данных видов не был внесен. Уже в 2012 г. он рекомендован к включению в КК РМ с категорией 3, но к настоящему времени ситуация с видом ухудшилась и следует указать категорию 1. Последняя регистрация фиксировалась в 2017 г. в Дубенском районе [19]. Среди видов семейства Соневые самым редким на территории региона является соя садовая, она имеет в КК РМ категорию 4. Достоверно отмечалась лишь для Мордовского заповедника [17]. Периодически поступают указания на обитание данного вида в регионе, но при проведении отловов с помощью живоловок, оказывается там обитает сходный вид – лесная соя. Учитывая ситуацию с данным видом в соседних регионах следует изменить категорию на 1. Хомячок серый, также, как и норка европейская, несколько десятилетий не регистрировалась на территории Мордовии. Но тем не менее, в годы массовой численности появление данного вида в регионе не исключено, поэтому логично включить данный вид в КК РМ с категорией 0. Среди соседних регионов вид включен в КК всех соседних регионов, за исключением КК Ульяновской области. Еще одним видом-кандидатом в переиздание КК РМ является подземная полевка. Она впервые зарегистрирована для Мордовии в 2019 г. [20]. Эта регистрация является самой восточной для вида. Этот вид является редким и занесен в Красные книги многих регионов России: Ленинградской, Тверской, Пензенской, Московской, Псковской и Новгородской областей. Полевка красная периодически отмечалась в пределах республики только в Мордовском заповеднике, в том числе в 21 веке [16]. По территории Мордовии проходит южная граница распространения вида. Следует рекомендовать к внесению в список редких с категорией 3 [11].

В КК РМ включено 3 вида из отряда Китопарнокопытные. Косуля европейская включена в КК РМ со статусом 2. Поскольку в настоящее время имеется достаточное количество точек регистраций европейской косули (наряду с сибирской косулей) по Мордовии следует изменить категорию вида в КК РМ на 5. Зубр был включен в КК РМ со статусом 1. Зубр обитал в Мордовский заповедник с 1956 г. до 2000 г. [21]. По причине исчезновения с территории республики ранее рекомендовалось изменить статус зубра в КК. Безусловно радует, что в 2019 г. и позже зубры были завезены в Мордовский заповедник из Окского заповедника, первоначально содержались в вольерных условиях, а затем выпущены в естественные условия обитания и уже наблюдалось размножение в природе [22], поэтому следует сохранить категорию 1 в новой версии КК РМ (табл. 1).

Таблица 1

Список видов млекопитающих Республики Мордовия, нуждающихся в охране по категориям редкости

№ п/п	Вид	КК РМ (2005 г.)	КК РФ (2021 г.)	Новая версия КК РМ
1	Выхухоль русская – <i>Desmana moschata</i>	3	1	3
2	Белозубка малая – <i>Crocidura suaveolens</i>	3	–	3
3	Бурозубка крошечная – <i>Sorex minutissimus</i>	2	–	3
4	Кутора обыкновенная – <i>Neomys fodiens</i>	3	–	–
5	Кутора малая – <i>Neomys anomalus</i>	–	–	3
6	Медведь бурый – <i>Ursus arctos</i>	1	–	2
7	Норка европейская – <i>Mustela lutreola</i>	2	–	0
8	Хорь степной – <i>Mustela eversmanni</i>	3	–	1
9	Барсук обыкновенный – <i>Meles meles</i>	2	–	2
10	Выдра речная – <i>Lutra lutra</i>	3	–	3
11	Рысь обыкновенная – <i>Lynx lynx</i>	1	–	3
12	Суслик крапчатый – <i>Spermophilus suslicus</i>	–	2	1
13	Сурок-байбак – <i>Marmota bobak</i>	5	–	5
14	Бобр обыкновенный – <i>Castor fiber</i>	5	–	5
15	Соня лесная – <i>Dryomys nitedula</i>	–	–	3
16	Соня садовая – <i>Eliomys quercinus</i>	4	–	1
17	Соня-полчок – <i>Glis glis</i>	3	–	3
18	Соня орешниковая – <i>Muscardinus avellanarius</i>	4	–	3
19	Мышовка лесная – <i>Sicista betulina</i>	4	–	3
20	Тушканчик большой – <i>Allactaga major</i>	4	–	1
21	Слепыш обыкновенный – <i>Spalax microphthalmus</i>	3	–	3
22	Хомячок серый – <i>Cricetulus migratorius</i>	–	–	0
23	Полевка красная – <i>Clethrionomys rutilus</i>	–	–	3
24	Полевка подземная – <i>Microtus subterraneus</i>	–	–	4
25	Пеструшка степная – <i>Lagurus lagurus</i>	4	–	4
26	Мышь-малютка – <i>Micromys minutus</i>	–	–	3
27	Олень благородный – <i>Cervus elaphus</i>	1	–	–
28	Косуля европейская – <i>Capreolus capreolus</i>	2	–	5
29	Зубр – <i>Bison bonasus</i>	1	1	1

Таким образом, по итогам анализа приведенных видов млекопитающих из КК РМ при переиздании следует исключить 2 вида, добавить 7 видов, поменять категорию у 10 видов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красная книга Республики Мордовия. Т. 2: Животные. Саранск: Мордов. Кн. Изд-во, 2005. 336 с.
2. Методические рекомендации по ведению Красной книги субъекта Российской Федерации. М., 2006. 20 с.
3. Красная книга Ульяновской области. Ульяновск: Изд-во «Артишок», 2008. 508 с.
4. Красная книга Ульяновской области. Москва, 2015. 550 с.
5. Красная книга Нижегородской области. Т. 1. Животные. Н. Новгород, 2003. 380 с.
6. Красная книга Нижегородской области. Т. 1. Животные. 2-е изд. Н. Новгород, 2014. 448 с.
7. Красная книга Рязанской области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Рязань, 2001. 312 с.
8. Красная книга Рязанской области. 2-е изд. Рязань, 2011. 626 с.
9. Красная книга Пензенской области. Т. 2: Животные. Пенза: Изд-во Пензенская правда, 2005. 210 с.
10. Красная книга Пензенской области. Т. 2: Животные. 2-е изд. Пенза: Изд-во Пензенская правда, 2019. 264 с.
11. Андрейчев А. В., Кузнецов В. А. Об изменении списка и категорий млекопитающих в Красной книге Республики Мордовия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 5. С. 163–167.
12. Красная книга Российской Федерации. Т. Животные. 2-е изд. М., 2021. 1128 с.
13. Andreychev A. Ecological and faunal complexes of insectivorous mammals of the Republic of Mordovia, Russia // Biodiversitas. 2020. Vol. 21. № 7. P. 3344–3349.
14. Andreychev A. Population structure and dynamics of small rodents and insectivorous mammals in a region of the Middle Volga, Russia // Biharean Biologist. 2021. Vol. 15. № 1. P. 33–38.
15. Красная книга Чувашской Республики. Т. 1. Ч. 2. Редкие и исчезающие виды животных. Чебоксары, 2010. 372 с.
16. Ручин А. Б., Алексеев С. К., Артаев О. Н., Семишин Г. Б. Новые сведения по фауне мелких млекопитающих (Rodentia, Insectivora) Мордовии, попадающих в почвенные ловушки // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. 2018. № 20. С. 223–228.
17. Бородин М. Н., Бородин Л. П., Терешкин И. С., Штарев Ю. Ф. Млекопитающие Мордовского заповедника // Труды Мордовского государственного заповедника им. П.Г. Смидовича. Вып. 5. Саранск: Мордов. Кн. Изд-во, 1970. С. 5–60.
18. Andreychev A. Proportion faunal assemblages of carnivorous mammals in geoeological districts of Mordovia, Russia // Biodiversitas. 2021. Vol. 22. № 10. P. 4625–4632.
19. Андрейчев А. В., Лапшин А. С. Распространение крапчатого суслика в Мордовии // Теория и практика гармонизации взаимодействия природных, социальных и производственных систем региона. 2017. С. 4–6.
20. Кириллова Н. Ю., Криштуфек Б., Кириллов А. А., Ручин А. Б., Гриштутин Г. Ф. Первая находка *Microtus subterraneus* (de Sélys-Longchamps, 1836) (Rodentia, Cricetidae) в Мордовии, Россия // Acta Biologica Sibirica. 2019. Т. 5. № 4. С. 145–149.

21. *Потанов С. К.* Анализ многолетней динамики численности и особенностей стаиального размещения стада зубров МГПЗ // Труды Мордовского государственного заповедника им. П.Г. Смидовича. Вып. 7. М., 2006. С. 83–113.

22. *Терешкина О. В., Терешкин С. А.* Начальный этап формирования смешанной группы зубров (*bison bonasus*), как структурной единицы вольноживущей популяции, на территории МГПЗ им. П.Г. Смидовича // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. 2020. № 24. С. 232–241.

Флуктуирующая асимметрия краниологических признаков мелких млекопитающих в Мордовии

Андрейчев А. В., Крыгина М. А., магистр 1 курса, Майданов М. С., студ.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, г. Саранск
andreychev1@rambler.ru

Флуктуирующая асимметрия (ФА) – ненаправленные различия в проявлении признака на левой и правой сторонах тела – рассматривается как маркер нестабильности развития и используется для индикации стрессующих воздействий внешних и внутриорганизменных факторов [1–6]. Мелкие млекопитающие, принадлежащие к разным систематическим группам, являются наиболее чувствительным объектом живой природы, реагирующим на изменения современного состояния биоты разных территорий к влиянию антропогенных факторов. Ранее нами впервые для Республики Мордовия начаты биоиндикационные исследования с использованием в качестве тест-объектов мелких млекопитающих [7–9].

Целью настоящей работы являлся анализ ФА краниологических признаков грызунов, обитающих в пригородном лесу г. Саранск и окрестностях с. Урей 3-й (Темниковский район Республики Мордовия).

Согласно рассматриваемой гипотезы первая территория условно принята антропогенно загрязненной, а вторая – контрольной.

Материалом для работы послужили отловленные грызуны семи видов в 2020–2021 гг. В пригородном лесу г. Саранск отловлены: рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus*), желтогорлая мышь (*Apodemus flavicollis*), малая лесная мышь (*Apodemus uralensis*), полевая мышь (*Apodemus agrarius*), домовая мышь (*Mus musculus*). В окрестностях с. Урей 3-й отловлены: рыжая полевка, полевка-экономка (*Microtus oeconomus*), обыкновенная полевка (*Microtus arvalis* s.l.), малая лесная мышь, домовая мышь. Зарегистрированные виды являются фоновыми для региона [10–12], редких видов не отмечено [13]. В общей сложности отловлено 324 особи, у которых черепа очищались от мягких тканей. Флуктуирующая асимметрия неметрических признаков черепа изучались с использованием методики, разработанной В. М. Захаровым с соавторами [14, 15]. Согласно этой методике в качестве маркера, отражающего реакции популяции на экстремальное воздействие среды, использовалось число мелких отверстий для нервов и кровеносных сосудов на левой и правой сторонах черепа. Данная методика или альтернативные методики широко используются исследователями на разных видах млекопитающих [16–18].

Для изучения ФА было выбрано 10 билатерально-симметричных краниологических признака (рис. 1). Поиск и учет неметрических признаков черепа осуществлялся с помощью микроскопа МБС-10 при увеличении 2×8. В последующем проводится анализ величины флуктуирующей асимметрии по дисперсии относительного различия между сторонами (левой и правой) [15]. Среднее число ассиметричных признаков (ЧАП) на особь рассчитывалось по формуле: $ЧАП = \sum Ai / nk$, где Ai – число ассиметричных проявлений признака i (число особей, ассиметричных по признаку i); n – численность выборки; k – число признаков.

Таблица 1

Шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для мелких млекопитающих

Балл	Величина показателя стабильности развития	Условия существования
I	<0,35	Благоприятные
II	0,35–0,39	Слабое воздействие неблагоприятных факторов среды
III	0,40–0,44	Умеренное воздействие неблагоприятных факторов среды
IV	0,45–0,49	Сильное воздействие неблагоприятных факторов среды
V	>0,49	Крайне неблагоприятные

В результате исследований значения числа ассиметричных признаков были переведены в балльную оценку. Для интерпретации полученных результатов балльная оценка качества среды обитания в соответствии с таблицей 1, где приведены коэффициенты асимметрии. Сравнимые территории

по флуктуирующей асимметрии меристических признаков черепов мелких млекопитающих сгруппированы по видам для наглядности результатов (табл. 2).

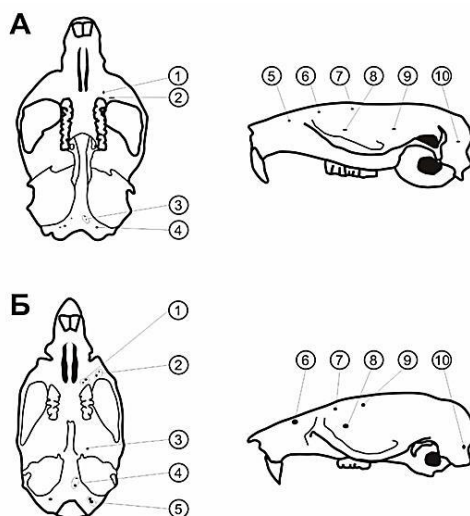


Рис. 1. Меристические признаки черепов для оценки флуктуирующей асимметрии микромаммалий: А – рыжая полевка, Б – малая лесная мышь; (1–10) – нумерация признаков по: В. М. Захаров и др. [15]

Таблица 2

Частота проявления асимметрии меристических признаков черепов мелких млекопитающих в пригородном лесу г. Саранск и на контрольной территории (Урей 3-й)

Вид	Пункты отлова			
	Саранск		Урей 3-й	
	ЧАП (M ± m)	Индекс, балл	ЧАП (M ± m)	Индекс, балл
<i>Clethrionomys glareolus</i>	0,37 ± 0,01	II	0,14 ± 0,04	I
<i>Microtus oeconomus</i>	–	–	0,15 ± 0,01	I
<i>Microtus arvalis</i> s.l.	–	–	0,15 ± 0,03	I
<i>Apodemus agrarius</i>	0,32 ± 0,02	I	–	–
<i>Apodemus uralensis</i>	0,25 ± 0,03	I	0,12 ± 0,02	I
<i>Apodemus flavicollis</i>	0,34 ± 0,02	I	–	–
<i>Mus musculus</i>	0,15 ± 0,01	I	0,12 ± 0,01	I

По интегральному показателю стабильности развития мелких млекопитающих в пригородном лесу г. Саранск оценка данных выборок составляет I балл за исключением *Cl. Glareolus* (II балла). Это показывает, что данный район исследования является чистым и благоприятным для обитания и развития мелких млекопитающих. Окрестности с. Урей 3-й характеризуются по ЧАП, как благоприятные условия обитания (I балл). Однако следует отметить, что ЧАП черепов мелких млекопитающих в окр. С. Урей 3-й существенно ниже, чем для пригородной черты Саранска. Таким образом, можно подвести итог, что мелкие млекопитающие могут быть использованы в качестве тест-объектов в регионе в дальнейших биоиндикационных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гилева Э. А., Нохрин Д. Ю. Флуктуирующая асимметрия краниометрических признаков восточноевропейской полевки из зоны радиационного неблагополучия // Экология. 2001. № 1. С. 44–49.
2. Fuller R., Houle D. Detecting genetic variation in developmental instability by artificial selection on fluctuating asymmetry // Journal of Evolution Biology. 2002. Vol. 15. P. 954–960.
3. Гилева Э. А., Ялковская Л. Э., Бородин А. В., Зыков С. В., Кишняев И. А. Флуктуирующая асимметрия краниометрических признаков у грызунов (Mammalia: Rodentia): межвидовые и межпопуляционные сравнения // Журнал общей биологии. 2007. Т. 68. № 3. С. 221–230.
4. Ялковская Л. Э., Фоминых М. А., Мухачева С. В., Давыдова Ю. А., Бородин А. В. Флуктуирующая асимметрия краниальных структур грызунов в градиенте промышленного загрязнения // Экология. 2016. № 3. С. 213–220.
5. Marzban Abbasabadi B., Ghojoghi F., Rahmati S., Hajian O. Morphological variations in the skulls of male and female Persian Fallow Deer (*Dama dama mesopotamica*) // Iranian Journal of Veterinary Medicine. 2020. Vol. 15. P. 221–233.
6. Demiraslan Y., Demircioğlu İ., Güzel B. C. Geometric analysis of mandible using semilandmark in Hamdani and Awassi sheep. Ankara Üniversitesi // Veteriner Fakültesi Dergisi. 2023. P. 1–21.
7. Андрейчев А. В., Кузнецов В. А. Лесная мышь как возможный вид-биоиндикатор загрязнения территории РМ тяжелым металлом – молибденом // XXIII IFUSCO, Саранск, 2008. С. 209–210.

8. Андрейчев А. В., Кузнецов В. А. Фаунистический анализ населения мелких млекопитающих свалки ТБО Чамзинского района и Саранского полигона ТБО // Вестник Мордовского университета. 2009. № 1. С. 100–101.
9. Андрейчев А. В., Кузнецов В. А. Накопление молибдена во внутренних органах мелких млекопитающих Республики Мордовия // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2010. № 1. С. 23–25.
10. Андрейчев А. В., Кузнецов В. А. Видовой состав и биотопическое распределение мелких млекопитающих из отрядов Грызуны и Насекомоядные на территории западной части Республики Мордовия // Филология и культура. 2011. №23. С. 51–55.
11. Андрейчев А. В. Эколого-фаунистический анализ населения грызунов и насекомоядных млекопитающих Республики Мордовия: дис. ... канд. Биол. Наук. Саранск. 2011. 169 с.
12. Андрейчев А. В., Боярова Е. И., Кузнецов В. А. Роль мышевидных грызунов в циркуляции возбудителей природно-очаговых заболеваний в Республике Мордовия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 5–2. С. 186–191.
13. Андрейчев А. В., Кузнецов В. А. Об изменении списка и категорий млекопитающих в Красной книге Республики Мордовия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 5. С. 163–167.
14. Захаров В. М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). М.: Наука, 1987. 216 с.
15. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров и [др.]. М., 2000. Т. 65. 68 с.
16. Амишкова А. Х. Фенетический анализ краниологических признаков малой лесной мыши (*Sylvemus uralensis* Pall.) в условиях загрязнения тяжелыми металлами в среднегорьях Центрального Кавказа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. №. 1–1. С. 110–117.
17. Сергеев А. А., Ширяев В. В., Машкин В. И., Скуматов Д. В. Флуктуирующая асимметрия мелких млекопитающих в зоне влияния объекта уничтожения химического оружия // Вестник Удмуртского университета. 2013. Вып. 1. С. 99–105.
18. Темботова Ф. А., Кононенко Е. П., Амишкова А. Х. К методам разработки научных основ мониторинга качества окружающей среды с использованием оценки стабильности развития представителей мелких млекопитающих. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. №. 4–2. С. 395–401.

Влияние природных и антропогенных факторов на величину флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth в г. Арзамас

Артюхин Е. М., Башмаков Д. И.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, г. Саранск
dimabashmakov@yandex.ru

Растения являются удобным объектом биоиндикации, поскольку привязаны к локальной территории и в течение всей жизни подвержены комплексному влиянию факторов среды. Сочетание неблагоприятных воздействий на экосистему наиболее четко отражается на внешнем облике мезофильных растений [1], листья которых отличаются значительной морфологической пластичностью и способны реагировать на воздействия большого числа природных и антропогенных факторов [2]. Береза повислая (*Betula pendula* Roth) рекомендована Центром экологической политики в качестве модельного объекта для оценки качества окружающей среды [3]. В ряде работ выявлено нарушение стабильности развития листьев березы вследствие комплексных антропогенных и природных воздействий [4, 5], при радиационном воздействии и облучении электромагнитными волнами радиодиапазона [6, 7], а также химическом загрязнении среды [7]. В данной работе исследовано влияние природных и антропогенных факторов среды, сложившихся в г. Арзамасе (55°23'00" с. Ш., 43°48'00" в. Д.) Нижегородской области и его ближайших окрестностях общей площадью около 65 км², на варьирование величины флуктуирующей асимметрии листьев (ΦA).

Зеленые насаждения (парки, дендрарии, скверы, аллеи и т. П.) занимают десятую часть территории города. По окраинам расположены лесопарковые зоны и лесные массивы, являющиеся зонами отдыха. Основные экологические проблемы города связаны с высокой концентрацией крупных промышленных объектов, транспортных потоков, большой плотностью населения и инфраструктуры. Крупнейшие загрязнители воздуха – теплоэлектрические, топливно-энергетические предприятия и объекты (котельные, асфальтные заводы, нефтебаза), а также выхлопные газы автотранспорта. На территории города осуществляют деятельность 14 крупных и средних промышленных предприятий машино-, радио- и приборостроения, стройиндустрии и пищевой промышленности; через город проходят автодороги федерального (Р158) и регионального (Р72) значения. Арзамас расположен на пересечении железнодорожных магистралей по направлениям Москва–Казань и Н. Новгород–Пенза. Считается, что на экологической обстановке в городе крайне негативно сказался взрыв железнодорожного состава с тремя вагонами взрывчатки 4 июня 1988 года около станции Арзамас I. Остро стоит проблема утилизации отходов и несанкционированных свалок мусора [8].

Отбор и анализ проб. В ходе предварительных исследований в различных по степени антропогенной нагрузки биотопах согласно ГОСТ Р 53123-2008 заложены 43 пробных площадки. На каждой площадке регистрировали природные и антропогенные характеристики биотопов: группа элементарного ландшафта (по [9]); крутизну (прикладная программа *Bubble level* для *Android* v.2.3+) и экспозицию склона – в соответствии с градациями, предложенными А. Г. Исаченко [10]; тип почвы – по рекомендациям академика В. А. Ковды [11]; тип посадок (естественные или искусственные насаждения) и функциональную принадлежность

территории определяли в соответствии с правилами землепользования и застройки г. Арзамас; интенсивность движения автотранспорта – по ОДМ 218.2.032-2013 [12]. На каждой площадке в середине вегетационного сезона в соответствии с методическими указаниями [3] отобраны пробы листьев березы повислой (по 10 листьев с 10 деревьев без визуальных повреждений). Собранные листья измеряли по общепринятой схеме [3]. Величину флуктуирующей асимметрии вычисляли по формуле нормированной разности, с последующим усреднением по каждому листу (n) и дереву (m) на пробных площадках [13]:

$$\overline{ФА} = \frac{1}{n \times m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{|L_{ij} - R_{ij}|}{(L_{ij} + R_{ij})}$$

где L и R – результаты измерений j -го признака i -го листа слева и справа, соответственно.

Качество среды жизни оценивали по пятибалльной шкале, модифицированной Д.Б. Гелашвили и И. В. Мокровым [14] для березы повислой (табл. 1).

Таблица 1

Значения балльной оценки качества среды в участках исследования по модифицированной шкале для листьев *B. Pendula*

Балл	Величина показателя ФА	Характеристика
I	<0,037	Условная норма
II	0,038–0,046	Растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов
III	0,047–0,055	Загрязненные районы
IV	0,056–0,064	Сильно загрязненные районы
V	>0,064	Крайне неблагоприятные условия, растения находятся в сильно угнетенном состоянии

Карта распределения $ФА$ построена в программе *Surfer v.12*. на основе интерполяции значений расчетных данных по методу кригинга на базе электронной топографической карты местности, находящейся в свободном доступе. Статистический анализ полученных данных проводили в программе *Statistica v.10*. Вклад факторов местообитания в варьирование значений $ФА$ оценивали по величине эмпирического коэффициента детерминации (η^2), рассчитанного по результатам процедуры ANOVA [15].

Краткая характеристика исследованных биотопов. Пробные площадки располагались в условиях элювиальных, трансэлювиальных и супераквальных формаций ландшафта на супесчаных дерново-подзолистой почве и, реже, оподзоленном черноземе). Степень общей антропогенной нагрузки на исследованную территорию зависела от типа функциональной зоны (загородная и пригородная (зеленая и рекреационная) зоны, селитебные зоны (с мало- и многоэтажной застройкой), транспортно-складские и промышленные зоны) и интенсивности движения автотранспорта. Последняя варьировала от биотопов с полным отсутствием автомобильного движения до площадок, расположенных в непосредственной близости от магистралей с весьма оживленным движением (свыше 500 автомобилей в час).

Флуктуирующая асимметрия листьев. Полагают, что данная форма асимметрии отображает степень нарушения «морфогенетического гомеостаза» и относительную неэффективность систем контроля процессов развития организма в условиях необычной нагрузки на среду [4, 14, 16]. Доказано, что сильные антропогенные воздействия различного характера вызывают ненаправленные различия между правой и левой сторонами тех или иных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией, которые усиливаются при неблагоприятном воздействии [16].

На исследованной территории величина $ФА$ листьев березы изменялась от $0,045 \pm 0,006$ (в парке культуры и отдыха имени А. Гайдара) до $0,067 \pm 0,006$ (у деревьев, произрастающих по улице Карла Маркса). Картирование величин $ФА$ листьев показало, что наибольшая часть исследованной территории принадлежит к четвертой категории качества среды (21 пробная площадка) – с сильным антропогенным прессом на растения (рис. 1). Этот ареал охватывал практически весь восток и северо-восток исследованной территории, включая селитебные зоны, деловой центр города, ведущие транспортные магистрали, промзоны и примыкающие к ним территории, в том числе обширные пригородные зеленые зоны на севере и северо-востоке от границы города.

Неблагоприятное воздействие факторов среды заметно снижено на площадках со вторым и третьим уровнем качества среды (4 и 14 площадок, соответственно), расположенных в парке Гайдара, а также в пригородных и загородных территориях преимущественно в западном и юго-западном направлении от городской черты. Последнее может быть связано с относительной чистотой воздуха на этих пробных площадках, поскольку преобладающая роза ветров препятствует распространению на эти территории ореолам промышленных выпадений. Площадки в самом неблагоприятном и экстремальном воздействии (обнаружено 4 площадки с V, самым неблагоприятным уровнем качества среды) локализованы близ северной железнодорожной ветки, а также в промзоне (рис. 1). Негативное влияние трагедии 1988 г. на экологическую обстановку в городе не подтверждено.

Вклад факторов биотопа в варьирование величины $ФА$ листьев березы повислой. Для расчета вклада факторов биотопа в варьирование значений $ФА$ применяли метод ANOVA с последующим мета-анализом

данных (табл. 1). Соответственно, чем выше значения η^2 , тем с большей вероятностью тот или иной фактор детерминирует варьирование морфометрического индекса. За императивные мы принимали только те факторы, для которых p -значение не превышало 0,05.



Рис. 1. Качество окружающей среды в г. Арзамасе (по величине ФА листьев *B. Pendula*) по пятибалльной шкале

Мета-анализ данных показал, что в условиях г. Арзамаса наибольшее воздействие на варьирование значений ФА листьев березы среди природных факторов оказывала экспозиция склона, а среди антропогенных – величина автотрафика. Однако ни один из этих факторов не может быть принят в качестве детерминирующего, поскольку слишком велика вероятность отклонения нулевой гипотезы.

Таблица 1

Влияние факторов биотопа на величину биоиндикационных индексов листьев березы повислой, оцененное по η^2

Факторы биотопа		F	p-значение	F критическое	η^2
Природные	Группа элементарного ландшафта	1,550287	0,212424513	2,999916142	0,001442
	Крутизна склона	0,891313	0,444880264	2,609691741	0,001437
	Экспозиция склона	1,050349	0,393535818	2,013950552	0,003502*
Природно-антропогенные	Тип почвы	3,000752	0,083369428	3,845791646	0,001395
	Тип посадок	3,204737	0,073566115	3,845791646	0,001490
Антропогенные	Расстояние от дороги	0,448277	0,773727454	2,376076236	0,000835
	Интенсивность движения автотранспорта	1,423870	0,223478233	2,376076236	0,002648
	Тип функциональной зоны	0,518844	0,794442338	2,103014937	0,001521

Примечание: * – максимальная величина η^2 – фактор, с наибольшей вероятностью обуславливающий варьирование значений ФА.

Таким образом, ни один из исследованных факторов не оказывал существенного влияния на величину ФА листьев березы в г. Арзамасе. Ранее было показано существенное сопряжение величины ФА с загрязнение почв ТМ в условиях урбосреды [17]. Для более полного объяснения полученных результатов на территории г. Арзамаса требуется проведение дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- Неверова О. А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Междисциплинарн. Научн. И приклад. Журн. «Биосфера». М., 2009. С. 82–92.
- Сауткин И. С., Рогова Т. В. Вариабильность функциональных признаков листьев некоторых видов луговых растений // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 1(29). С. 4–14.
- Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). М., 2003. 25 с.
- Хикматуллина Г. Р. Сравнение морфологических признаков листа *Betula pendula* в условиях урбосреды // Вестник Удмуртского университета. 2013. Вып. 2. С. 48–56.
- Опекунова М. Г., Башарин Р. А. Применение флуктуирующей асимметрии листьев березы (*Betula pubescens* Ehrh.) для оценки загрязнения окружающей среды в районе Костомукши // СПбГУ. Сер. 7. 2014. Вып. 3. С. 58–70.

6. *Большаков А. М., Крутько В. Н., Пуцлло Е. В.* Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. М.: 1999. 256 с.
7. *Гелашвили Д. Б.* Методологические и методические аспекты мониторинга здоровья среды государственного природного заповедника «Керженский»: в 3 т. // Труды ГПЗ «Керженский»; ред. А. К. Краснов, В. Н. Логинов, Д. Б. Гелашвили. М. Новгород, 2001. Т. 1. С. 287–325.
8. *Мельничук А. А., Маюрова Ю. А., Любов М. С.* Экологическая ситуация начала XXI века на территории городского округа Арзамас // Молодой ученый. 2017. Вып. 150. С. 217–219.
9. *Полынов Б. Б.* Избранные труды / отв. Ред. И. В. Тюрин, А. А. Сауков. М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1956. 751 с.
10. *Исаченко А. Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: учебник. М.: Высш. Шк., 1991. 366 с.
11. *Почвоведение / Г.Д. Белицина и [др]; под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова.* Ч. 1. Почва и почвообразование. М.: Высш. Шк., 1988. 400 с.
12. ОДМ 218.2.032-2013. Методические рекомендации по учету движения транспортных средств на автомобильных дорогах.
13. *Ерофеева Е. А.* Гормезис и парадоксальные эффекты у растений в условиях автотранспортного загрязнения и при действии поллютантов в эксперименте: автореф. Дис. ... д-ра. Биол. Наук. Нижний Новгород, 2017. 46 с.
14. *Гелашвили Д. Б., Мокров И. В.* Некоторые статистические закономерности стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth) на заповедной и урбанизированной территориях // Геоботаника XXI века. Матер. Всеросс. Науч. конф. Воронеж, 1999. С. 136–138.
15. *Tabachnick B. G., Fidell L. S.* Using Multivariate Statistics. 6th Edition. Pearson Education, Inc., 2012. 984 p.
16. *Захаров В. М., Жданова Н. П., Кирик Е. Ф., Шкиль Ф. Н.* Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях // Онтогенез. 2001. Т. 32, № 6. С. 404–421.
17. *Баишаков Д. И.* Морфологические индексы листьев *Betula pendula* Roth. Как индикаторы загрязнения почв тяжелыми металлами // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 4. С. 28–35.

Оценка скорости деструкции нефтяного пятна на водной поверхности для некоторых деструктивных факторов

Афанасьева Н. О.

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва
afanasievan@mgi.ru

Ежегодно в России добывается около 300 млн т нефти, из которых при добыче и транспортировке теряется как минимум 4,5 млн т. При сегодняшних масштабах добычи нефти происходит постоянное загрязнение окружающей среды.

В зависимости от степени загрязнения углеводородами и его продолжительности, места загрязнения и масштаба угрозы, требуются разные меры по устранению разливов нефти. Если разлив произошел в открытом море и в небольшом количестве, то экстренных мер по ликвидации аварии не требуется, так как слой нефти разбивается волнами и потом подвергается естественным процессам разложения. Это прежде всего испарение, растворение, окисление, биодegradация и другие. При ликвидации же разливов вблизи берегов приходится прибегать к срочным, экстренным мерам, так как процессов самоочищения водоемов будет недостаточно.

Математическая модель, описывающая изменение концентрации Q нефтяного пятна с учетом скорости течения и деструкции (для одномерного случая) [1]:

$$\frac{\partial Q(x,t)}{\partial t} = a_2 \frac{\partial^2 Q(x,t)}{\partial x^2} + a_1 \frac{\partial Q(x,t)}{\partial x} + a_0 Q(x,t),$$

где $Q(x,t)$ – концентрация загрязнения, a_2 – коэффициент диффузии, a_1 – компонента скорости, a_0 – коэффициент деструкции.

Одним из активно разрабатываемых способов устранения загрязнения нефтяного разлива является бактериальное разложение. Коэффициент деструкции, соответствующий естественному бактериальному разложению, примем равным $a_0 = -0,004$, согласно источнику [2].

Решим уравнение (1) численными методами с учетом следующих значений коэффициентов:

$$a_0 = -0,004; a_1 = 0,02; a_2 = 0,01, \text{ с граничными и начальными условиями}$$

$$\frac{\partial Q(1,t)}{\partial x} = 0, \quad Q(0,t) = 0, \quad Q(x,0) = 0,25 \sin \pi x.$$

Будем считать, что задача решена, если максимальное значение концентрации нефти Q будет меньше заранее заданного числа ε :

$$\max(Q(x,t)) \leq \varepsilon.$$

Для решения задачи численными методами разработана программа в пакете Matlab. Результат численного эксперимента для $\varepsilon = 0,001$ показал, что концентрация нефти достигла значения $Q(x,t) = 9,5972 \cdot 10^{-4}$ за время 85,8 условных временных единиц. Графически результат представлен на рисунке 1.

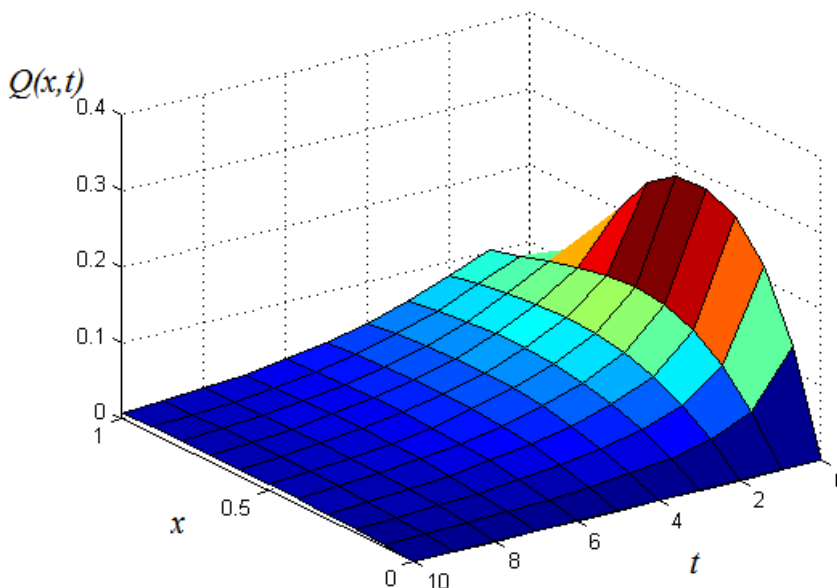


Рис. 1. Изменение концентрации нефти за время t

Применение диспергаторов – химических веществ, разрывающих пленку нефти на воде, повышает вероятность биологического распада и увеличения скорости диффузии [3]. Плюсом этого метода является то, что, применяя авиацию, можно обрабатывать сразу большие территории.

Скорость деструкции нефти при использовании диспергаторов выше, чем при использовании бактерий. Примем коэффициент деструкции равным $a_0 = -0,03$, согласно источнику [2]. Исходными данными для задачи (1) будут:

$$a_0 = -0,03; a_1 = 0,02; a_2 = 0,01,$$

с граничными и начальным условиями:

$$\frac{\partial Q(1,t)}{\partial x} = 0, Q(0,t) = 0, Q(x,0) = 0,25 \sin \pi x.$$

В результате вычислений получим: концентрация нефти достигла значения $Q(x,t) = 7,0623 \cdot 10^{-4}$ за время 66,0 условных временных единиц.

Широко применяется метод с использованием сорбирующих материалов, ввиду низкой стоимости и простой технологии применения. [4] В качестве сорбентов может быть использован торф, древесные опилки, шерсть, целлюлозосодержащие материалы.

Если применять сорбирование сразу на обширных территориях, то скорость деструкции более высокая, чем у выше рассмотренных методов. Примем коэффициент деструкции равным $a_0 = -0,7$ согласно источнику [2] и решим задачу (1) с коэффициентами: $a_0 = -0,7; a_1 = 0,02; a_2 = 0,01$, с теми же граничными и начальным условиями, как для предыдущих расчетов.

В результате вычислений получим, что для этих исходных данных концентрация нефти достигла значения $Q(x,t) = 6,9401 \cdot 10^{-4}$ за время 8,8 условных временных единиц.

Полученные результаты вычислений сведены в таблицу 1. Согласно результатам расчетов, самым действенным методом является сорбирование, но скорость ликвидации загрязнения при этом методе высока лишь в том случае, если сорбент применять сразу по всей площади загрязнения, что значительно усложняет процесс очистки. Кроме того, используемые сорбенты необходимо немедленно удалять с места загрязнения.

Таблица 1

Зависимость времени ликвидации загрязнения от вида деструкции

Вид деструкции	Коэффициент деструкции	Время ликвидации загрязнения	Остаточная концентрация
Бактериальное разложение	-0,004	85,8	$9,5972 \cdot 10^{-4}$
Диспергирование	-0,03	66,0	$7,0623 \cdot 10^{-4}$
Сорбирование	-0,7	8,8	$6,9401 \cdot 10^{-4}$

Диспергирование также обладает большой скоростью при условии применения диспергаторов одновременно по всей площади загрязнения.

Бактериальное разложение является самым медленным способом очищения, с учетом естественных ресурсов водоема (бактерии-сапрофиты). Процессом бактериального метода очистки водоема от нефтепродуктов можно управлять, зная параметры роста колоний бактерий в зависимости от условий окружающей среды. Если применять выведенные в лабораториях виды с заданными свойствами, то возможно увеличить скорость очищения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменщиков Ф. А., Богомольный Е. И. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. Ижевск: Институт компьютерных исследований 2006. 528 с.
2. Корнев А. А. Математическое моделирование загрязнения углеводородами акваторий морей континентального шельфа. // Физико-химический анализ свойств многокомпонентных систем. Электронный научный журнал ГОУ ВПО КубГТУ, 2009. С. 76.
3. Ризниченко Г. Ю., Рубли А. Б. Математические модели биологических продуктивных процессов. М., 1993.
4. Ризниченко Г. Ю. Математические модели в биофизике и экологии. М.: Институт компьютерных исследований, 2003. 184 с.

Борьба с сорными растениями, как незаменимый способ защиты агроценозов

Байчурина Ю. В., студ. 4 курса

Науч. рук. – Чегодаева Н. Д., канд. сельск.-хоз. наук, доц.

**Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева, г. Саранск
yulya.baichurina.02@mail.ru**

Сорные растения – это растения, не выращиваемые человеком, но засоряющие сельскохозяйственные угодья. На территории России встречается около 2 тыс. видов сорных растений, многие из которых в районах наибольшего распространения причиняют значительный вред сельскому хозяйству [4].

Для выявления рациональных путей защиты сельскохозяйственных растений необходимо учитывать закономерности развития и распространения сорных растений, формирование сорного компонента и его влияние на урожай сельскохозяйственных культур и его качество. Важнейшей задачей научного земледелия на полях является защита урожая от сорняков, вредителей и болезней.

Сорняки обладают исключительно высокой приспособляемостью к условиям среды и высокой конкурентной способностью по отношению к культурным растениям. В связи с этим они не только ухудшают условия произрастания культурных растений, но и отрицательно влияют на их продуктивность [9].

Сорняки усложняют уборку урожая, засоряют своими семенами ворох, повышают его влажность и вызывают дополнительные затраты на сушку и очистку зерна и другой продукции. Сорные растения являются носителями болезней и вредителей сельскохозяйственных культур, многие из них ядовиты.

Для борьбы с луговыми и полевыми сорняками применяют профилактические, косвенные, биологические, механические и химические меры [6].

Профилактические меры борьбы сводятся к применению при посеве очищенного семенного материала, использованию органических удобрений, не содержащих всхожих семян сорняков. Для предотвращения засоренности следует своевременно засеивать возникающие пятна обнаженной почвы или нарушенной дернины, а также скашивать сорняки до их обсеменения вдоль дорог и каналов.

Косвенные меры борьбы сводятся к рациональному использованию сенокосов и пастбищ: соблюдению сроков и кратности скашивания, введению загонного выпаса, пастбище-оборота и сенокосо-оборота, своевременному текущему уходу за пастбищем. Путем осушения или орошения, систематического внесения удобрений и известкования, чередования сенокосного и пастбищного использования можно резко повысить урожайность луга, улучшить ботанический состав травостоя и сохранить его в таком состоянии долгие годы.

Важным мероприятием против разрастания сорняков является применение удобрений, способствующих созданию сомкнутых травостоев. Особенно эффективно это мероприятие на бедных, кислых почвах. Внесение удобрений на фоне известкования ведет к уменьшению в травостое щавеля, хвоща полевого, белоуса торчащего, сивца лугового. Положительное действие удобрений проявляется лишь на слабо засоренных угодьях при наличии в травостое 50% злаков и отсутствии сорняков, отзывчивых на удобрения [7].

Для биологических мер борьбы используют насекомых, бактерии, грибы, животных, птиц и биологически сильные виды растений, способные подавлять сорняки. В США, Канаде, Австралии, Новой Зеландии в борьбе со зверобоем пронзеннолистным на пастбищах используют листоедов и златку, в борьбе

с крестовником Якова – европейскую крестовниковую медведицу. В нашей стране для борьбы с горчаком ползучим применяют горчаковую нематоду путем внесения в почву водной суспензии инвазионных личинок, для борьбы с осотом полевым – ржавчинные грибы. Конкурентными видами растений, подавляющих сорняки, являются житняк гребенчатый, донник, люцерна, клевер, ячмень.

Механические меры борьбы с сорняками сводятся к выдергиванию крупных растений, выпалыванию их, подрезанию и подкашиванию. Выдергивание и подрезание проводят при единичном распространении сорных растений, так как этот прием трудоемок и малопроизводителен. Для уменьшения засоренности значительно чаще прибегают к подкашиванию, которое является одним из обязательных мероприятий по уходу за пастбищем. Для большинства сорняков лучший период подкашивания – фаза стеблевания-бутонизации. Для большей эффективности отросшие растения скашивают вторично [1].

Для борьбы с сорняками в настоящее время наиболее экономически целесообразным является химический метод, при котором подавление многих сорняков непосредственно в посевах проводится высокоэффективными гербицидами, не повреждающими культурные растения.

Название «гербициды» происходит от сочетания латинских слов *herba* (герба) – трава и *caedo* (цидо) – убиваю. Современные гербициды – это в основном органические соединения, способные свободно и быстро проникать в ткани и клетки растений, приводя их к гибели. При применении почвенных гербицидов действующее вещество проникает в растение через корни и живые ткани проростка, а при применении гербицидов во время вегетации – через ткани листа. Первый этап действия – химические средства проникают в растения через их покровные ткани в местах контакта. Второй этап – перемещение вместе с первичными продуктами обмена и локализация в различных органах. Третий этап – накопление гербицида в определенных органах или разрушение их. Основой использования гербицидов в посевах той или иной культуры является принцип избирательности их токсического действия. Она зависит от морфологического и анатомического строения растений [5].

Однодольные растения значительно легче переносят гербицидные нормы препарата, чем двудольные. У злаков листья узкие и расположены более или менее вертикально, а поверхность их (особенно верхняя сторона) покрыта восковым слоем кутикулы. В связи с этим капли гербицидов на таких листьях плохо удерживаются и легко скатываются на землю. У двудольных растений листья шире и расположены почти горизонтально, поэтому капли гербицидов на них удерживаются значительно лучше. Гербициды группы стимуляторов роста лучше действуют на более молодые ткани и прежде всего на точку роста растений. У злаков в ранний период вегетации (вплоть до колошения или появления метелки) точка роста расположена внизу и защищена листьями от капель препарата. У двудольных же растений она находится на верхушке стебля или в пазушной части листа (при образовании боковых побегов) и ничем не защищена от гербицида [2].

Почвенные гербициды применяются в период перед посевом до появления всходов яровых поздних культур, и в чистых парах. Токсические вещества почвенного гербицида сосредотачиваются в слое 0–3 см почвы из которого прорастает основная часть сорняков. Семена культурных растений заделываются на глубину до 7 см, поэтому действующее вещество на проростки их не действуют. Зародышевые корешки соприкасаются с почвой содержащей действующее вещество гербицида и поглощают его. Химическое вещество вызывает у проростка неконтролируемое деление клеток, в результате, корешки перестают выполнять функцию снабжения растения водой и питательными веществами, приводя его к гибели. Как правило, почвенные гербициды имеют широкий спектр действия на сорняки.

Таким образом, главными причинами избирательности действия гербицидов на растения различных систематических групп являются видовая специфичность цитоплазматических белков и ферментов, проявляющаяся в особенностях обмена веществ, а также обладание каждым организмом защитными свойствами в онтогенезе.

Гербициды, разрешенные к применению в сельском хозяйстве, имеют различные показатели: по химическому составу; механизму действия на сорные и культурные растения; по способу и сроку применения и экологическим последствиям. Поэтому для эффективного использования в сельском хозяйстве очень важно систематизировать эти препараты и по различным признакам объединить в группы. Это позволит практикам быстрее разобраться в их большом количестве и более целенаправленно применять препараты, которые экономически целесообразны в конкретных агрофитоценозах хозяйств [8].

По характеру проникновения в растение гербициды делят на системные и контактные:

1. Проникающие через листья и другие надземные органы. Эти гербициды (аврора, агил, антизлак) используют для борьбы только с вегетирующими сорняками.

2. Проникающие через корни или проростки (трефлан, трифлурекс, глифовес). Их называют гербицидами корневого действия и вносят только в почву до появления сорных растений.

3. Проникающие через листья и корни. Их часто называют препаратами комбинированного действия.

По срокам внесения гербициды делят на четыре группы.

1. Применяемые до посева культурных растений (осенью или весной).
2. Применяемые одновременно с посевом культурных растений.
3. Применяемые сразу или вскоре после посева культурных растений, но до появления их всходов (за 3–4 дня).

4. Применяемые в начале вегетации сорных и культурных растений.

По принципу действия на растения гербициды условно делят на две группы.

1. Гербициды сплошного действия (общеистребительные). Они уничтожают все растения (культурные и сорные). В связи с этим их целесообразно использовать на необрабатываемых сильнозасоренных землях, на обрабатываемых почвах в пожнивный период против многолетних и других сорняков, на черных и ранних, а также занятых (после уборки урожая парозанимающих культур) парах, если гербицид быстро разлагается и не имеет эффекта последействия на последующую культуру. В отдельных случаях общеистребительные гербициды можно применять направленным способом в садах, виноградниках, лесонасаждениях и в посевах пропашных культур с широкими (не менее 70 см) междурядьями. К гербицидам сплошного действия относятся большинство неорганических соединений, а также ряд органических веществ (Арсенал, Раундап, Глифоган).

2. Гербициды избирательного (селективного) действия составляют наибольшую группу, применяемую в практике сельского хозяйства. Избирательность гербицидов определяется не только химическим составом, формой и нормами препарата, сроками и способами опрыскивания засоренных посевов, но и фазами роста, физиолого-биохимическими и анатомо-морфологическими особенностями культурных и сорных растений, а также условиями внешней среды. В основе избирательности гербицидов лежит также различная способность их к поглощению и детоксикации в растительных тканях.

По спектру действия на растения системные и контактные гербициды объединяют в две группы.

1. Гербициды широкого спектра действия. Характерным для этих препаратов является способность уничтожать многие, даже далекие по систематическому положению виды растений.

2. Гербициды узкого спектра действия. Это узкоспециализированные препараты, используемые для борьбы с отдельными видами или группами растений [3].

По химическому составу гербициды делят на две группы.

1. Неорганические. Эту группу гербицидов используют в основном для сплошного уничтожения сорных растений или как избирательные.

2. Органические. К этой группе относят следующие химические вещества: производные арилоксиуксусных кислот, арилоксимасляных кислот, арилоксипропионовых кислот, симметричного триазиона.

В последнее время широко применяют гербициды комплексного действия под различными фирменными названиями. Производство таких препаратов вызвано стремлением расширить спектр действия их на различные сорные растения, произрастающие в посевах.

По отношению к ботаническим классам растений (систематическому положению) органические гербициды системного действия разделяют на две группы.

1. Противодвудольные. Ряд гербицидов повреждает только растения, принадлежащие к классу двудольных, не повреждая виды, относящиеся к классу однодольных, что обусловлено их морфобиологическими особенностями.

2. Противозлаковые. Гербициды данной группы подавляют однодольные, а при оптимальных нормах не повреждают двудольные растения. Гербициды этой группы используют для уничтожения злаковых сорняков в основном в посевах широколистных культур – сахарной свеклы, подсолнечника, хлопчатника.

Химический способ борьбы с сорняками не должен отрицательно влиять на чередование культур в севооборотах. Применение гербицидов должно способствовать не только очищению полей от сорняков, повышению культуры земледелия, но и увеличению урожайности культурных растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беглярова Г. А. Химическая и биологическая защита растений. М.: Колос, 2012. 319 с.
2. Безуглов В. Г. Применение гербицидов в интенсивном земледелии. М.: Росагропромиздат, 2011. 205 с.
3. Велецкий И. Н. Технология применения гербицидов. М.: Агропромиздат, 2010. 175 с.
4. Груздева Г. С. Борьба с сорняками при возделывании сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 2000. 228 с.
5. Груздева Г. С. Химическая защита растений. М.: Колос, 2012. 448 с.
6. Кравцов А. А. Препараты для защиты растений. М.: Колос, 2005. 10 с.
7. Мальцев А. И. Сорная растительность СССР и меры борьбы с ней. М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1962. 172 с.
8. Протасов Н. И. Гербициды в интенсивном земледелии. М.: Ураджай, 2014. 232 с.
9. Симонов И. П. Сорные растения – враги урожая. Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство, 2011. 190 с.

О пирогенной динамике растительного покрова на горях 2010 и 2021 г.г.

Баранова И. С., студ. 4 курса

Науч. рук. — Бекмансуров М. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
irinarazzhivina1001@gmail.com

Ежегодно пожары разрушают экологические системы. Огонь воздействует на растения непосредственно, повреждая или уничтожая их и косвенно – изменяя условия местообитания. Происходит гибель надземных и подземных частей растений, что обуславливает отмирание как молодых, так и сформировавшихся взрослых особей. Сгорание цветков и плодов уменьшает реальную семенную продуктивность растений, банк семян в почве и число появившихся из них впоследствии проростков [1].

На территории Республики Марий Эл масштабные лесные пожары происходили в 1925, 1927, 1932, 1972, 2010 гг. Вскоре после пожара на горях начинаются процессы восстановления, которые происходят как естественным путем, так и при участии человека. Восстановление растительных сообществ на горях представляет собой сложную картину и находится в тесной связи с ландшафтно-географической структурой территории, видом пожара и типом леса [2, 3]. В 2021 г. пожары происходили на горях 2010 г., что привело к уничтожению или значительному повреждению созданных лесных культур, подрост естественного происхождения, а также травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов.

С целью анализа биоразнообразия растительного покрова летом 2022 г. нами проведено исследование флористического состава и проективного покрытия видов на одних и тех же участках Куярского лесничества, пройденных пожаром в 2010 и 2021 гг. На каждом из 4-х участков площадью 400 м² оценивали видовой состав подрост деревьев и кустарников, на трансектах протяженностью 20 м были заложены учетные площадки размером 1 м x 1 м для характеристики напочвенного покрова. Данные за 2011 и 2019 гг. представлены М. В. Бекмансуровым.

Участок № 1 – осинник орляково-зеленомошный был пройден пожаром в 2010 г., поврежденный огнем древостой вырублен и созданы искусственные насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). К 2020 г. здесь сформировался подрост лиственных деревьев естественного возобновления, а большинство высаженных ранее сосен погибли. В 2021 г. участок был снова пройден пожаром, подрост деревьев и кустарники были уничтожены огнем. Сохранились лишь небольшие куртины размером в несколько квадратных метров. На участке происходит формирование подрост осины (*Populus tremula* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) – в основании обгоревших берез и осин отмечается поросль этих видов.

Участок № 2 – березняк долгомошный. Подрост березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), осины и ивы пепельной (*Salix cinerea* L.) полностью выгорел. У всех трех видов порослевое происхождение. На пробной площади большое количество стволов и пней, оставшихся после пожара 2010 г. Мертвый покров – 41,5%, покрытие мхов 58,5%.

На участке № 3 до пожара 2010 г. располагалась культура сосны обыкновенной возрастом около 10 лет. В 2010 г. она была полностью уничтожена огнем и вновь созданы посадки этого же вида. К 2020 г. здесь сформировалось сообщество – сосняк наземно-вейниковый. Некоторые сосны достигли молодого генеративного онтогенетического состояния, хотя большинство оставались виргинильными. В ходе пожара 2021 г. большинство высаженных сосен вновь погибли, только примерно у 1% особей сохранились зеленые верхушки.

Участок № 4 – сосняк орляково-зеленомошный, не затронутый пожаром 2010 г. и пройденный огнем в 2021 г. Практически все сосны погибли, лишь у некоторых сохранились зеленые верхушки, стволы обгорели. Ярус подлеска и подрост уничтожен огнем. Напочвенный покров полностью выгорел.

При изучении динамики растительного покрова мы сравнивали показатели таксономического и инвентаризационного разнообразия сосудистых растений [4]. Динамика таксономического разнообразия на исследованной территории представлена в таблице 1. Из нее следует, что на обследованных горях во все сроки наблюдений доминировали растения семейств астровые и мятликовые. При анализе всего спектра семейств прослеживается тенденция увеличения таксономического разнообразия после первого пожара к 2019 г. и последующего снижения в результате пожара 2021 г. При этом число видов лидирующих семейств резко снижается. В отношении других семейств прослеживается тот же тренд.

Динамика показателей альфа разнообразия растительного покрова, таких как видовое богатство и видовая насыщенность разнонаправлена на каждом из участков. На участке 1 видовое богатство и видовая насыщенность к 2019 г. снижаются, что обусловлено разрастанием подрост деревьев и кустарников. К 2022 г. число видов продолжает снижаться из-за уничтожения части видов пожаром 2021 г. Видовая насыщенность при этом после снижения снова увеличивается в связи с тем, что подрост выгорел и освещенность напочвенного покрова возросла (табл. 2).

На втором участке показатели альфа-разнообразия увеличились к 2019 г, что, очевидно связано с пересыханием располагавшегося здесь болота с открытым зеркалом воды и доминированием рогозов (*Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L.). На месте болота шел процесс формирования березняк долгомошного. После пожара 2021 г. и число видов, и видовая насыщенность снова резко снижаются.

На участке № 3 заметна положительная динамика, видового богатства, в том числе и после пожара 2021 г. На наш взгляд это обусловлено хорошей освещенностью напочвенного покрова в связи с отсутствием подроста березы и осины. Резкое снижение флористического разнообразия произошло на контрольном участке (№ 4), не затронутом пожаром 2010 г. и практически уничтоженном огнем в 2021 г.

Таблица 1

Таксономическое разнообразие сосудистых растений на исследованной территории

Семейства	Год			Семейства	Год		
	2011	2019	2022		2011	2019	2022
Амарантовые			1	Мятликовые	13	5	4
Астровые	14	7	5	Орляковые	1	1	1
Березовые	3	2	2	Осоковые	2	2	2
Бобовые	5	2	2	Первоцветные		1	
Вересковые	2	3	1	Плауновые		1	
Гвоздичные	4	3	2	Подорожниковые	4		
Гречишные	4		2	Рогозовые		1	
Заразиховые		1		Розовые	1	1	
Зверобойные	2	1	1	Ситниковые	4		
Ивовые	6	3	2	Сосновые	2	1	1
Кипарисовые		1		Спаржевые	1	1	1
Кипрейные	4	1	1	Толстянковые		1	
Колокольчиковые	3	2	2	Фиалковые	2	1	1
Крушиновые	1	1		Яснотковые			2
Кутровые			1				
Лютиковые		1	1	Всего	19	24	20

Таблица 2

Показатели инвентаризационного разнообразия

Участки*	1			2			3			4		
	2011	2019	2022	2011	2019	2022	2011	2019	2022	2011	2019	2022
Видовое богатство (S)	27	21	19	5	15	8	12	20	21	16	22	5
Средняя видовая насыщенность / 1м ²	8,7	2,6	5,7	2,1	3,5	1,9	5,6	2,2	6,5	4,6	3,2	1,4

Примечание: Участки: 1 – осинник орляково-зеленомошный, 2 – березняк долгомошный, 3 – сосняк наземно-вейниковый, 4 – сосняк орляково-зеленомошный



Рис. 1. Участок с послепожарными остатками

Последний пожар привел не только к резкому снижению биоразнообразия растительного покрова, но и уничтожению большей части созданных в 2011 г. культур сосны обыкновенной на всех участках, где не была убрана лежащая на земле мертвая обгоревшая древесина и порубочные остатки после пожара 2010 г. (рис. 1). На расчищенных участках следов пожара нет, сохранились и высаженные сосны, и подрост естественного возобновления (рис. 2). Следует также отметить гибель высаженных в 2011 г. сосен в мезопонижениях рельефа, что связано с близким уровнем грунтовых вод.



Рис. 2. Расчищенный участок без следов пожара

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильина В. Н. Пирогенное воздействие на растительный покров // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии). 2011. Т. 20. № 2. С. 4–30.
2. Иванов А. В. Лесовозобновление гарей в сосняках Республики Марий Эл: автореф. Дис. ... канд. С.-х. наук. Йошкар-Ола, 1996. 20 с.
3. Калинин К. К. Сукцессии растительного покрова на крупных гарях среднего Заволжья // Вестник ПГТУ. 2008. № 1. С. 19–28.
4. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 383 с.

Эффективность протекторного действия регуляторов роста при кратковременной экспозиции эпидермальных клеток лукавицы *Allium sera* L. С ионами тяжелых металлов

Башмаков Д. И.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, г. Саранск
dimbashmakov@yandex.ru

Тяжелые металлы (ТМ) являются естественными компонентами Земной коры. Многие из них выполняют жизненно-необходимые функции [1]. Однако в результате интенсификации антропогенной деятельности в XX веке загрязнение биосферы ТМ резко возросло и в наши дни представляет серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья человека [2]. Усиливающееся поступление ТМ в окружающую среду приводит к загрязнению почвы, которая является основным источником поступления избыточных количеств ТМ в сельскохозяйственные растения [3, 4]. Текущие уровни потребления человеком ТМ с растительной продукцией близки к тем, что считаются опасными [5].

В последние десятилетия в мире идет интенсивный поиск устойчивых стратегий минимизации токсического действия ТМ на сельскохозяйственные растения [6]. Большое внимание уделяется исследованию протекторного действия регуляторов роста (РР) как средств повышения резистентности растений к абиотическим стрессорам [7]. Сотни работ посвящены исследованию механизмов снижения содержания ТМ в растительной продукции обработкой семян и/или растений природными и синтетическими регуляторами роста различного типа действия. Однако в литературе практически отсутствуют сведения о том, насколько быстро тот или иной препарат начинает действовать.

Целью данной работы было исследование протекторного действия РР при кратковременной экспозиции эпидермальной ткани лука репчатого в среде, содержащей ионы ТМ.

Материал и методы исследования

Объект исследования – эпидермальная ткань луковицы лука (*Allium cepa* L.) сорта «Штуттгартер Ризен», снятая с анатомически верхней части открытых сочных чешуй второго или третьего яруса. В начале опыта количество живых клеток в контроле было порядка $90 \pm 1,6$ %.

Постановка эксперимента. Клетки эпидермальной ткани помещали в чашки Петри на растворы, содержащие ионы ТМ в концентрации от 10 мкМ до 10 мМ (концентрации подобраны в ходе проведения серии калибровочных опытов так, что они находятся, соответственно, в субоптимальной, сублетальной и летальной зонах биологической кривой при условии хронического действия ТМ-микроэлементов на растения). В работе использовали соли ТМ квалификации ч.д.а.: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Контролем была дистиллированная вода. В часть чашек Петри из всех вариантов опыта добавляли РР таким образом, чтобы их конечная концентрация была равна: тидиазурон (TDZ, N-фенил-N'-(1,2,3-тиадиазол-5-ил)мочевина) – 10 нМ; цитодеф (N-(1,2,4-триазол-4-ил)-N'-фенилмочевина) – 0,1 мкМ; Иммуноцитифит (цис-5,8,11,14-эйкозатетраеновой кислоты) – 1 мкМ; Рибав-Экстра (Комплекс продуктов метаболизма микоризных грибов, выделенных из корней женьшеня (*Panax ginseng* С. А. Mey) – 10 ppm.

По истечении 1 и 3 ч. Эпидермальную ткань лука погружали в гипертоничный раствор NaCl и через световой микроскоп Биолам ЛОМО С1 (увеличение 150), по наличию или отсутствию плазмолиза, подсчитывали количество живых и погибших клеток в 4–5 полях зрения в каждом варианте опыта.

Также спустя 1 и 3 ч от начала опыта измеряли цитофизиологические адаптационные параметры с помощью спектрофотометра UV-mini 1240 (Shimadzu, Япония): интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) – по накоплению малонового диальдегида (МДА) в цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой при длине волны 532 нм с последующим расчетом содержания МДА по коэффициенту молярной экстинкции ($\epsilon = 1,56 \times 10^5 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) [8]; скорость генерации супероксидного аниона – по восстановлению адреналина в адренохром – при длине волны 480 нм, с последующим расчетом скорости генерации O_2^- по коэффициенту молярной экстинкции ($\epsilon = 4020 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) [8]; активность каталазы (КФ 1.11.1.6) – при длине волны 240 нм – по падению оптической плотности за минуту с последующим расчетом по коэффициенту молярной экстинкции ($\epsilon = 39,4 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$) [8].

Все опыты повторяли трижды. Характер распределения данных определяли по критерию Колмогорова–Смирнова. Deskриптивный анализ проводили по общепринятым формулам в программе Excel. Значимость статистических различий оценивали по критерию Дункана при 5 % уровне значимости с учетом поправок Хохберга [9]. Значения в таблице представлены в виде среднего геометрического \pm стандартная ошибка среднего геометрического.

Для сравнительной оценки эффективности изученных препаратов был использован разработанный автором [10] индекс эффективности регуляторов роста (ИЭ_{РР}), рассчитываемый как среднее геометрическое всех исследованных откликов ростовых и цитофизиологических параметров растений на воздействие ТМ (\mathcal{E}_i , % к аналогичному по воздействию варианту без обработки РР) с учетом ошибки среднего геометрического (GS_D):

$$\text{ИЭ}_{\text{РР}} = \left(\prod_{i=1}^n \mathcal{E}_i \right)^{1/n} \pm \text{GS}_D$$

Таким образом, с учетом GS_D были выделены следующие градации шкалы эффективности РР:

- Обработанные РР растения/ткани погибли – препарат неэффективен;
- $\text{ИЭ}_{\text{РР}} \pm \text{GS}_D < 50$ % – очень низкая эффективность;
- $50 \% < \text{ИЭ}_{\text{РР}} \pm \text{GS}_D < 80$ % – низкая эффективность;
- $80 \% < \text{ИЭ}_{\text{РР}} \pm \text{GS}_D < 100$ % – эффективность ниже средней;
- $\text{ИЭ}_{\text{РР}} \pm \text{GS}_D \approx 100$ % – средняя эффективность;
- $\text{ИЭ}_{\text{РР}} \pm \text{GS}_D > 100\%$ – высокая эффективность;
- Обработанные БАВ растения/ткани (в отличие от необработанных) в тестируемых концентрациях ТМ выжили – очень высокая эффективность.

Результаты исследования

В таблице 1 показана расчетная эффективность исследованных регуляторов роста при разных концентрациях ТМ.

Спустя 1 ч экспозиции на растворах ТМ эпидермальные клетки лука проявляли наибольшую устойчивость к действию ионов никеля. В присутствии 10 и 100 мкМ ионов Cu^{2+} и Zn^{2+} жизнеспособность клеток не снижалась относительно контроля, однако действие 1 и 10 мМ ионов меди и цинка выводило клетки в сублетальную/летальную зоны. Ионы Pb^{2+} индуцировали существенное снижению жизнеспособности клеток. По-видимому, РР в некоторых вариантах опыта эффективнее сохраняли жизнеспособность эпидермальных клеток лука. В зависимости от силы действия неблагоприятных условий или тех или иных видоспецифических особенностей РР не полностью нейтрализовали влияние неблагоприятного фактора



(ТМ), а лишь частично нивелировали его негативное воздействие. Поэтому об эффективности РР при данном воздействии у конкретного растения необходимо судить, сравнивая величину ИЭ_{РР}. Используя этот индекс, можно также сравнить эффективность различных РР при одной и той же концентрации ТМ (табл. 1).

Таблица 1

Динамика индексов эффективности регуляторов роста для эпидермальных клеток лукавницы *Allium cepa* L. При действии различных концентраций ТМ, % живых клеток, нормированный к варианту без РР

Концентрация ТМ		Цитодеф	Рибав-Экстра	TDZ	Иммуноцитогит
Продолжительность экспозиции 1 час					
0 (вода)		100,0 ± 2,1	102,0 ± 2,5	104,0 ± 2,5	100,0 ± 2,1
Zn	10 мкМ	102,8 ± 2,7	101,9 ± 4,2	103,7 ± 2,4	99,1 ± 2,1
	0,1 мМ	100,0 ± 2,8	103,8 ± 3,5	105,8 ± 2,9	99,0 ± 2,8
	1 мМ	100,0 ± 4,4	108,3 ± 4,3	105,2 ± 3,6	101,0 ± 3,5
	10 мМ	98,9 ± 3,7	104,2 ± 4,2	104,2 ± 2,9	98,9 ± 2,8
Ni	10 мкМ	99,1 ± 3,9	102,8 ± 4,1	102,8 ± 4,1	100,0 ± 4,1
	0,1 мМ	102,0 ± 4,7	106,9 ± 4,4	101,0 ± 4,2	102,0 ± 5,0
	1 мМ	98,0 ± 3,4	98,0 ± 3,4	101,0 ± 3,5	96,9 ± 3,1
	10 мМ	96,8 ± 2,3	94,7 ± 2,5	89,5 ± 2,2	91,6 ± 3,7
Cu	10 мкМ	103,7 ± 2,0	102,8 ± 2,0	102,8 ± 2,0	97,2 ± 2,7
	0,1 мМ	104,7 ± 2,0	103,8 ± 2,0	103,8 ± 2,0	96,2 ± 2,0
	1 мМ	101,1 ± 2,1	103,4 ± 3,3	104,5 ± 4,9	95,5 ± 2,4
	10 мМ	89,0 ± 4,9	87,7 ± 4,9	90,4 ± 4,3	83,6 ± 1,8
Pb	10 мкМ	106,3 ± 5,0	96,8 ± 3,4	106,3 ± 5,0	97,9 ± 3,7
	0,1 мМ	91,8 ± 2,2	96,9 ± 2,3	92,9 ± 3,2	91,8 ± 1,8
	1 мМ	94,5 ± 2,9	100,0 ± 4,7	91,2 ± 3,4	92,3 ± 3,2
	10 мМ	93,1 ± 3,1	90,8 ± 2,5	90,8 ± 2,0	92,0 ± 3,6
Продолжительность экспозиции 3 часа					
0 (вода)		108,0 ± 6,7	112,0 ± 7,2	117,0 ± 7,1	108,0 ± 7,0
Zn	10 мкМ	98,1 ± 6,6	107,5 ± 6,3	118,9 ± 7,0	105,7 ± 6,5
	0,1 мМ	96,8 ± 6,8	109,7 ± 7,8	125,8 ± 9,5	106,5 ± 7,6
	1 мМ	94,3 ± 6,0	109,2 ± 6,0	123,0 ± 6,8	106,9 ± 6,3
	10 мМ	93,7 ± 7,9	106,3 ± 7,0	122,8 ± 8,0	100,0 ± 7,2
Ni	10 мкМ	106,7 ± 6,3	103,8 ± 5,6	117,3 ± 7,3	101,0 ± 6,5
	0,1 мМ	111,3 ± 6,9	110,3 ± 5,7	117,5 ± 6,3	101,0 ± 5,5
	1 мМ	102,2 ± 5,8	103,2 ± 5,8	117,2 ± 6,6	101,1 ± 5,8
	10 мМ	102,5 ± 5,3	102,5 ± 5,3	113,6 ± 6,0	103,7 ± 5,8
Cu	10 мкМ	94,9 ± 5,6	94,1 ± 5,5	105,1 ± 6,2	92,4 ± 5,5
	0,1 мМ	105,4 ± 6,2	92,0 ± 4,5	107,1 ± 5,5	95,5 ± 4,9
	1 мМ	122,0 ± 8,3	100,0 ± 6,6	122,0 ± 7,9	107,3 ± 7,3
	10 мМ	106,3 ± 8,1	77,8 ± 1,4	103,2 ± 7,0	88,9 ± 8,7
Pb	10 мкМ	118,9 ± 6,6	112,2 ± 6,7	111,1 ± 7,0	111,1 ± 7,0
	0,1 мМ	115,1 ± 5,7	109,3 ± 6,0	111,6 ± 6,5	107,0 ± 6,9
	1 мМ	114,8 ± 7,5	100,0 ± 7,0	84,0 ± 6,4	97,5 ± 6,9
	10 мМ	114,5 ± 6,5	90,8 ± 5,3	76,3 ± 2,0	81,6 ± 6,7

Условные обозначения:

 – высокая эффективность – ИЭ_{РР} ± GS_D > 100%;  – эффективность ниже средней – 80 % < ИЭ_{РР} ± GS_D < 100 %;

 – средняя эффективность – ИЭ_{РР} ± GS_D ≈ 100 %;  – низкая эффективность – 50 % < ИЭ_{РР} ± GS_D < 80 %;

На начальных этапах взаимодействия ТМ с клетками лука (через час экспозиции на ионах ТМ) максимальные положительные эффекты препаратов цитодеф, TDZ и Иммуноцитогит проявлялись в области низких и средних концентраций всех исследованных металлов (от 10 до 100 мкМ), Рибав-Экстра – при действии средних и повышенных (от 0,1 до 1 мМ) концентраций металлов. В ряде случаев исследованные РР поддерживали жизнеспособность экспонированных на ТМ клеток лука на существенно более высоком уровне, чем было в отсутствие препаратов. Иммуноцитогит не оказал существенного положительного эффекта на жизнеспособность клеток лука спустя 1 ч действия ТМ.

Через 3 ч экспозиции в вариантах ТМ+РР жизнеспособность клеток эпидермиса лука возрастала относительно контроля. TDZ практически во всех вариантах опыта (за исключением высоких доз ионов Pb²⁺) наиболее благоприятно повлиял на жизнеспособность клеток. Подтверждена также эффективность препаратов цитодеф, Рибав-Экстра и Иммуноцитогит в присутствии ТМ.

Итак, исследованные РР проявляют заметную активность на уровне клеток уже через 1–3 ч после

начала экспозиции эпидермальной ткани на ТМ. При кратковременном воздействии РР наиболее эффективными препаратами при действии ионов Zn^{2+} были TDZ и Рибав-Экстра, Ni^{2+} и Cu^{2+} – TDZ и цитодеф, Pb^{2+} – Рибав-Экстра и цитодеф. Эффективность препарата TDZ была максимальной при концентрации порядка 0,1 мМ ионов всех исследованных ТМ; Иммуноцитифита и Рибав-Экстра – в диапазоне концентраций от 0,1 до 1 мМ эссенциальных ТМ и 10 мкМ ионов Pb^{2+} ; Цитодефа – от 10 до 100 мкМ Zn^{2+} , Ni^{2+} и Pb^{2+} и от 1 до 10 мМ ионов Cu^{2+} .

ЛИТЕРАТУРА

1. Nazrat A., Ezzat K., Muhammad A. S. Phytoremediation of heavy metals—concepts and applications // Chemosphere. 2013. Vol. 91(7). P. 869–881.
2. Великий А. В., Малюкова Л. С. Содержание меди в листьях чая (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) сорта Колхида на фоне применения различных видов удобрений в условиях субтропиков РФ // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 4. С. 24–29.
3. Арышева С.П., Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Фригидова Л.М., Фригидов Р.А., Корнеев Ю.Н., Санжаров А.И., Андреева Н.В. Исследование поглощения Zn и Pb в системе водная вытяжка из почвы – растения // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. № 1. С. 48–54.
4. Пименова Е. В., Лихачев С. В. Экологическая оценка почв в зоне влияния автодороги // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 4. С. 63–67.
5. Clemens S. Safer food through plant science: reducing toxic element accumulation in crops // Journal of Experimental Botany. 2019. Vol. 70, Iss 20. P. 5537–5557. DOI: 10.1093/jxb/erz366.
6. Яхин О. И., Лубянов А. А., Серегин И. В., Яхин И. А. Влияние регуляторов роста на накопление тяжелых металлов и проявление их токсического действия у высших растений // Агрохимия. 2014. № 12. С. 61–78.
7. Rhaman M. S., Imran S., Rauf F., Khatun M., Baskin C. C., Murata Y., Hasanuzzaman M. Seed priming with phytohormones: An effective approach for the mitigation of abiotic stress // Plants. 2020. Vol. 10(1). Article ID: 37. 17 p. DOI: 10.3390/plants10010037.
8. Большой практикум по ботанике, физиологии и экологии растений / Под общ. Ред. А. С. Лукаткина. Саранск: Изд. Мордов. Ун-та, 2015. 330 с.
9. Баерина А. П. Современные правила применения параметрических и непараметрических критериев в статистическом анализе медико-биологических данных // Медицинский альманах. 2021. № 1(66). С. 64–73.
10. Баимаков Д. И. Индекс эффективности как универсальный индикатор степени модификации регуляторами роста отклика растений на тяжелые металлы // Проблемы агрохимии и экологии. 2022. № 2. С. 28–37. DOI: 10.26178/AE.2022.41.40.005.

О флористическом разнообразии в лесных культурах на приовражно-балочных землях

Бекмансуров М. В.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
m.mahach@mail.ru

Объектом исследования является биоразнообразие лесных культур плантационного типа, созданных в 1968 году на дерново-подзолистой суглинистой почве, расположенных в центральной части Республики Марий Эл на приовражно-балочных землях в бассейне реки Манага на месте земель сельскохозяйственного назначения. Здесь были созданы посадки различного типа: чистые культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.), а также смешанные культуры сосны обыкновенной, березы повислой (*Betula pendula* Roth) и ели европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.), которые чередовали между собой в одном из вариантов посадок по схеме ряд березы, ряд ели, ряд сосны, ряд ели (Б-Е-С-Е), а во втором – по схеме Б-Е-С-С-Е [1].

Цель данной работы – сравнительный анализ биоразнообразия в различных типах лесных культур, созданных на месте луговых фитоценозов.

Флористическое разнообразие оценивали методом маршрутных исследований и на 4 пробных площадях методом трансект, которые располагали между рядами высаженных деревьев. На каждой трансекте закладывали по 10 учетных площадок размером 1 м². Для характеристики альфа разнообразия использовали следующие показатели: видовое богатство (число видов на участке), видовую насыщенность травяно-кустарничкового яруса на 1 м² и индекс Шеннона [2, 3]. На четырех участках лесного массива, различающихся схемой посадки, были заложены временные пробные площади (ПП). Ниже приводится их краткое описание.

ПП-1 – чистая культура сосны. В древостое помимо сосны изредка встречается береза повислая. В густом ярусе подроста и подлеска доминирует малина (*Rubus idaeus* L.). Присутствуют адвентивные виды – кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schtdl.) и барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.). В травяно-кустарничковом ярусе преобладают крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) и чистотел большой (*Chelidonium majus* L.).

ПП-2 – участок между рядами березы и ели в смешанных культурах со схемой посадки Б-Е-С-Е (рис.). Подлесок разрежен его проективное покрытие составляет 2 %. В нем преобладает черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), ель обыкновенная, единично встречаются рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.),

ирга колосистая (*Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch), яблоня домашняя (*Malus domestica* Borkh.). В травяно-кустарничковом ярусе чаще всего встречаются герань Роберта (*Geranium robertianum* L.) и земляника лесная (*Fragaria vesca* L.).

ПП-3 участок между рядами сосны в смешанных культурах со схемой Б-Е-С-С-Е. В древостое наряду с сосной изредка встречается ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench) и ель обыкновенная. Подлесок развит в большей степени (проективное покрытие 10 %), чем в предыдущей схеме посадки, очевидно, из-за большей освещенности. В нем доминирует рябина обыкновенная, черемуха обыкновенная, единично встречаются яблоня домашняя, калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), арония черноплодная (*Aronia mitchurinii* A. Skvorts. Et Maitulina), вяз гладкий. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают герань Роберта, гравилат речной (*Geum rivale* L.), земляника лесная.

ПП-4 – чистая культура вяза гладкого. Древостой образует вяз гладкий, также встречаются береза повислая и ива козья (*Salix caprea* L.). Подлесок густой, но неравномерный, в нем преобладает ель обыкновенная, покрытие которой достигает 50 %. Также встречаются вяз гладкий, рябина обыкновенная и черемуха обыкновенная. Развита травянисто-кустарничковый ярус, в котором много луговых видов. Последнее обусловлено тем, что с трех сторон от пробной площади располагаются участки луговой растительности. Преобладает полевица тонкая (*Agrostis tenuis* Sibth.), земляника лесная и одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.).

Таксономическое разнообразие исследованной территории характеризуют 44 вида сосудистых растений, относящихся к 32 семействам. Наибольшим разнообразием в этом отношении характеризуются культура вяза гладкого, окруженная с 3-х сторон луговыми фитоценозами и трансекта между рядами сосны. Здесь обнаружены виды 21 и 23 семейств, соответственно. Эти участки характеризуются наибольшей освещенностью. На всех исследованных участках встречаются виды семейств березовые, гераниевые, крапивные, сосновые, розовые, яснотковые. Семейство розовые представлено наибольшим числом видов. Доминирование семейства розовые, не типичное для лесных фитоценозов, обусловлено, с одной стороны, близостью луговых фитоценозов, а с другой – антропогенным вмешательством.



Рис. Смешанная культура с чередованием рядов березы и ели

Спектры семейств сосудистых растений исследованных сообществ представлены в таблице 1.

В таблице 2 приведены такие показатели альфа-разнообразия фитоценозов как видовое богатство, средняя видовая насыщенность травяно-кустарничкового яруса на 1 м² и величина индекса Шеннона. Из нее следует, что наименьшее число видов отмечено в смешанных посадках с участием березы повислой.

Исследования, проведенные ранее сотрудниками Поволжского государственного технологического университета и заповедника «Большая Кокшага» и направленные на оценку производительности древостоев, показали, что в данных смешанных лесных культурах береза сильно угнетает не только светолюбивую сосну, но даже теневыносливую ель, значительно превосходя их по размерам, несмотря на то что расстояние между рядами этих двух видов составляет 4,3 м [4]. Опережая в росте сосну и ель, береза угнетает их, создавая затенение и посредством охлестывания ветвей хвойных видов деревьев. В вариантах посадок с участием березы слабо развит подлесок и подрост, здесь беднее видовой состав кустарников. Мощный лиственный опад снижает флористическое богатство напочвенного покрова и его проективное покрытие.

Таблица 1

Спектры семейств сосудистых растений исследованных сообществ

Семейства	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4	Семейства	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4
Адоковые	2				Кипрейные			1	1
Астровые		2	3	4	Крапивные	1	1	1	1
Березовые	1	1	1	1	Крыжовниковые			1	
Бобовые			1	2	Лещиновые				1
Бресклетовые	1	1			Лютиковые		2	1	2
Бурчанниковые	1				Маковые	1			
Валериановые				1	Мареновые			1	1
Вязовые			1	1	Мареновые			1	1
Гвоздичные			1		Мятликовые			1	2
Гераниевые	1	1	1	1	Норичниковые		1	1	
Грушанковые			1	1	Розовые	7	1	6	5
Жимолостные	1	2		1	Сосновые	2	2	2	2
Зверобойные				1	Фиалковые		1	1	
Зонтичные				1	Хвощевые			1	1
Ивовые	2			1	Щитовниковые	1			2
Камнеломковые			1		Яснотковые	2	1	2	2

Таблица 2

Альфа-разнообразие исследованных участков

Участки	Показатели		
	Видовое богатство	Средняя видовая насыщенность травянокустарничкового яруса (видов / 1 м ²)	Индекс Шеннона
ПП-1 – Чистая культура сосны	23	4,3	2,6
ПП-2 – Трансекта между рядами березы и ели	15	5,8	2,9
ПП-3 – Трансекта между рядами сосны	23	7,1	2,7
ПП-4 – Культура вяза гладкого	31	8,3	3

Очевидно, что внедрение березы повислой в разновидовые посадки, создаваемые на дерново-подзолистых почвах, отрицательно сказывается не только на таксационных показателях древостоя, но и снижает уровень биологического разнообразия лесного фитоценоза. В чистых культурах и сосны обыкновенной и вяза гладкого, а также между рядами сосен в смешанных культурах видовое богатство заметно выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демаков Ю. П., Нуреева Т. В., Краснов В. Г., Рыжков А. А. Эколого-ресурсный потенциал лесных насаждений на приовражно-балочных землях Среднего Поволжья // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 3 (35). С. 73–87.
2. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 383 с.
3. Мэггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М., Мир, 1992. 184 с.
4. Демаков Ю.П., Исаев А. В., Нуреева Т. В. Опыт создания смешанных лесных культур в Марийском Заволжье // Сибирский лесной журнал. 2022. № 2. С. 41–47.

Изменения в пигментном комплексе березы повислой в зоне влияния промышленного кластера на территории г. Челябинска

Беренцева С. В.¹, Малева М. Г.¹, Собенин А. В.², Борисова Г. Г.¹

1 – Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

2 – Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург

maria.maleva@mail.ru

На территории г. Челябинска располагаются крупнейшие в России по объему выпускаемой продукции металлургические предприятия, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду и продуктивность растительных сообществ. Загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) не только нарушает баланс элементов в естественно

сложившихся фитоценозах, но и приводит к нарушениям на разных уровнях организации растительных организмов, в том числе затрагивающих их фотосинтетический аппарат [1]. В условиях техногенной нагрузки в тканях растений происходит ряд физиолого-биохимических изменений, по которым можно судить о степени токсического воздействия [2]. В большинстве случаев фотосинтетический аппарат растений очень чувствителен к повышению содержания ТМ в окружающей среде, что в первую очередь сказывается на содержании фотосинтетических пигментов растений, как хлорофиллов, так и каротиноидов [1, 3].

Древесные растения часто используют в качестве индикаторов аэротехногенного загрязнения и оценки степени суммарной токсической нагрузки на окружающую среду [4]. В связи с этим актуальным является изучение содержания фотосинтетических пигментов в листьях деревьев, длительное время произрастающих в зоне деятельности промышленного металлургического предприятия.

Цель работы – выявление изменений в содержании и соотношении хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях березы повислой в зоне влияния промышленного кластера на территории г. Челябинска.

Для исследования изменений в пигментном комплексе в условиях техногенной нагрузки были выбраны деревья березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающие на участках леса и в санитарно-защитной зоне вокруг территории промышленного кластера Челябинского металлургического комбината полного цикла и других сопутствующих предприятий производства стали и прокатных изделий. С учетом преобладающих ветров в вегетационный период было выбрано шесть участков вокруг промышленной территории (рис. 1), включая пять импактных (У1–У5) и один фоновый (К). В качестве фоновой территории использовали северо-западную часть Каштакского бора, являющегося памятником природы областного значения и опоясывающего промышленную территорию своей южной и юго-восточной частью, на расстоянии 0,5–2,5 км (рис. 1).

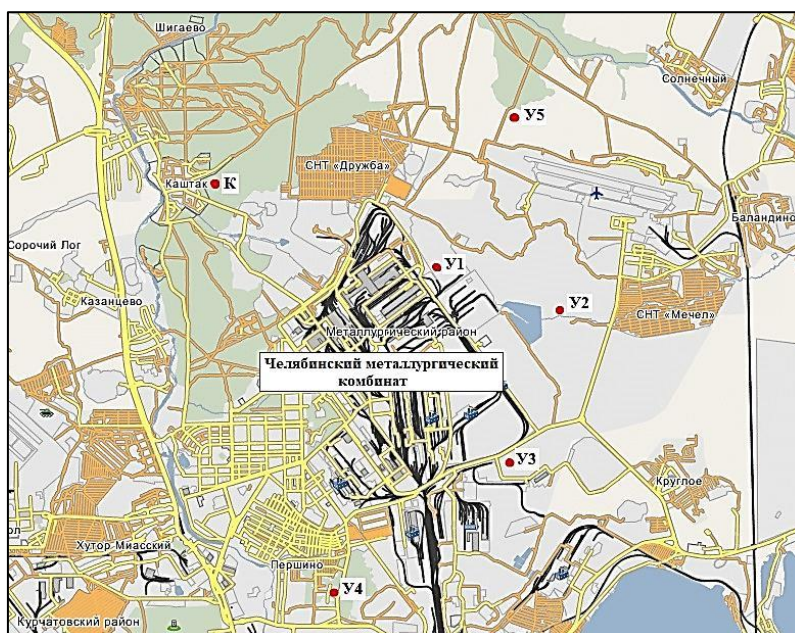


Рис. 1. Картограмма отбора растительного и почвенного материала.
У1–У5 – импактные участки, К – фоновый участок

На каждом участке были выбраны три дерева примерно одинакового возраста и высоты. В конце июля–начале августа с южной экспозиции кроны на высоте 1,5–2,0 м отбирали по 20 однолетних листьев с каждого дерева. Параллельно с отбором растительного материала на каждом участке отбирали почвенные образцы (0–20 см глубиной) для определения содержания ТМ. Отбор растительных и почвенных образцов проводили в дневные часы при сходных метеорологических условиях.

Доступное содержание ТМ в усредненных навесках почвенных проб для каждого участка определяли при помощи атомно-абсорбционного спектрометра Varian AA240FS (Varian Australia Pty Ltd., Австралия), после 24 ч экстрагирования 5 %-раствором азотной кислоты (осч.) в соотношении 1:20 (вес:объем). Суммарный индекс токсической нагрузки (S_i) рассчитывали отдельно для каждого импактного участка по формуле [5]: $S_i = (1/n)\sum(C_i/C_{фон})$, где C_i – концентрация металла в почве импактного участка, $C_{фон}$ – концентрация металла в почве фоновой территории, n – число исследованных ТМ. Содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов) в смешанных образцах листьев *B. pendula* определяли спектрофотометрически в четырех повторностях при 470, 664 и 649 нм после экстракции в 95 % этаноле и рассчитывали согласно Lichtenthaler [6]. Для оценки степени развития пигментного комплекса рассчитывали: отношение содержания хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*, отношение содержания суммы хлорофиллов ($a + b$) к каротиноидам и отношение суммы (хлорофилл *b* + каротиноиды) к хлорофиллу *a*.

Суммарный индекс токсической нагрузки на импактных участках, рассчитанный по пяти ТМ (Zn, Ni, Cd, Mn, Pb), в среднем составил около 3,6. Наибольшее значение этого индекса (7,6) отмечено на У4.

По содержанию хлорофиллов и каротиноидов можно судить об эффективности фотосинтеза: при снижении этого показателя эффективность также уменьшается [2]. В результате исследования обнаружено, что содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях *B. Pendula* на всех участках в зоне техногенного воздействия было достоверно ниже ($F = 4,3, p < 0,01$) фонового значения, в то время как содержание каротиноидов достоверно снижалось лишь на У3 (рис. 2). Содержание хлорофилла *a* колебалось от $3,03 \pm 0,24$ до $3,85 \pm 0,61$ мг/г сухого веса, что в среднем было на 47 % ниже фонового. Содержание хлорофилла *b* в листьях *B. Pendula*, произрастающей на У1–У5, колебалось от $1,78 \pm 0,18$ до $2,26 \pm 0,37$ мг/г сухой массы, и в среднем на 40 % было ниже по сравнению с фоном (рис. 2).

Каротиноиды выполняют важные физиологические функции в растениях, участвуют в формировании адаптивных механизмов при неблагоприятных условиях среды, выполняют роль антиоксидантов [2]. Содержание каротиноидов в импактных точках колебалось незначительно: от $0,55 \pm 0,02$ до $0,68 \pm 0,11$ мг/г сухого веса, в то время как на фоновой территории оно было в среднем выше на 25 % (рис. 2).

Известно, что древесные растения могут усваивать и вовлекать в метаболизм различные газообразные загрязнители, при этом в листьях наблюдается снижение уровня содержания фотосинтетических пигментов [4]. Снижение содержания хлорофиллов и каротиноидов у *B. Pendula* и других видов древесных растений в условиях техногенной нагрузки было отмечено и другими авторами [3, 4, 7–9]. К факторам, снижающим фотосинтетическую активность древесных растений в условиях техногенеза, следует отнести также пыль и сажу в воздухе, которые приводят к закупориванию устьиц, задержке поглощения CO_2 растениями [7].

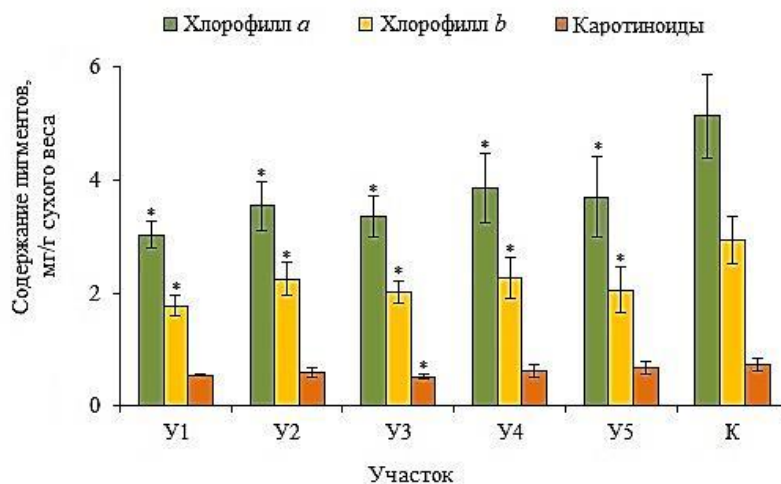


Рис. 2. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях *B. Pendula*
У1–У5 – импактные участки, К – фоновый участок.

Представлены среднеарифметические значения и их стандартные ошибки ($n = 4$); * $p < 0,05$ (по сравнению с фоном)

О степени сформированности пигментного аппарата можно судить по соотношениям фотосинтетических пигментов, которые являются маркерами антропогенного воздействия на окружающую среду [7]. Отношение содержания хлорофилла *a* к *b* было максимальным в листьях *B. Pendula* на фоновом участке и составляло 1,75 против среднего значения 1,68 на участках в зоне техногенного воздействия. Снижение величины отношения хлорофилла *a/b* может указывать на загрязнение окружающей среды токсичными газами, поскольку чаще всего хлорофилл *a* является более чувствительным к негативному воздействию внешних факторов [1, 7]. Вместе с тем, встречаются данные [8], свидетельствующие о повышении соотношения хлорофиллов в листьях *B. Pendula* по мере приближения к промышленной зоне, поскольку концентрация хлорофилла *b* в условиях техногенной нагрузки снижалась в большей степени в сравнении с хлорофиллом *a*. В исследовании пигментного комплекса березы повислой на территории Предуралья в условиях техногенного воздействия, проведенном Уразгильдиным и др. [7], различий между загрязненными участками и контролем по соотношению хлорофиллов не наблюдалось: оно составляло 0,6 на протяжении всего вегетационного периода, что позволило авторам сделать вывод о достаточно хорошей сформированности и стабильности пигментного состава березы в отношении хлорофиллов *a* и *b*.

Отношение содержания суммы хлорофиллов *a* и *b* к каротиноидам, характеризующее в целом светособирающую функцию пигментного комплекса, в листьях *B. Pendula* на импактных участках варьировалось от 8,7, до 10,3, в среднем составляя 9,4, в то время как на фоновом участке оно было равно 10,9. Уменьшение значения этого показателя в условиях техногенной нагрузки свидетельствует об увеличении доли каротиноидов на фоне уменьшения долей хлорофиллов *a* и *b*. Факты более существенного снижения содержания хлорофиллов в техногенных

условиях по сравнению с каротиноидами были отмечены и ранее [4]. Вместе с тем, имеются данные о значительном варьировании этого показателя в течение вегетационного периода: в начале вегетации при усилении загрязнения этот показатель достоверно увеличивался, а на протяжении остального периода вегетации наблюдалось его незначительное уменьшение [7].

Отношение суммы вспомогательных пигментов (хлорофилл *b* + каротиноиды) к основному (хлорофилл *a*), характеризующее долю антенных форм, в листьях *B. Pendula* фоновых и импактных участков составляло в среднем 0,72 и 0,76, соответственно.

Таким образом, техногенная нагрузка приводит к существенному снижению содержания фотосинтетических пигментов в листьях *Betula pendula*, что свидетельствует о значительном влиянии на окружающую среду промышленного кластера, и, вероятно, отражается на фотосинтетической продуктивности деревьев, произрастающих в санитарно-защитной зоне, а также части Каштакского бора в северо-восточном направлении, в большей степени подвергающихся воздействию из-за преобладающих ветров на данной территории, чем территория на северо-западе от промышленной зоны. На импактных участках наблюдалось уменьшение величины отношения хлорофилла *a* к *b* и отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам, что может свидетельствовать о выбросах токсичных газов в атмосферу. При этом отношение суммы вспомогательных пигментов к хлорофиллу *a* увеличивалось незначительно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания FEUZ-2023-0023.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ashraf M., Harris P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: An overview // *Photosynthetica*. 2013. Vol. 51. P. 163–190.
2. Видовые и фитоценоотические особенности пигментного состава растений Севера / Е. И. Голубева, А. А. Червякова, Н. Ю. Шмакова [и др.] // *Проблемы региональной экологии*. 2019. № 1. С. 6–12.
3. Оценка экологического состояния рекреационных зон г. Нижнего Новгорода по уровням загрязнения почв тяжелыми металлами и биоиндикационным показателям листьев *Betula pendula* Roth / М. В. Сидоренко, В. П. Юнина, Е. А. Ерофеева [и др.] // *Самарский научный вестник*. 2020. Т. 8. № 1 (30). С. 88–92.
4. Цандекова О. Л., Неверова О. А. Влияние выбросов автотранспорта на пигментный комплекс листьев древесных растений // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2010. Т. 12, № 1 (3). С. 853–856.
5. Безель В. С., Жуикова Т. В., Позолотина В. Н. Структура ценопопуляций одуванчика и специфика накопления тяжелых металлов // *Экология*. 1998. № 5. С. 376–382.
6. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes // *Methods in Enzymology*. 1987. Vol. 148. P. 350–382.
7. Сравнительная характеристика формирования пигментного комплекса дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях промышленного загрязнения / Р. В. Уразильдин, К. З. Аминова, Г. А. Зайцев [и др.] // *Карельский научный журнал*. 2016. Т. 5, № 1. С. 90–94.
8. Неверова О. А., Быков А. А. Оценка адаптивного потенциала *Betula pendula* Roth в условиях преобладающего влияния выбросов промзоны г. Кемерово // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2–1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18411>
9. Соколова Г. Г. Влияние техногенного загрязнения на пигментный состав листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях города Барнаула // *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. 2020. Т. 19, № 1. С. 223–228.

Загрязнение снежных масс г. Омска продуктами сгорания автомобильного топлива

Бодак А. А., студ. 3 курса

Омский государственный педагогический университет, г. Омск
impala.1967d.v@mail.ru

С непосредственным развитием цивилизации неотвратно растет количество автомобилей, и по сравнению с японским и американским рынком продаж наиболее перспективным является российский рынок автотранспорта. Ввиду чего количество загрязняющих веществ атмосферы растет в геометрической прогрессии.

Основными загрязняющими веществами от выхлопов автомобильного транспорта являются: углеводороды (СН), формальдегид, оксид углерода (СО) и сажа, которые неблагоприятно влияют не только на экологическую обстановку городов, но и непосредственно оказывают давление на человека, приводя к таким заболеваниям как: аллергии несезонного характера, онкологии, ишемические болезни сердца, эмфиземы и астмы различной природы.

Актуальность выбранной темы обосновывается тем, что на данный момент снеговой покров является одним из лучших биоиндикаторов загрязнения атмосферы. Благодаря высокой сорбционной способности, снег накапливает в своем составе практически все загрязнители, поступающие в атмосферу с отработанными газами автотранспорта. Ввиду чего достаточно просто исследовать образцы снежного покрова и сопоставить с ПДК.

Биоиндикация (лат. *Bioindication*) – выявление и установление экологически важных природных и антропогенных нагрузок, оценка состояния окружающей среды, экологических факторов и их динамики при помощи признаков и свойств самих экосистем, их биоты.

Снежный покров является одним из наиболее информативных объектов при выявлении техногенного загрязнения природной среды. Он как естественный планшет-накопитель, дает представление о количестве сухих и влажных выпадений в зимний период. Это обусловлено продолжительностью залегания и способностью накапливать и сохранять загрязняющие вещества (поллютанты), поступающие из нижних слоев атмосферы на подстилающую поверхность [1, 2].

Одними из наиболее опасных загрязнителей атмосферы от сгорания авто топлива являются нефтепродукты (СН), которые представляю собой производные от сгорания бензина, дизельного топлива, керосина и т.д. Нефтепродукты являются смесью углеводородов, которые в больших концентрациях могут вызвать у человека паралич дыхательных путей, спровоцировать риск развития раковых заболеваний и доброкачественных опухолей. Помимо индивидуального воздействия на организм человека, нефтепродукты оказывают тератогенное воздействие на плод беременных женщин, приводя к нарушениям эмбрионального развития [4, 5].

Еще одним немало важным и опасным загрязнителем атмосферы является формальдегид, выделяющийся в среду в результате сгорания автомобильного топлива. По физическим свойствам данное органическое вещество является газом с резким неприятным запахом. На организм человека формальдегид оказывает негативное влияние, поражая верхние дыхательные пути и легкие.

Оксид углерода (СО) – основное загрязняющее вещество от выхлопов автомобилей. Около 95% данного соединения выбрасывается в атмосферу при работе двигателя внутреннего сгорания автотранспорта. Угарный газ нарушает способность эритроцитов доставлять кислород к тканям организма, из-за более прочной связи гемоглобина с окисью углерода, чем с кислородом. В результате чего происходят спазмы сосудов, снижается иммунологическая активность человека [3, 4].

Абсолютно все отработанные газы от сгорания топлива при работе двигателя несут негативные последствия для организма человека, ввиду чего были регламентированы нормативы ПДК основных загрязняющих веществ. Данные нормативы необходимы для контроля за количеством выбросов в среду и регулировании антропогенной нагрузки.

Отбор проб снега проводился в период максимальных снегозапасов (вторая половина февраля). В каждой точке города образцы снега отбирались в двукратной повторности на разном расстоянии от дорожной сети (1 м и 5 м). Все образцы герметично упаковывались в специализированные контейнеры и снабжались биркой.

Анализ полученных образцов проводился с использованием экологической учебной лаборатории «Крисмас+» и методического руководства по анализу воды. Исследование проб на нефтепродукты проводилось методом № 6.150 (экстракционная хроматография). Исследование проб на формальдегид проводилось методом № 6.164 по МИ-09-164 (окисление фенолгидрозина до фенолгидразона гексацианоферратом (III) калия). Исследование проб на оксид углерода проводится методом № 6.171 (ГОСТ 23268.2).

Взятие проб снегового покрова проводилось в таких районах города Омск, как: Ленинский АО (ул. Серова), Кировский АО (ул. Конева), Октябрьский АО (ул. Космический проспект), Центральный АО (ул. К. Маркса), Советский АО (ул. Мира). Территориальное расположение мест взятия проб указано на карте (рис. 1).

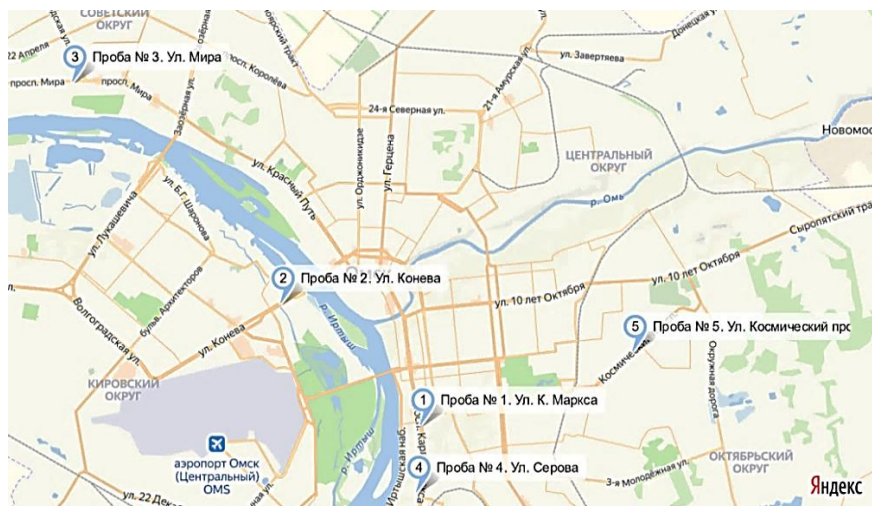


Рис. 1. Территориальное расположение мест взятия проб

По данным проведенных анализов снежных масс приведена таблица 1.

Таблица 1

Концентрация продуктов сгорания автомобильного топлива в талом снеге г. Омск

Загрязняющие вещества	Концентрация загрязняющих веществ, мг/м ³									
	ул. К. Маркса		ул. Конева		ул. Мира		ул. Серова		ул. Космический проспект	
	Расстояние от дороги									
	1 м	5 м	1 м	5 м	1 м	5 м	1 м	5 м	1 м	5 м
1. Формальдегид	0,06	0,04	0,06	0,04	0,05	0,03	0,009	0,007	0,01	0,008
2. Нефтепродукты	0,50	0,10	0,60	0,20	0,40	0,10	0,09	0,05	0,07	0,02
3. Оксид углерода	3,00	1,00	5,00	3,00	2,50	1,00	1,00	0,50	1,00	0,60

Предельно допустимые концентрации формальдегида в атмосфере и в воздухе жилых и общественных зданий установлены ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». Максимальная разовая концентрация ПДК составляет 0,05 мг/м³, среднесуточная – 0,01 мг/м³. Предельно допустимая концентрация оксида углерода в воздухе жилых территорий составляет: максимальная разовая – 5,0 мг/м³, среднесуточная – 3,0 мг/м³. ПДК нефтепродуктов в жилой зоне равняется 5 мг/м³ – максимальная разовая концентрация, и 1,5 мг/м³ – среднесуточная концентрация.

В ходе анализа образцов снега были выявлены превышения ПДК формальдегида на улицах: К. Маркса, Конева и Мира. Превышение оксида азота наблюдается только на улице Конева. Аккумуляция в воздухе нефтепродуктов не превышает предельно допустимую концентрацию.

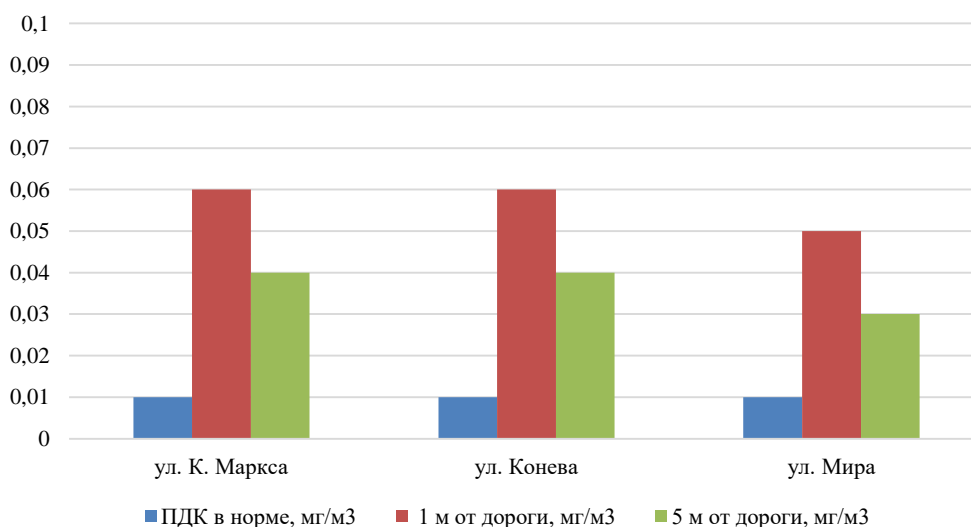


Рис. 2. Превышение ПДК по формальдегиду

На рисунке 2 видно превышение ПДК формальдегида на ул. К. Маркса в 6 раз (1 м от дороги) и в 4 раза (5 м от дороги), на ул. Конева в 6 раз (1 м от дороги) и в 4 раза (5 м от дороги), на ул. Мира в 5 раз (1 м от дороги) и в 3 раза (5 м от дороги).

Исходя из результатов анализа проб снега, можно сказать, что воздух в жилых кварталах близь автодорог на улицах К. Маркса, Конева и Мира, которые являются центральными улицами Центрального, Кировского и Советского административных округов, слишком загрязнен и не соответствует нормативным показателям.

В данной работе проводился анализ снежного покрова разных районов города Омска для выявления загрязнения атмосферного воздуха продуктами сгорания автомобильного топлива. В ходе проделанной работы было выявлено превышение ПДК по формальдегиду и оксиду углерода около крупных дорожных сетей и близь жилых кварталов.

Самым экологически загрязненным административным округом города Омска является Кировский, ввиду наличия крупных транспортных развязок и дорог. Наиболее благоприятным для проживания людей округом является Ленинский, поскольку здесь самый чистый воздух из всех районов города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова О. А. Снег как индикатор загрязнения окружающей среды [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sneg-kak-indikator-zagryazneniya-okruzhayushey-sredy/viewer> (дата обращения: 05.04.2023).
2. Кубрина Л. В. Анализ токсической активности снеговых проб в серии первичного скрининга на растительной клетке (кресс-салата (*Lepidium sativum*)) // Омский научный вестник. 2011. № 1(104). С. 183–185.
3. Кубрина Л. В., Сутиниченко Е. А. Использование кресс-салата как тест-объекта для оценки загрязнения снежного покрова // Научное обозрение. Биологические науки. 2021. № 1. С. 11–15.
4. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / Под ред. К.х.н. А.Г. Муравьева. СПб.: «Крисмас+», 2021. 360 с.
5. Ситдикова А. А., Святова Н. В., Царева И. В. Анализ влияния выбросов автотранспорта в крупном промышленном городе на состояние загрязнения атмосферного воздуха // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19623> (дата обращения: 10.05.2023).

Оценка радиоэкологической обстановки туристско-рекреационного комплекса «Парк три Вулкана» Елизовского района Камчатского края

Васильев Г. А., аспир.

Российский государственный социальный университет, г. Москва
gvasilev_ne@mail.ru

Введение

Социально-значимым объектом для развития туризма в Камчатском крае, является проектирование и строительство туристско-рекреационного комплекса «Парк Три Вулкана». Который будет расположен на территории, где находятся три действующих вулкана: Карымский, Мутновский и Горелый. Комплекс включает в себя различные объекты, такие как гостиницы, курортные зоны, термальные источники, водопады, смотровые площадки, тропы для пешеходов и верховых прогулок, а также места для экстремальных видов спорта.

Ближайшими населенными пунктами к исследуемому участку являются поселок Термальный, находящийся на расстоянии 16,6 км к северо-северо-востоку от зоны изысканий, и город Вилючинск, расположенный на расстоянии 21,4 км к северо-востоку от зоны изысканий [1]. Проектируемый объект расположен в Елизовском районе Камчатского края. Географически разрабатываемые объекты находятся у северного подножия Поперечного хребта, где река Поперечная впадает в реку Паратунка (рис.).

Изучение радиоэкологической обстановки является важным аспектом современных экологических исследований ввиду растущей активности человека, связанной с промышленностью, атомной энергетикой и разработкой новых технологий.

Целью таких исследований является получение достоверной информации о состоянии радиационной обстановки и оценка возможных последствий для окружающей среды и здоровья населения при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений. Кроме того, данные исследования позволяют выработать рекомендации по обеспечению радиационной безопасности, а также разрабатывать меры по снижению воздействия радиационных факторов на экосистемы и человека.

В рамках данной работы проводятся изучение и анализ радиоэкологической обстановки, определение основных параметров радиоэкологической обстановки, а также оценка его возможного влияния на проектируемые здания и сооружения в процессе строительства и эксплуатации объекта при превышении нормативных показателей.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- анализ фондовых и литературных данных участка работ;
- полевые работы по определению:
 - мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения;
 - плотности потока радона;
 - удельной активности радионуклидов в почвах, грунтах и донных отложениях;
- лабораторные экспериментальные определения [4].

Методика и объемы исследования радиоэкологической обстановки

В рамках исследований радиоэкологической обстановки на территории участка изысканий проводилось определение мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения (МЭД ВГИ), плотности потока радона, определение удельной активности природных (Ra^{226} , Th^{232} , K^{40}) и техногенных (Cs^{137}) радионуклидов в пробах почв и грунтов.

Исследование и оценка радиационной обстановки выполнялись на основании Федеральных законов «О радиационной безопасности населения» и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»,

в соответствии с нормами радиационной безопасности СанПиН 2.6.1.2523-09, СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ 99/2010), а также ведомственными нормативно-методическими и инструктивными документами Минздрава, Роспотребнадзора, Министерства природных ресурсов РФ и Росгидромета.

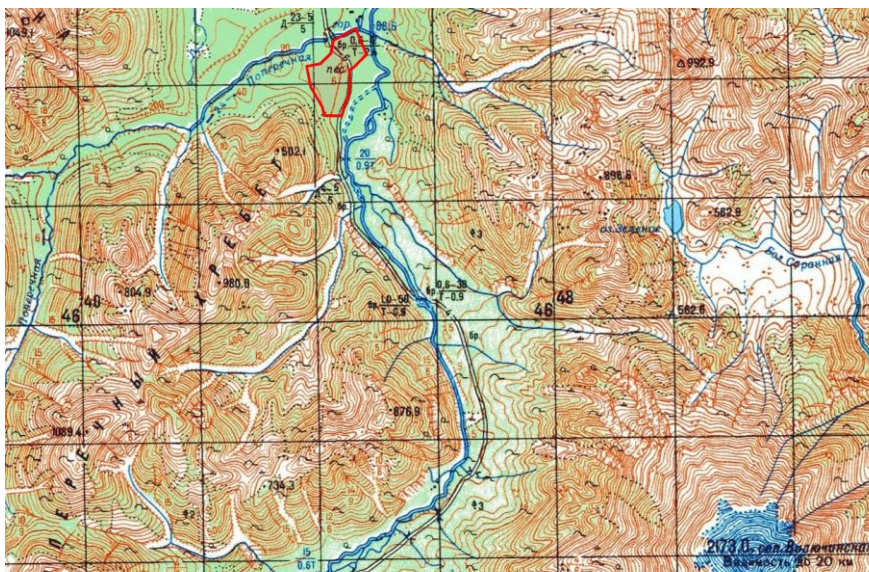


Рис. 1. Обзорная схема расположения участка изысканий

Измерения МЭД ВГИ и плотности потока радона и определение удельной активности радионуклидов в природных средах выполнялись специалистами аккредитованной лаборатории.

Для выявления и оценки опасности источников внешнего гамма-излучения проводилась радиационная маршрутная съемка (определение мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения – МЭД ВГИ). Измерения МЭД ВГИ осуществлено на всей территории участка изысканий в 1470 контрольных точках измерения. Контролируемая величина – МЭД ВГИ (мкЗв/ч). Измерения МЭД ВГИ проводились радиометром-дозиметром типа ДРГ-01Т1 (рис. 2).



Рис. 2. Измерение мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения

Поисковая гамма-съемка в ходе настоящих изысканий выполнены методом сплошного пешеходного обследования в границах участка изысканий площадью 147 га в летне-осенний период 2021 и 2022 гг.

Для оценки потенциальной радоноопасности участка проводились измерения плотности потока радона с поверхности грунта. Измерение ППР производилось путем экспонирования накопительных камер с активированным углем с последующим определением искомой величины потока как функции активности радона, сорбированного углем. В каждой контрольной точке (контрольной площадке) устанавливали по одной накопительной камере, экспонирование накопительных камер производилось за один сеанс продолжительностью 2 ч. Общее число точек составило 632, сведения об их заложении представлено на карте-схеме фактического материала. Измерения плотности потока радона (ППР) из поверхности грунта выполнены многофункциональным измерительным комплексом «Камера-01».

Точки измерения ППР располагаются в узлах сети в центре специально подготовленных площадок (лунок), размером около 0,5 x 0,5 м. При подготовке площадок удаляется почвенно-растительный слой (дерн) на глубину не более 10 см. Площадки располагались на сухих участках микрорельефа, с отсутствием попадания влаги в процессе пробоотбора. Продолжительность пробоотбора составляла не менее 4 часов.

Результаты

Измерение МЭД ВГИ

В соответствии со справкой ФГБУ «Камчатское УГМС» (исх. № 04/7-1070 от 09.12.21) среднегодовое значение МАЭД гамма-фона по пункту Сосновка А за 2020 год, рассчитанное по 366 измерениям, составило 0,080 мкЗв/ч. Величины измеренных значений МЭД ГИ не превышали установленный норматив и варьировали в пределах от <0,1 до 0,19 мкЗв/ч при среднем значении 0,11 мкЗв/ч. В ходе полного радиометрического обследования, превышений установленного нормативного уровня для строительства зданий жилищного и общественного назначения (0,3 мкЗв/ч) и производственных зданий и сооружений (0,6 мкЗв/ч) не обнаружено. На участке работ радиационные аномалии не выявлены.

Плотность потока радона

На территории изысканий произведено экспонирование накопительных камер и дальнейшее определение плотности потока радона из грунта. По полученным результатам измерений плотность потока радона не превышает нормативный уровень 80 мБк/м²с, установленный СП 11-102-97 для участков территорий, используемых под строительство зданий и сооружений с постоянным пребыванием людей [3], достигая максимального значения ППР с поверхности почвы $R_i + \Delta R_i$, 62 мБк/м²с с диапазоном варьирования значений ППРк, 25 – 48 мБк/м²с.

Удельная активность радионуклидов в почвах, грунтах и донных отложениях

Для оценки удельной эффективной активности природных и техногенных радионуклидов в почвах обследуемой территории, в границах участка изысканий был осуществлен отбор 35 сводных проб почв и грунтов для определения содержания удельной активности природных (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K) и техногенных (¹³⁷Cs) радионуклидов. Анализ отобранных проб выполнялся в аккредитованной лаборатории. Согласно выполненным исследованиям, удельная эффективная активность природных радионуклидов (радий-226, торий-232, калий-40) в опробованных почвах и грунтах не превышает нормативного значения, установленного для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях (I класс) – 370 Бк/кг, согласно СанПиН 2.6.1.2523-09 [2]. Удельная активность цезия-137 нормируется согласно п. 3.11.3 и Приложению 3 СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» и значения должны находиться в пределах 100 Бк/кг, превышений не выявлено.

Выводы

По результатам проведенных радиоэкологических исследований в рамках инженерных изысканий, можно сделать следующие выводы:

1. Уровни радиационного фона на исследуемой территории находятся в пределах нормы и не превышают допустимые значения, что свидетельствует о безопасности данной местности с точки зрения радиационной обстановки.
2. Отсутствие превышений радиационных показателей позволяет рассматривать исследуемую территорию для размещения проектируемого объекта, без дополнительных ограничений по радиационной безопасности.
3. Результаты исследований могут быть использованы в качестве основы для разработки проектной и строительной документации, а также для проведения экологической экспертизы и оценки возможного воздействия на окружающую среду.
4. Рекомендуется регулярно проводить мониторинг радиационной обстановки на исследуемой территории для контроля изменений в радиационном фоне и своевременного принятия мер по устранению возможных проблем, связанных с радиацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный атлас России. Т. 2. Природа. Экология и отображение состояния окружающей среды / Комедчиков Н. Н. и [др.] // Геодезия и картография. 2012. № 5. С. 20–29.
2. СанПиН 2.6.1.2523-09. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. С. 6–20.
3. СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства [Электронный ресурс] // Информ.-правовой портал. URL: <https://moseco.pro/upload/sro/sp-11-102-97.pdf/> (дата обращения 15.03.2023).
4. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. М.: Стандартинформ, 2017. С. 87–101.

Содержание минеральных форм азота и тяжелых металлов в воде реки Илеть

Волкова Д. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Скочилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
dashulyavolkova23@yandex.ru

Вода является одним из самых важных и необходимых ресурсов на планете, и ее качество имеет прямое влияние на здоровье людей и животных, а также на биосферу в целом. Деградация водных объектов может быть вызвана многими антропогенными воздействиями, но ключевую роль в данном процессе играет загрязнение сточными водами [1]. В них может содержаться множество опасных веществ и соединений. Качество воды может быть снижено при превышении нормативных значений содержания минеральных форм азота, тяжелых металлов и многих других соединений. Считается, что к 2025 году половина населения мира будет жить, ощущая дефицит чистой, пресной воды [2].

Целью данного исследования являлось определение содержания минеральных форм азота и тяжелых металлов в пробах реки Илеть, протекающей по территории Республики Марий Эл.

Река Илеть является правым притоком Волги, протекает по территории национального парка «Марий Чодра». Длина исследуемой реки – 190 км, ширина составляет 10 м, а максимальная глубина достигает 3,6 м. Русло реки Илеть – прекрасное место для пассивного отдыха, увлекательной рыбной ловли, а также для захватывающих сплавов. В воды реки Илеть совершается сброс сточных вод с очистных сооружений, расположенных вблизи поселка Красногорский.

Для проведения данного исследования были отобраны пробы в следующих точках реки Илеть: 500 м выше места сброса, в месте сброса и 500 м ниже места сброса. В ходе исследования в лаборатории ГУП ТЦ «Маргеомониторинг» проводились измерения массовых концентраций ионов аммония, нитрат-ионов, нитрит-ионов, общего железа и марганца фотометрическим методом [3, 4]. Полученные данные были обработаны статистически. Проводились однофакторный депрессионный анализ для установления зависимости значений от фактора – места отбора проб и множественное сравнение.

Минеральные формы азота оказывают существенное влияние на биологический круговорот веществ, поэтому контроль содержания аммония, нитратов и нитритов сохраняет актуальность. Главными источниками азотистых соединений, которые могут привести к кислородному голоданию в водоемах, являются минеральные удобрения, промышленные отходы и сточные воды. Наличие в воде аммония может привести к образованию аммиака, оказывающего ядовитое воздействие на гидробионты. Измерения концентраций аммония в отобранных пробах реки Илеть не показали превышение ПДК (рис. 1). Наибольшее значение концентрации аммония отмечено в месте сброса.

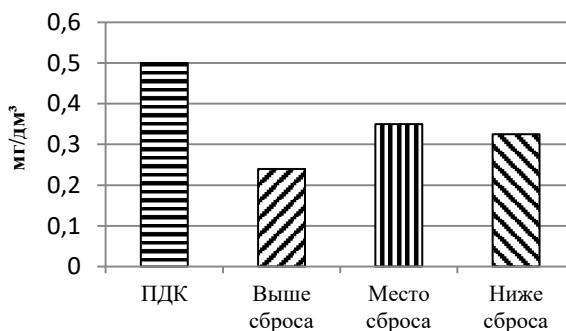


Рис. 1. Результаты измерения концентрации ионов аммония в пробах воды, отобранных в реке Илеть

Таблица 1

Результаты множественного сравнения (Scheffe test) концентраций аммония

Крит. Шеффе; перемен. Аммоний (Таблица данных1) Вероятности для апостер. Критериев Ошибка: Межгр. MS = ,00006, cc = 12,000			
Место отбора	{1}	{2}	{3}
1. Выше сброса	0,2396	0,3498	0,325
2. Место сброса	0,000001	0,000001	0,000905
3. Ниже сброса	0,000001	0,000905	

Место отбора проб по результатам однофакторного дисперсионного анализа является статистически значимым фактором. Множественное сравнение показывает на статистически значимую разницу между всеми точками отбора проб (табл. 1).

Нитраты являются источником питания для многих организмов, они могут существенно влиять на водную экосистему. Концентрация нитратов в пробах реки Иеть не превышает значение ПДК (рис. 2).

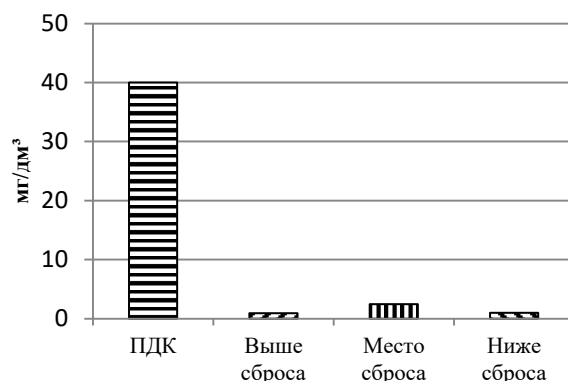


Рис. 2. Результаты измерения концентрации нитрат-ионов в пробах воды, отобранных в реке Иеть

Место отбора проб в ходе измерения концентрации нитратов – статистически значимый фактор. Между всеми точками отбора проб обнаружена статистически значимая разница (табл. 2).

Таблица 2

Результаты множественного сравнения (*Scheffe test*) концентраций нитратов

Крит. Шеффе; перемен. Нитраты (Таблица данных1) Вероятности для апостер. Критериев Ошибка: Межгр. MS = ,00128, сс = 12,000			
Место отбора	{1}	{2}	{3}
Выше сброса	0,9276	2,46	0,9972
Место сброса	0,000001	0,000001	0,030739
Ниже сброса	0,030739	0,000001	0,000001

Нитриты – менее стабильные формы азота. Наличие нитритов может свидетельствовать о загрязнении воды органическими веществами. Исходя из данных, указанных на рисунке 3, определено, что ни в одной из точек наблюдения нет превышения ПДК.

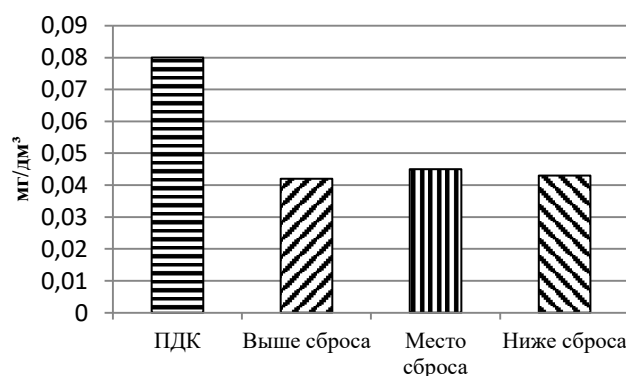


Рис. 3. Результаты измерения концентрации нитрит-ионов в пробах воды, отобранных в реке Иеть

Проведенный однофакторный дисперсионный анализ показал, что фактор место отбора проб не является статистически значимым.

Тяжелые металлы считаются опасными из-за высокой токсичности. По трофическим цепям тяжелые металлы мигрируют, поэтому определение их концентрации в каждом из звеньев позволяет судить об уровнях перехода их в каждое последующее звено [5].

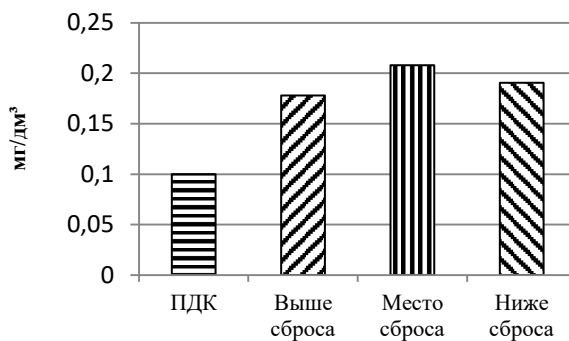


Рис. 4. Результаты измерений концентрации общего железа в пробах воды, отобранных в реке Илеть

В малых количествах железо является необходимым для всего живого, но в больших оно может привести, например, к отравлению людей. Предельно допустимая концентрация железа для водных объектов рыбохозяйственного значения составляет 0,1 мг/дм³. На основании данных, представленных на рисунке 4, можно сделать вывод, что во всех трех точках значения показателя превышают значение ПДК. Наибольшее превышение ПДК (в 2,1 раза) отмечено в месте сброса. Высокая концентрация железа значительно ухудшает органолептические свойства, придавая воде характерную мутность, неприятный вязущий вкус, металлический привкус и желто-бурый окрас. Вода может стать практически непригодной для питьевого водоснабжения и малопригодной для технических нужд [6].

Из результатов однофакторного дисперсионного анализа: место отбора проб является статистически значимым. Разница между точками отбора проб по содержанию железа общего является статистически значимой (табл. 3).

Таблица 3

Результаты множественного сравнения (*Scheffe test*) концентраций железа

Крит. Шеффе; перемен. Железо (Таблица данных1) Вероятности для апостер. Критериев Ошибка: Межгр. MS = ,00001, cc = 12,000			
Место отбора	{1}	{2}	{3}
	0,178	0,208	0,1906
Выше сброса		0,000001	0,000038
Место сброса	0,000001		0,000001
Ниже сброса	0,000038	0,000001	

Марганец является необходимым микроэлементом, регулирующим множество биохимических реакций. Он способствует активации процессов окисления. Избыток этого тяжелого металла приносит негативные последствия не только для гидробионтов, но также для людей и растений [7]. Во всех трех пробах отобранных в реке Илеть, наблюдается значительное превышение ПДК (рис. 5). Наибольшее превышение (в 17 раз) – в месте сброса, в точках выше и ниже сброса ПДК превышен в 14 раз. Причина превышения марганца может носить природный характер.

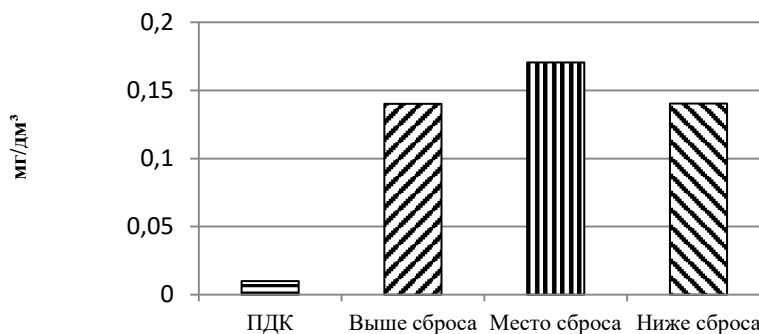


Рис. 5. Результаты измерений концентрации марганца в пробах воды, отобранных в реке Илеть

Фактор место отбора проб является статистически значимым. Между местом сброса и 500 м выше, 500 м ниже места сброса обнаружена статистически значимая разница (табл. 4).

Таблица 4

Результаты множественного сравнения (*Scheffe test*) концентраций марганца

Крит. Шеффе; перемен. Марганец (Таблица данных1) Вероятности для апостер. Критериев Ошибка: Межгр. MS = ,00000, сс = 12,000			
Место отбора	{1}	{2}	{3}
	0,1402	0,1706	0,1404
Выше сброса		0,000001	0,955727
Место сброса	0,000001		0,000001
Ниже сброса	0,955727	0,000001	

Таким образом, в пробах реки Илеть было выявлено превышение ПДК тяжелых металлов, а именно железа и марганца. Наибольшее превышение ПДК отмечено в месте сброса сточных вод. Концентрация минеральных форм азота (аммония, нитратов, нитритов) в отобранных пробах реки Илеть не превышала ПДК.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лекомцева Е. С., Санников П. Ю.* Антропогенное воздействие на поверхностные воды // Антропогенная трансформация природной среды. 2018. С. 166–170.
2. *Урманова Л. Д., Бекмуратова С. Б.* Проблемы качества питьевой воды // Студенческая наука. 2021. Т. 4. С. 237–238.
3. ПНД Ф 14.1:2:3.1-95 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. [Электронный ресурс]. 2017. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293850/4293850892.htm> (дата обращения 21.04.2023).
4. ПНД Ф 14.1:2.103-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации марганца в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом с формальдоксимом. [Электронный ресурс]. 2004. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/8f0/4293832506.pdf> (дата обращения 21.04.2023).
5. *Вяйзенен Г. Н., Токарь А. И.* Мониторинг тяжелых металлов и радионуклидов в природных экосистемах // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. 2004. С. 114–115.
6. *Галимова А. Р., Тунакова Ю. А.* Поступление, содержание и воздействие высоких концентраций металлов в питьевой воде на организм // Вестник Казанского технологического университета. 2013. С. 165–169.
7. *Ревуцкая И. Л., Христофорова Н. К., Суриц О. В.* Марганец в гидросфере Еврейской автономной области: поверхностные воды // Вестник Евразийской науки. 2020. № 6. С. 1–12.

Исследование шумового загрязнения г. Краснодара в пределах улиц Московская и Солнечная

Гаврилов М. В., Кузнецова К. К., студ. 3 курса

Науч. рук. – Болотин С. Н., канд. хим. наук, доц.

Кубанский государственный университет, г. Краснодар
ksenia1809111@mail.ru

Сейчас трудно представить какую-нибудь отрасль деятельности человека без применения грузового, легкового автотранспорта и автобусов, воздушных и железных путей сообщения. Поэтому, можно с уверенностью сказать, что одна из самых главных проблем за последние годы во многих городах – шум. В настоящее время шумовая нагрузка имеет тенденцию к росту, что в свою очередь сказывается на состоянии окружающей среды и на состоянии людей в целом. Разрешение данной проблемы находит свое отражение в проведение мониторинга городской среды. Обеспечение постоянного контроля уровня звука в урбанизированных территориях поможет разьяснить ряд управленческих вопросов, касающихся негативного воздействия шума на человека и окружающий его мир, а также представить перечень возможных мер и стратегий по снижению отрицательного влияния.

Цель исследования заключается в определении шумового загрязнения в г. Краснодар в пределах улиц Московская и Солнечная.

Измерительные работы проводилось в 2023 году в зоне жилой застройки на пересечения улицы Московской и улицы Солнечной г. Краснодара. Район включает в себя ряд многоквартирных домов старого образца, которые не рассчитаны на современную шумовую нагрузку от автотранспорта. Кроме жилых построек на исследуемой территории находится медицинское учреждение.

При проведении измерений звука необходимо применять шумомер. Он представляет собой электронный прибор, предназначенный для измерения уровня громкости в децибелах. Прежде чем приступить к

работе с таким оборудованием, в обязательном порядке должна быть произведена его настройка. Необходимые стандарты и характеристики шумомера, которые должны быть учтены при измерения шума, содержатся в ГОСТ Р 53188.1-2019 [1].

Шумовое загрязнение может вызывать широкий спектр негативных последствий, таких как нарушение сна, ухудшение психологического состояния, снижение производительности труда, нарушение коммуникации, а также влиять на здоровье и поведение животных. Особенно уязвимыми к шуму являются городские жители, дети, пожилые люди, а также животные, зависящие от слухового восприятия. Не редки и случаи развития ряда заболеваний, связанных с воздействием шумового загрязнения. Одним из таких является хроническая усталость, возникающая в результате постоянного звукового воздействия на слуховой аппарат человека. В свою очередь такая болезнь развивается дальше и вызывает расстройства центральной нервной системы. Длительное воздействие шума может вызвать проблемы, связанные со слуховым аппаратом, это заболевание получило название «шумовая болезнь». В связи с этим, для контроля уровня шума используются предельно допустимые уровни (ПДУ) звука, утверждаемые санитарными нормами (СанПиН 1.2.3685-21) и относящиеся к различным территориям урбанизированной зоны [2]. Эти нормы необходимы для последующего анализа полученных в ходе измерений и расчетов данных.

Для проведения анализа шумового загрязнения были осуществлены замеры в различных точках на территории жилой застройки. Исходные данные уровня звука регистрировались измерительным прибором по три раза в день в дневное время суток на протяжении месяца, включая выходные и нерабочие дни. Также были зафиксированы шумовые характеристики улицы Солнечной и улицы Московской. Значения в итоге были сведены к средним показателям, что показано в таблице 1. Для этого изначально они были рассчитаны по формулам, приведенным ниже.

Шумовая характеристика потока, измеряемая в децибелах, рассчитывается согласно ГОСТ 20444-2014 [3] на расстояние 7,5 м от исходной точки, где непосредственно проходили замеры шума с помощью специального прибора, до полосы движения автотранспорта. Этот параметр нужен для дальнейшего расчета эквивалентного уровня звука [4]. Определить шумовую характеристику можно согласно формуле:

$$L_{Aэ} = 10 \lg Q + 13,3 \lg V + 4 \lg(1 + r) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2} + 15 \quad (1)$$

где Q – интенсивность движения, ед./ч; V – средняя скорость потока, км/ч; r – доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, (грузовыми автомобилями считаются те, которые отличаются грузоподъемностью 1,5 т и более); ΔL_{A1} – поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы, дБА; ΔL_{A2} – поправка, учитывающая продольный уклон улицы, дБА.

Таблица 1

Характеристики двух транспортных потоков

№	Q, ед/ч	V, км/ч	r, %	ΔL_{A1}	ΔL_{A2}	время
1	413	55	7,6	0	1	8:00–9:00
2	311	45	5,2	0	1	
1	328	60	4,8	0	1	13:00–14:00
2	214	55	3,7	0	1	
1	504	50	6,6	0	1	18:30–19:30
2	396	45	4,5	0	1	

Для наглядного представления распространения шума по территории необходимо построить шумовые карты. По формулам 2 и 3 мы произвели, необходимы для этого этапа работы, расчеты. После завершения предыдущего шага, числа сводились к среднему показателю. Параметры шума для двух дорог занесены в таблицу 2.

Ожидаемый эквивалентный уровень звука $L_{Aэ,тер}$, дБА, который создается потоком средств автомобильного транспорта в расчетной точке рассчитывается следующим образом:

$$L_{Aэ,тер} = L_{Aэ} - \Delta L_{A3} + \Delta L_{A4} \quad (2)$$

где ΔL_{A3} – снижение уровня шума в зависимости от расстояния от оси ближайшей полосы движения транспорта до расчетной точки, дБА; ΔL_{A4} – поправка, учитывающая влияние отраженного звука, дБА.

$$L_{Aэ,тер} = 10 \lg(10^{0,1L_{Aэ,1}} + 10^{0,1L_{Aэ,2}}) \quad (3)$$

По рассчитанным средним значениям шума для двух дорог мы можем построить две карты. На рисунке 1 отображена карта распространения шума согласно практическим данным, а на рисунке 2 показано распределения шумового загрязнения согласно расчетным данным.

Таблица 2

Шумовые усредненные показатели для двух улиц

№	Среднее значение практических данных, дБА	№	Среднее значение расчетных данных, дБА
1	82,34	1	70,08
2	76,68	2	66,84
3	70,01	3	66,24
4	67,01	4	58,42
5	59,01	5	56,26
6	58,34	6	53,24
7	58,01	7	52,89
8	58,34	8	59,27
9	77,34	9	69,02
10	77,68	10	69,04
11	76,01	11	69,13
12	77,01	12	69,28
13	63,34	13	62,12
14	52,34	14	60,11
15	65,68	15	60,05



Рис. 1. Карта распределения шумового загрязнения по практическим данным

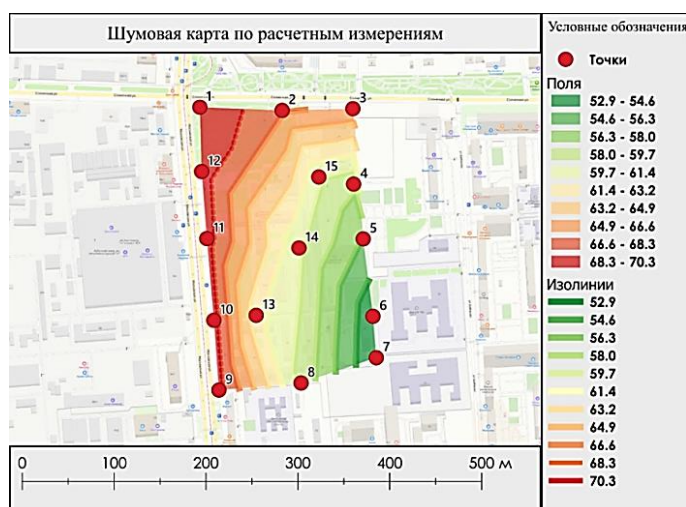


Рис. 2. Карта распределения шумового загрязнения по расчетным данным

Красная пунктирная линия на рисунке 1 показывает, что практически на половине территории исследуемого района наблюдается превышение уровня шума согласно санитарным нормам. На карте, по расчетным

измерениям (рис. 2) изображена пунктирная линия красного, показывающая превышения допустимого уровня шума (70 дБА). При проведении анализа лучше руководствоваться картами по практическим измерениям, так как они показывают более реальные результаты. В результате проведенного исследования, приходим к выводу, что практически половина района подвергается шумовому загрязнению, превышающему допустимые нормы по СанПиН в дневное время. Для снижения неблагоприятного воздействия шума на людей и окружающую среду рекомендуется применять специальные мероприятия, ориентированные на защиту от шумового загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53188.1-2019 «Шумомеры. Часть 1. Технические требования»: утвержден и введен в действие 23.04.2019.
2. СанПиН 1.2.3685-21 ГИгигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания №: утверждены 28.01.2021; введены в действие 01.03.2021.
3. ГОСТ 20444-14. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. 2015-07-01.
4. Болотин С. Н., Пикалова Н. А. Экология городской среды. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2021. 66 с

Оценка вклада оператора в общую изменчивость флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth

Галактионов И. С., Жуйкова Т. В.

Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», г. Нижний Тагил
galaktionov1999@bk.ru

Введение

Стабильность развития как способность организма к развитию без нарушений и ошибок является чувствительным индикатором состояния природных популяций. Флуктуирующая асимметрия (ФА) – это небольшие и ненаправленные отклонения от идеальной симметрии морфологических признаков [1]. ФА возникает в результате ослабления способности организма контролировать развитие в условиях генетического или экологического стресса [2]. Принято считать, что простым и доступным для широкого использования способом оценки стабильности развития является определение величины флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков [1, 2]. Однако значения уровня ФА зависят от многих факторов, в том числе и методического характера, которые не всегда учитываются при сборе и камеральной обработке биологического материала [3, 4]. При измерении параметров листа, возникают ошибки субъективного характера, связанные с самим оператором, т.к. конечный результат измерения признаков у билатерально симметричных биологических объектов может определяться индивидуальными особенностями исследователя. Это вносит долю погрешности в конечные результаты исследования. Еще более серьезные ошибки возникают, когда измерения и сбор материала проводится разными исследователями. В таком случае неточности замеров, допущенные каждым счетчиком, суммируются и полученные выводы, могут сильно отличаться от реальных значений. Для уменьшения влияния погрешности, вносимой исследователем, на результаты работы с билатерально симметричными объектами необходимо, чтобы ее выполнял один и тот же оператор. Но в случаях, когда это условие по каким-либо причинам сложно выполнить (материал измеряется разными исследователями), необходимо учитывать ошибку, которую счетчики могут внести в конечный результат.

Цель исследования: оценить роль оператора в оценке уровня флуктуирующей асимметрии.

Материал и методы

Объект исследования: береза повислая (*Betula pendula* Roth, 1788), семейство березовые (Betulaceae S. F. Gray) [5]. Сбор биологического материала выполнен на шести участках в разной степени подверженных техногенному воздействию. Общий уровень химического загрязнения почв тяжелыми (Z – интегральный показатель загрязнения) в биотопах изменялся от 1 до 30 отн. Ед. (табл. 1). В соответствии с данным показателем исследованные территории отнесены к фоновой (участок Фон-1, Фон-2), буферной (Буфер-1, Буфер-2) и импактной (Импакт-1, Импакт-2) зонам. Почвенно-флористический состав исследуемой территории сложился в условиях таежной географической зоны, подзона южной тайги. В ходе продолжительного антропогенного воздействия и техногенеза формируются почвы по многим параметрам отличающиеся от исходных дерново-подзолистых, свойственных для данной территории. На отвалах медно- и железорудных промышленных производств образуются инициальные почвы с особыми свойствами [6]. Максимальное количество подвижных форм тяжелых металлов в почве (мкг/г) достигает: для кадмия – 2, свинца – 23, меди – 288, цинка – 343, железа – 16185. Фоновые концентрации существенно превышены по Cu – в 10 раз, Zn – в 29 раз, Cd – в 78 раз [6].

Сбор материала выполнен в 2021 г. согласно методическим рекомендациям В. М. Захарова [1]. На каждом участке собирали по 10 листьев с 20 деревьев *B. Pendula*. Собранные листья фиксировали методом гербаризации [7]. Гербарные листья с образцами листьев сканировали на многофункциональном устройстве Samsung SCX-3400 (Samsung, Корея) при разрешении 1275×1755 пикселей. Далее 11 операторов проводили измерение признаков листовой пластинки, по которым оценивается уровень ФА в программе Bio.exe. Каждый оператор измерял одни и те же признаки на одних и тех же листовых пластинках. В общей сложности каждый измерил 300 листьев: 5 листьев \times 10 деревьев \times 6 участков и сделал 3000 измерений: 300 листьев \times 5 признаков \times 2 половинки (левая и правая) листовой пластинки. Статистический анализ результатов включал вычисление среднего арифметического (M) и его ошибки (m). Оценку доли влияния счетчика, который вносит вклад в изменчивость уровня ФА при измерении признаков, оценивали с помощью трехфакторного дисперсионного анализа. Для изучения сходимости результатов исследования, полученных разными операторами, использован корреляционный анализ (вычисляли коэффициент корреляции – r). Статистический анализ выполнен в ПСП Statistica v. 13.0 (StatSoft, Inc., 2018).

Результаты исследования

Как и следовало ожидать, при измерении счетчиками признаков ФА у одних и тех же листьев в определенной последовательности получены различные значения ФА у растений на каждом из исследуемых участков. Интересно, что с ростом техногенной нагрузки на участках Фон-1 \rightarrow Импакт-2 наблюдается неравномерное снижение уровня ФА. Можно было предположить, что симметричность листовых пластинок увеличивается. Однако это противоречит литературным данным, большинство которых свидетельствует о повышении уровня асимметрии в условиях техногенного загрязнения окружающей среды. На фоновых территориях, которые находятся на относительно большом расстоянии от источников атмосферного загрязнения и имеют низкий уровень почвенного загрязнения априори должны формироваться более симметричные листовые пластинки по сравнению с растениями с загрязненных территорий. Однако, полученные результаты противоречат этой закономерности (табл. 1).

Таблица 1

Абсолютные значения флуктуирующей асимметрии, полученные 11 операторами на каждом участке исследования

Участок (Z, отн. Ед.)	Уровень флуктуирующей асимметрии, отн. Ед.											ФА, $M \pm m$	Cv, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Фон-1 (1,0)	0,11	0,12	0,11	0,07	0,10	0,11	0,10	0,12	0,09	0,09	0,13	0,104 \pm 0,017	16,35
Фон-2 (2,54)	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,06	0,07	0,06	0,063 \pm 0,005	8,24
Буфер-1 (3,33)	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,069 \pm 0,007	9,92
Буфер-2 (6,19)	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,11	0,09	0,089 \pm 0,013	15,39
Импакт-1 (22,78)	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,10	0,079 \pm 0,007	8,64
Импакт-2 (30,0)	0,09	0,09	0,09	0,07	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,081 \pm 0,009	10,81

Примечание: M – среднее значение; m – ошибка среднего арифметического, C_v – коэффициент вариации значений признака у растений с конкретной территории

Представляло интерес выяснить, какую долю ошибки допускает счетчик при измерении признаков листа, из которых складывается интегральная оценка ФА листьев. С этой целью использовали однофакторный дисперсионный анализ. В качестве категориальной переменной выступал оператор. Для зависимых переменных использовали абсолютные интегральные значения ФА по 10 деревьям, полученные 11-ми операторами. Анализ проводился для каждого участка отдельно. Кроме того, оценивали вклад счетчика в общую изменчивость уровня ФА (табл. 2).

Таблица 2

Доля объясненной дисперсии (%), вносимой операторами в общую изменчивость интегрального показателя ФА

Участок	F	p	Доля объясненной дисперсии, %
Фон-1	4,00	0,001	4,35
Фон-2	2,37	0,001	3,80
Буфер-1	2,12	0,022	3,63
Буфер-2	0,76	0,067	1,00
Импакт-1	1,50	0,130	2,47
Импакт-2	1,14	0,333	1,63

Из таблицы видно, что роль фактора «оператор» в уровне ФА ослабевает с ростом техногенной нагрузки на участках и становится статистически незначима на участках Буфер-2–Импакт-2. Доля объясненной данным фактором дисперсии снижается. Наименьшее значение доли объясненной дисперсии, вносимой счетчиком в оценку уровня ФА показано для участка Буфер-2. В среднем доля объясненной дисперсии, вносимой счетчиком в общую изменчивость исследуемого уровня ФА в пределах 2,81%.

Если принять, что изменение признаков листа операторами выполнялось от фонового к импактным участкам, то скорее всего можно сделать вывод, не о снижении уровня ФА на участках, а о приобретении навыка операторами, в том числе в работе с программой Bio.exe. В результате данные измерений разными операторами становятся точнее, а сходство между результатами их измерений повышается.

Для проверки выдвинутой гипотезы сравним абсолютные значения ФА разных операторов с «эталонным» исследователем, имеющим большой многолетний опыт в измерении листовых пластинок *B. Pendula*. Эталонный оператор измерял тот же биологический материал, что и участники эксперимента. Сходимость результатов измерений интегральных показателей уровня ФА, полученных тремя операторами, с таковыми «эталонного» оператора, выполнено с помощью корреляционного анализа. Если предположить, что у исследователя вырабатывается навык измерения по ходу анализа материала, то скоррелированность результатов, полученных независимыми операторами с результатами «эталонного» должна повышаться. Для ответа на этот вопрос результаты наблюдений были выстроены в той последовательности, в которой известные нам счетчики промеряли материалы: Фон-1, Импакт-2, Фон-2, Буфер-1, Буфер-2, Импакт-1.

С каждым участком (отражает последовательность измерений) уровень скоррелированности результатов исследования между независимыми и эталонным операторами увеличивается: счетчик-1: коэффициент корреляции возрастает от 0,44 до 0,73 отн. Ед.; счетчик-2: от –0,01 до 0,77 отн. Ед. и у счетчика-3 показатель увеличивается с 0,17 до 0,70 отн. Ед. Полученные результаты подтверждают выдвинутую гипотезу о том, что у исследователя в ходе измерения биологического материала вырабатывается навык и повышается точность в измерениях морфологических показателей листа растений. Результаты корреляционного анализа представлены на рисунке.

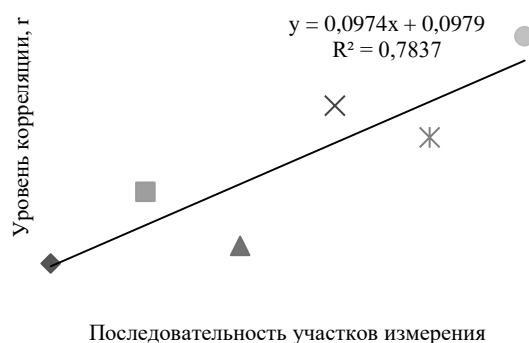


Рис. Усредненные результаты сходимости измерений между независимыми и эталонным операторами

Видно, что по мере увеличения объема измеренного материала, повышается сходимость результатов между независимыми и эталонным операторами. Коэффициент корреляции возрастает с 0,20 до 0,74. Это дает основание подтвердить гипотезу о навыке при измерении морфометрических признаков листовой пластинки, который вырабатывается при измерении как минимум 300 листьев.

Таким образом, вклад счетчика в общую изменчивость уровня флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth составляет от 1,0 до 4,5%. Среднее значение вклада счетчика – 2,81%. Это подтверждает целесообразность внесения поправки при сравнении результатов исследования ФА, полученных при измерении морфометрических признаков разными счетчиками.

Средний уровень скоррелированности абсолютных значений ФА, полученных независимыми операторами, по всему исследуемому материалу составляет 0,71. Данный показатель, возможно, увеличить путем выработки навыков измерения изучаемых признаков листовой пластинки. Установлено, что при измерении признаков ФА у 300 листовых пластинок коэффициент корреляции между измерениями, выполненными независимыми операторами и «эталонным» возрастает с 0,20 до 0,74 отн. Ед. Это приводит к понижению вклада оператора в ошибку изменчивости ФА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Чубинишвили А. Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: ЦЭПР, 2000. 65 с.

2. Захаров В. М. Асимметрия животных (популяционнофеногенетический подход). М.: Наука, 1987. 215 с.
3. Лайус Д. Л., Грэм Д. Х., Католкова М. В., Юрцева А. О. Флуктуирующая асимметрия и случайная фенотипическая изменчивость в популяционных исследованиях: история, достижения, проблемы, перспективы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 3: Биология. 2009. № 3. С. 98–110.
4. Козлов М. В. Исследование флуктуирующей асимметрии растений в России: экология, мифология и методология // Экология. 2017. № 1. С. 3–123.
5. Князев М. С., Третьякова А. С., Подгаевская Е. Н., Золотарёва Н. В., Куликов П. В. Конспект флоры Свердловской области. Часть III: Двудольные растения (Aristolochiaceae – Monotropaceae) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. Т. XII. № 2. С. 4–95.
6. Жуйкова Т. В., Мелинг Э. В., Кайгородова С. Ю., Безель В. С., Гордеева В. А. Особенности почв и травянистых растительных сообществ в условиях техногенеза на Среднем Урале // Экология. 2015. № 3. С. 163–172.
7. Жуйкова Т. В., Попова А. С., Мелинг Э. В. Сравнительная оценка флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth при разных методах фиксации растительного материала // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 4. С. 58–65.

Универсальная лимно-экологическая классификация для оценки биологических ресурсов озёр (на примере г. Казани)

Галеева А. И.¹, Мингазова Н. М.², Гильманшин И. Р.³

1 – Казанский государственный энергетический университет, г. Казань,

2 – Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

3 – Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань
asiyagaleeva@yandex.ru

Вопрос охраны и рационального использования биологических ресурсов в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой приобретает особую актуальность. Пристальное внимание уделяется теоретическим и практическим вопросам рационального использования озерных экосистем и их биоресурсов. При этом отсутствуют универсальные классификации озёр, позволяющие комплексно оценить состояние озера и его биологических ресурсов [4]. Настоящая работа посвящена представлению универсальной лимно-экологической классификации (УЛЭК), как возможности оценки биологических ресурсов озерных экосистем.

Работа выполнена на кафедре Природообустройства и водопользования, в Лаборатории оптимизации водных экосистем Казанского (Приволжского) федерального университета. Исследование в данной области ведутся с 1990-х гг. на озерах Поволжья [1, 2, 3].

Структура универсальной лимно-экологической классификации (УЛЭК) имеет следующий вид: 15 признаков, 84 показателя, всего 8820 дифференцированных состояния. С прицелом дальнейшей машинной обработки проработана методика кодирования критериев: для обозначения признака используется первая буква его названия в английском варианте, а показатели обозначаются цифрами. Каждый признак включает в себя от 4 до 18 показателей. У каждого параметра имеется свое обоснование, являющееся приложением классификации с указанием литературного источника. При помощи УЛЭК любому озеру на Земле можно присвоить уникальную формулу, отражающую его состояние.

Структура УЛЭК в общем виде включает 7 параметров (географический, генетический, морфометрический, гидрологический, гидрофизический, гидрохимический и гидробиологический).

Географический параметр включает два признака: географическая зона (Geographical Zone) с показателями Z (Z_1 – тропические, Z_2 – субтропические, Z_3 – умеренные и Z_4 – арктические) и высота над уровнем моря (Height above Sea Level) с показателями Sl (Sl_1 – очень низкий (0–200 м); Sl_2 – низкий (200–500 м); Sl_3 – средний (500–1000 м); Sl_4 – высокий (1000–2000 м); Sl_5 – очень высокий (выше 2000 м)).

Генетический параметр включает один признак – генезис (происхождение) озёр (Genesis of lake holes) с показателями G: Тектонические – G_1 ; вулканические – G_2 ; гляциогенные (ледниковые) – G_3 ; пойменные (долинные, речные) – G_4 ; старичные – G_5 ; карстовые – G_6 ; термокарстовые – G_7 ; междюнные (дюнные) – G_8 ; суффозионные – G_9 ; реликтовые озера – G_{10} ; гравитационные – G_{11} ; эоловые – G_{12} ; флювиальные – G_{13} ; моренные – G_{14} ; гидрогенные – G_{15} ; лиманные – G_{16} ; метеоритовые – G_{17} ; искусственные – G_{18} .

Морфометрический параметр включает два признака: площадь (Area) с показателями A (A_1 – очень большая, свыше 1000 км²; A_2 – большая, от 101 до 1000 км²; A_3 – средняя, от 10 до 100 км²; A_4 – малая, от 1 га до 10 км²; A_5 – очень малая, озёрки (до 1 га) и глубина (Depth) с показателями D (D_1 – очень большая, свыше 100 м; D_2 – большая, свыше 50 м; D_3 – средняя, от 11 до 50 м; D_4 – малая, от 5 до 10 м; D_5 – очень малая, до 5 м).

Гидрологический параметр включает два признака: водный баланс (Water balance) с показателями W (W_1 – проточное; W_2 – приточное; W_3 – сточное; W_4 – бессточное); режим перемешивания воды (Mixing type of water) с показателями Mix (Mix_1 – димиктические; Mix_2 – меромиктические; Mix_3 – мономиктические; Mix_4 – амиктические и Mix_5 – постоянно перемешивающиеся).

Гидрофизический параметр включает два признака: температурный режим (Temperature) с показателями T (T_1 – холодные: $t_{cp} < 10^\circ\text{C}$; T_2 – умеренные: $t_{cp} = 10\text{--}15^\circ\text{C}$; T_3 – теплые: $t_{cp} = 15\text{--}20^\circ\text{C}$; T_4 – очень теплые: $t_{cp} = 20\text{--}30^\circ\text{C}$; T_5 – горячие (термальные) озера с: $t_{cp} > 30^\circ\text{C}$); прозрачность (Transparence of water) с показателями S (S_1 – очень высокая – более 12 м; S_2 – высокая, от 6–12 м; S_3 – средняя, от 3–6 м; S_4 – низкая, от 1,5 – 3 м; S_5 – очень низкая, менее 1,5 м).

Гидрохимический параметр включает три признака: минерализация (Mineralization) с показателями M (M_1 – очень малая, до 100 мг/л; M_2 – малая, 100–200 мг/л; M_3 – средняя, 200–500 мг/л; M_4 – олигогалинные, 0,5–5 г/л; M_5 – мезогалинные, 5–18 г/л; M_6 – полигалинные – 18–30 г/л); ионный состав (Ion composition) с показателями I (I_1 – гидрокарбонатной, I_2 – сульфатной и I_3 – хлоридной, каждая из которых в свою очередь подразделяется на 1-Ca , 2-Mg и 3-Na-K – эти обозначения указываются в скобках) и водородный показатель (Ph) с показателями Ph (Ph_1 – нормальные (6,5–8,5); Ph_2 – кисловатые (6,4–5); Ph_3 – подщелоченные (8,6–9,5); Ph_4 – кислые (ниже 5); Ph_5 – щелочные (выше 9,5)).

В результате биоресурсного анализа озер г. Казани было принято решение включить в гидробиологический параметр УЛЭК три признака:

1. Трофический статус (Trophic status) с показателями Tr : Tr_1 – ультраолиготрофный; Tr_2 – олиготрофный; Tr_3 – мезотрофный; Tr_4 – эвтрофный; Tr_5 – гипертрофный; Tr_6 – дистрофный;

2. По степени зарастания и разнообразию макрофитов на 4 группы: I – слабозарастающие (до 25%), II – макрофитные с богатым видовым разнообразием (более 10 видов и зарастание более 25%), III – макрофитные с низким видовым разнообразием (менее 10 видов и зарастание более 25%) и IV – планктонные (до 5% зарастания) включить в признак Флора (Flora) следующие показатели: Fl_1 – слабозарастающее; Fl_2 – макрофитное, с богатым видовым составом; Fl_3 – макрофитное озера с низким видовым разнообразием; Fl_4 – планктонное озера;

3. По рыбным ресурсам на 4 группы (I – рыбные с редкими видами (более 10 видов), II – рыбные с богатым видовым разнообразием (4–10 видов), III – рыбные с фоновыми видами, низким видовым разнообразием (1–4 вида), IV – безрыбные) включить в признак Фауна (Fauna) УЛЭК следующие показатели: Fa_1 – рыбное с редкими видами; Fa_2 – рыбное с богатым видовым составом; Fa_3 – рыбное с фоновыми видами; Fa_4 – безрыбное озера.

В качестве возможности использования УЛЭК приводятся формулы ключевого озера в г. Казань – озеро Нижний Кабан и для демонстрации использования УЛЭК на мировом уровне – приводится формула озера Кёйджегиз (провинция Мугла, Турция).

Озеро Нижний Кабан. Индивидуальный профиль по УЛЭК озера Нижний Кабан (г. Казань, Среднее Поволжье, РФ) выглядит следующим образом: $Z_3 S_2 G_{5-6} A_4 D_3 W_4 T_3 Mix_1 S_5 M_4 I_{2(1)} Ph_3 Tr_5 Fl_3 Fa_3$ (зонально умеренное, старично-карстовое, малое, среднеглубинное, бессточное, теплопроводное, димиктическое, с очень низкой прозрачностью вод, олигогалинное, сульфатно-кальциевое, с подщелачиваемыми водами, гипертрофное, макрофитное с низким видовым разнообразием, рыбное с фоновыми видами рыб).

Озеро Кёйджегиз. В рамках коллаборации с факультетом рыбного хозяйства Университета Мугла и профессором N. Özdemir была проведена апробация УЛЭК на озере Кёйджегиз (провинция Мугла, Турция). В результате получен индивидуальный профиль озера Кёйджегиз по УЛЭК: $Z_2 S_1 G_{1-16} A_3 D_3 W_2 T_3 Mix_2 S_4 M_4 I_2 Ph_3 Tr_{3-4} Fl_2 Fa_2$ (субтропическое, с очень низкой высотой над уровнем моря, тектоническо-лиманное, среднее, средней глубиной, приточное, теплое, меромиктическое, с низкой прозрачностью, олигогалинное, сульфатное, подщелоченное, мезо-эвтрофное, макрофитное с высоким видовым разнообразием, рыбное с богатым видовым разнообразием).

Закключение. Предложенная авторами универсальная лимно-экологическая классификации (УЛЭК) охватывает все основные лимного-биологические компоненты озерной экосистемы, позволяет создать «профиль» озера в виде единой формулы, помогает решать задачи комплексной оценки биологических ресурсов, разработки методов их охраны и устойчивого использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галеева А. И., Мингазова Н. М. Использование универсальной лимно-экологической классификации для региональной типизации и инвентаризации озерного фонда на примере г. Казани // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т.12 (33), 1(4). С. 925–929.
2. Галеева А. И., Мингазова Н. М., Уздемир Н., Гильманиши И. Р. Исследование междисциплинарного потенциала УЛЭК на примере озер России, Абхазии и Турции // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 8(122). С. 1–6.
3. Расширение функционала Универсальной лимно-экологической классификации (УЛЭК) / А. И. Галеева, Н. Оздемир, Н. М. Мингазова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 2(128). С. 1–7.
4. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2007. 394 с.

Оценка загрязненности снегового покрова в зависимости от расстояния от автомагистрали методом фитоиндикации

Герасимова Н. К., Милютин В. Е., Рыбакова В. А., студ. 2 курса

Науч. рук. – Алябышева Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
gerasimova2003.nadia@gmail.com

Введение. Известно, что снежный покров накапливает значительную часть атмосферных загрязнений, он является надежным индикатором техногенной нагрузки на окружающую среду. Изучение снегового покрова позволяет составить картину пространственного распределения химических элементов и оценить интенсивность воздействия источников загрязнения в зимнее время как за период одного снегопада, так и за весь период лежания снега [1–2].

Широкое применение в зимний период противогололедных смесей имеет неблагоприятные экологические последствия для городской среды, связанные с засолением снега и почв. Компоненты смесей, поступая из снега в городские почвы, негативно сказываются на процессах их функционирования, изменяют свойства, химический состав и строение профиля. Аккумуляция солей в поверхностных слоях почв приводит к деградации растительного покрова и является одной из причин гибели зеленых насаждений в городе [3–4].

Цель исследования – оценка загрязненности снегового покрова в зависимости от расстояния от автомагистрали методом фитоиндикации.

Объекты и методы исследования. Исследование проводили в феврале – марте 2023 года. Были отобраны пробы снега на расстоянии 0,5, 2, 4 и 20 м от автомагистрали по ул. Осипенко. Пробы отбирали путем объединения серии точечных проб, взятых на участках [5]. Этап предварительной обработки проб заключался в растапливании снега при комнатной температуре с последующим разделением его на жидкую и твердую фазы путем фильтрования. В данном исследовании анализировалась жидкая фаза. Оценивали органолептические показатели снеговой талой воды: запах, цветность, прозрачность, осадок, также определяли рН и электропроводность с помощью кондуктометра АНИОН-4100.

Фитотоксикологическую оценку снеговой талой воды проводили с помощью трех тест-объектов [6]: пшеница мягкая яровая сорта Приокская (*Triticum aestivum* L., сем. Poaceae), горчица белая сорта Рапсодия (*Sinapis alba* L., сем. Brassicaceae), редис сорта «18 дней» (*Raphanus sativus* L., сем. Brassicaceae). В качестве тест-параметров анализировали длину главного корня и побега проростков. Семена растений в количестве 20 шт. помещали на фильтровальную бумагу в чашки Петри, приливали по 10 мл снеговой талой воды и выдерживали при комнатной температуре с течением 120 часов.

Токсичность антибиотиков для тест-организмов оценивали по величине токсического эффекта на выбранные тест-параметры: $TЭ = (ТПк - Тпоп) / ТПк \cdot 100\%$,

где ТЭ – токсический эффект, %; ТПк – значение тест-параметра в контроле; Тпоп – значение тест-параметра в опыте.

В качестве контроле был выбран участок – 20 м от автомагистрали. Все анализы проводили в трехкратной повторности. Результаты исследований обработаны статистически.

Результаты исследования. В ходе работы было установлено, что снеговые воды были малопрозрачными, слабо мутными с неприятным запахом.

Как показали результаты исследований, физические и химические показатели снеговой талой воды в зависимости от мест отбора снега существенно варьировало, что было обусловлено как интенсивностью применяемых противогололедных смесей, так и удаленностью от автомагистрали.

На удалении 20 м от автомагистрали снеговые воды характеризовались нейтральной реакцией, затем наблюдалось постепенное подщелачивание снежного покрова: 20 м = 6,7; 4 м = 6,9; 2 м = 7,1; 0,5 м = 7,6. Наиболее высокие значения рН приурочены к автомагистрали, что обусловлено интенсивным использованием содосодержащих реагентов.

В снеговой талой воде содержание катионов и анионов варьировало, так наименьшей электропроводностью характеризовались снеговые воды на удалении 20 м от автомагистрали. На расстоянии 4 м от дороги значение данного параметра увеличивались в 2,9 раза, на расстоянии 2 м – в 3,1 раза, а на расстоянии 0,5 м – в 4,9 раза (рис. 1).

В снеговой талой воде содержалось незначительное количество хлорид-ионов – 0,07–0,11 мг/л, при этом небольшое увеличение наблюдалось вблизи автомагистрали. По ионному составу снеговые воды относятся к хлоридно-натриевому и хлоридно-кальциевому классам, что обусловлено высокими дозами противогололедных препаратов.

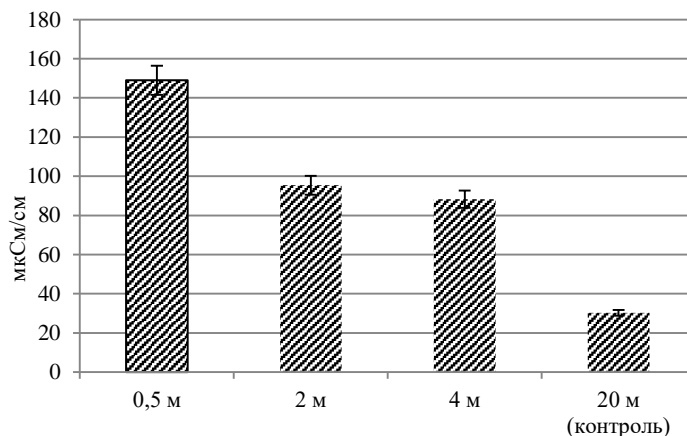


Рис. 1. Электропроводность снеговой талой воды

В дальнейшем была проведена оценка фитотоксичности снеговых вод. В ходе работы было установлено, что растения по-разному реагируют на содержание в снеговых водах химических загрязнителей (рис. 2–4).

Токсические эффекты снеговой воды на проростки горчицы по сравнению с другими тест-объектами проявлялись наиболее сильно, от 25,0 до 72,5% – корни и от 16,7 до 46,7% – побеги. Редис занимал промежуточное положение между горчицей и пшеницей.

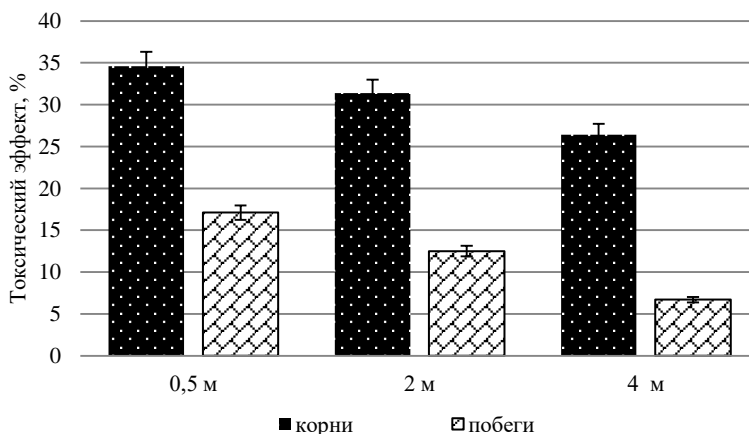


Рис. 2. Токсические эффекты на корни и побеги проростков редиса

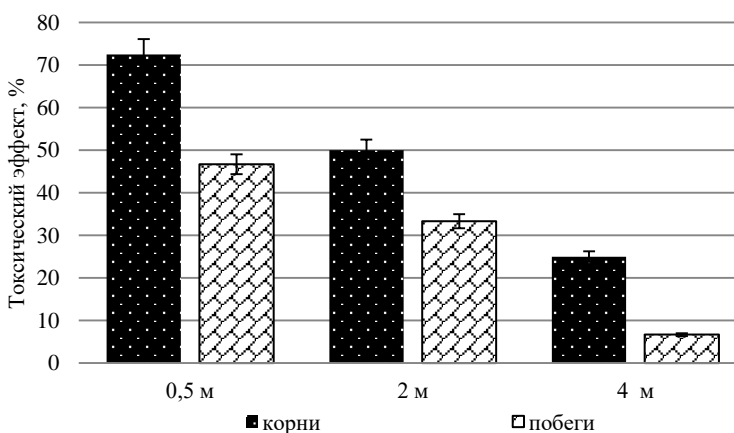


Рис. 3. Токсические эффекты на корни и побеги проростков горчицы

В ходе работы было выявлено, что наибольшей токсичностью обладали снеговые воды проб, отобранных на расстоянии 0,5 м от автомагистрали, в зависимости от расстояния от дороги токсический эффект

снижался на 6,3–14,5% (тест-объект пшеница), на 8,2–10,4% (тест-объект редис) и на 30,0–47,5% (тест-объект горчица).

Наиболее чувствительными к загрязнению снеговых вод оказались корни тест-объектов.

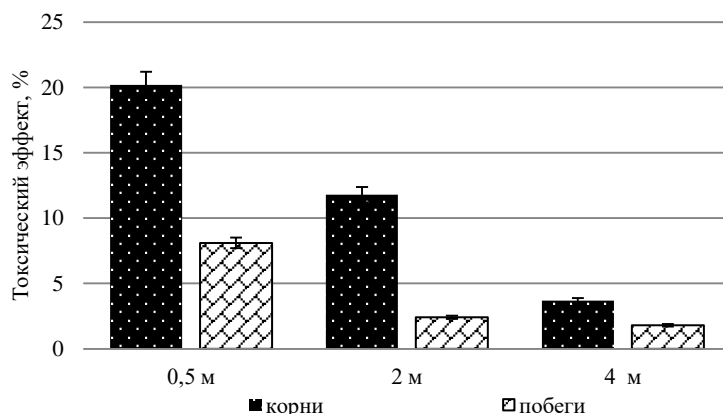


Рис. 3. Токсические эффекты на корни и побеги проростков пшеницы

Выводы. В результате проведенных исследований установлено:

– методом биотестирования по величине токсических эффектов на проростки высших растений можно оценить уровень загрязнения снегового покрова;

– из использованных тест-объектов наиболее чувствительными оказались проростки горчицы белой, а из тест-параметров – длина корней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг засоления снежного покрова. Л., Гидрометеоздат, 1985. 182 с.
2. Экологическая оценка катионно-анионного состава и кислотности снежного покрова с территории автомагистрали Нижнего Новгорода / Козлов А. В. и [др.] // Успехи современного естествознания. 2018. № 6. С. 78–83.
3. Шумилова М. А., Садиуллина О. В., Петров В. Г. Исследование загрязненности снежного покрова на примере города Ижевска // Вестник Удмуртского университета. Серия: физика и химия. 2012. № 2. С. 83–89.
4. Янченко Н. И., Яскина О. Л. Особенности химического состава снежного покрова и атмосферных осадков в городе Братске // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 324. № 3. С. 27–35.
5. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. М., 1985. 5 с.
6. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / Мелехова О. П. и [др.]. М.: Изд. Центр «Академия», 2008. 288 с.

Аккумуляция тяжелых металлов хвоей и листьями растений города Дамаск

Дауара А., аспирант.

Науч. рук. — Зубкова В. М., д-р биол. наук, проф.

Российский государственный социальный университет, г. Москва
info@rgsu.net

Высокие концентрации тяжелых металлов в почвах приводят к симптомам токсичности, которые проявляются в подавлении роста растений, негативном влиянии на различные физиологические и биохимические процессы в них [3]. В Дамаске состояние окружающей среды определяется действием целого ряда негативных антропогенных факторов, среди которых доминирующее положение занимает загрязнение автотранспортом. Городское развитие города Дамаска и рост населения, а также связанное с этим расширение хозяйственной и экономической деятельности привели к увеличению транспортных проблем в городе, хроническим заторам на дорогах [7, 8]. По состоянию растительности, к выполняющей средообразующие и средозащитные функции, можно выявить механизмы устойчивости городских экосистем и определить основное направление их изменений под воздействием техногенных факторов [1].

Целью наших исследований явилось изучение особенностей накопления тяжелых металлов хвоей и листьями вечнозеленых растений *Cupressus sempervirens*, *Ligustrum ovalifolium* и *Euonymus japonicus* в зависимости от интенсивности техногенного загрязнения районов г. Дамаска.



Рис. 1. Географическое расположение исследуемых участков

Образцы хвои и листьев отобраны в трех районах города: Аль-Барамке (Albaramkeh) (участок 1 – центр города, интенсивное автомобильное движение), Алмаж (Almazzeh) (участок 2, расположенный в 6 км на запад от центра, средняя интенсивность движения), Альсбабахрате (Alsbabahrate) (участок 3, расположенный в 4 км к востоку от центра города, средняя интенсивность движения) (рис. 1).

Листья собирали с части крон, обращенных к улицам с интенсивным движением, примерно в 5 м от улицы. Анализы на содержание тяжелых металлов проведены атомно-абсорбционным методом на базе аккредитованной лаборатории – центре сертификации и экологического мониторинга ЦСЭМ «Московский». На основании результатов проведенных исследований можно отметить, что содержание изучаемых элементов определялось как видом растения, так и видом элемента (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в растениях, мг/кг

Участок	Растение	Тяжелые металлы						
		Ni	Co	Cd	Cr	Zn	Cu	Pb
участок 1	<i>Ligustrum ovalifolium</i>	0,43±0,11	4,26±1,23	0,33±0,12	2,53±1,00	50,36±1,67	7,87±1,23	7,12±1,09
	<i>Euonymus japonicus</i>	0,25±0,12	3,68±1,02	0,17±0,06	0,40±0,14	44,50±1,28	5,02±1,04	6,25±1,33
	<i>Cupressus sempervirens</i>	0,19±0,09	1,65±0,89	0,06±0,01	0,21±0,09	30,65±1,03	3,82±1,00	4,69±1,11
участок 2	<i>Ligustrum ovalifolium</i>	0,33±0,10	3,25±1,09	0,21±0,09	2,01±1,01	40,37±1,15	6,27±1,23	6,08±1,72
	<i>Euonymus japonicus</i>	0,21±0,10	2,26±0,98	0,15±0,09	0,35±0,10	25,69±1,11	4,39±1,05	5,17±1,06
	<i>Cupressus sempervirens</i>	0,14±0,09	1,40±0,99	0,01±0,00	0,10±0,09	16,52±1,32	3,75±1,10	4,16±1,24
участок 3	<i>Ligustrum ovalifolium</i>	0,32±0,13	3,11±1,21	0,17±0,09	1,62±0,90	38,27±1,90	6,05±1,22	5,34±1,11
	<i>Euonymus japonicus</i>	0,21±0,09	2,48±0,99	0,12±0,08	0,12±0,09	22,06±1,04	4,25±1,07	4,50±1,04
	<i>Cupressus sempervirens</i>	0,11±0,09	1,03±0,95	0,00±0,01	0,07±0,02	13,35±1,08	2,66±1,42	3,47±1,22

Сравнение концентраций всех изучаемых элементов показало, что наибольшим содержанием в листьях и хвое характеризовался цинк (13,35–50,35 мг/кг). Несмотря на то, что во всех проанализированных образцах превышены допустимые концентрации (ПДК) по цинку [9]. Самые высокие значения содержания Zn (50,35 мг/кг), Pb (7,12 мг/кг), Co (4,26 мг/кг), Cd (0,33 мг/кг) обнаружены в *Ligustrum ovalifolium*, участок 1. По всем этим элементам во всех районах отмечено превышение допустимых концентраций тяжелых металлов в листьях. Значительно выше критического предела на всех участках было содержание кадмия и в листьях *Euonymus japonicus*. Содержание хрома превышало допустимые нормы только у *Ligustrum ovalifolium* (на всех участках). Содержания Cu, Ni были в пределах нормы во всех растениях всех участков. Высокое загрязнение тяжелыми металлами может быть обусловлено: коррозией автомобильных колес, выхлопными газами и неполным сгоранием топлива, утечками минеральных масел и топлива (тормозных масел) [2, 4].

Необходимо отметить избирательность в поглощении отдельных элементов растениями. Так, растением-концентратором кадмия и хрома можно признать *Ligustrum ovalifolium*, в листьях которой содержится в 33 раза больше кадмия по сравнению с хвоей *Cupressus sempervirens* (отмечены минимальные концентрации) и в 37 раз – хрома (рис. 2). Различный уровень содержания тяжелых металлов в листьях может быть связан с механизмами предотвращения поглощения металлов из почвы или его исключением отдельными видами растений. Кроме того, это может быть связано с наличием элементов, являющихся антагонистами и синергистами металлов [5, 6]. Возможно, что у *Ligustrum ovalifolium* эти стратегии развиты в меньшей степени, поэтому в листьях аккумулируется больше тяжелых металлов.

Таким образом, для всех трех участков по степени концентрирования изучаемых элементов растения можно расположить в следующий ряд: *Ligustrum ovalifolium* > *Euonymus japonicus* > *Cupressus sempervirens*.

Максимальное суммарное содержание тяжелых металлов во всех деревьях зафиксировано на первом участке, что коррелирует со степенью техногенного загрязнения.

В современном мире деревья обретают все большую значимость. При правильном озеленении деревья в городе не только будут предоставлять кислород, но и уменьшать количество загрязняющих веществ.

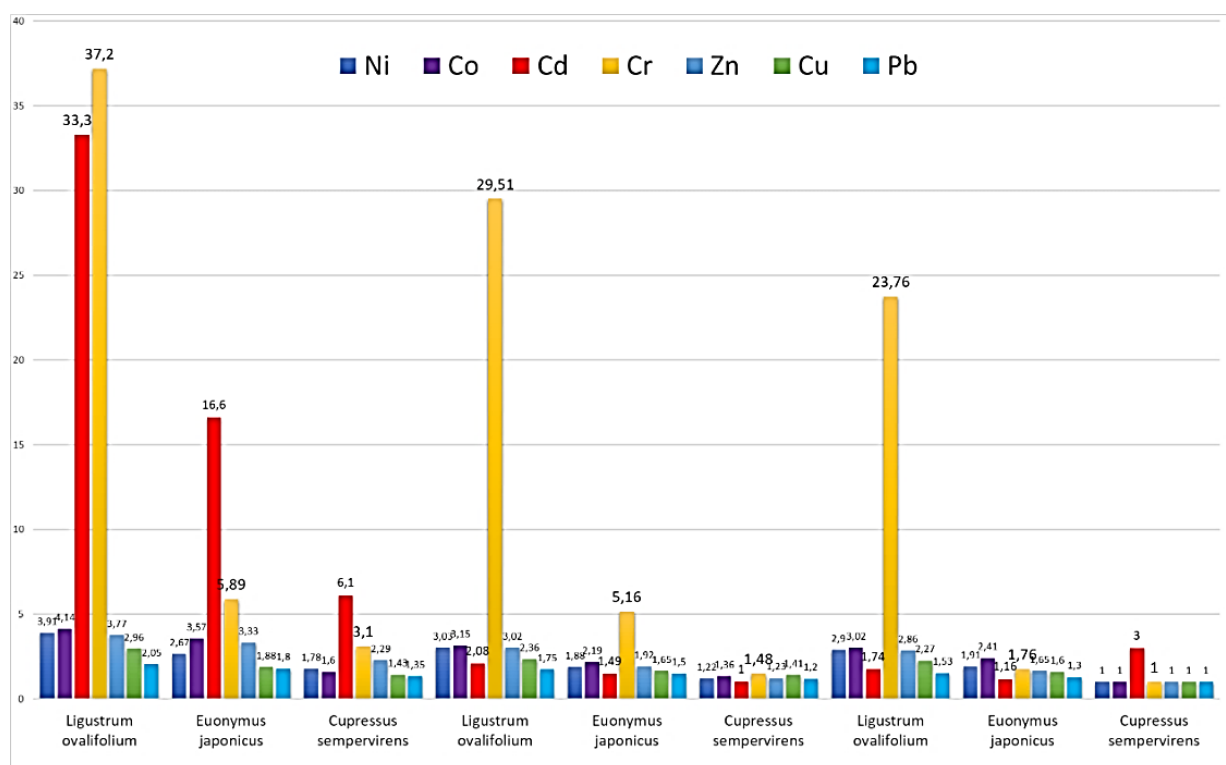


Рис. 2. Содержание ТМ в вечнозеленых растениях г. Дамаска по отношению к минимальным значениям, единиц

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородина А. Н. Аккумуляция тяжелых металлов хвоей сосны в урбоэкосистеме города благовещенска // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. №1 (8). С. 1958–1962.
2. Ali M., Hossain D., Al-Imran, Khan S., Begum M., Osman M. Environmental Pollution with Heavy Metals: A Public Health Concern. В Heavy Metals. Their Environmental Impacts and Mitigation. 2021. 1–20. pp. 143–152.
3. Dalvi A., Bhalerao S. Response of Plants towards Heavy Metal Toxicity: An Overview of Avoidance, Tolerance and Uptake Mechanism // Annals of Plant Sciences. 2013. 02 (09). pp. 362–368.
4. Gautam P., Gautam R., Banerjee S., Chattopadhyaya M., Pandey. Heavy metals in the environment: fate, transport, toxicity and remediation technologies // Nava Science Publishers. 2016. Inc. 1–29. pp.101–130.
5. Ghorri N. H., Ghorri T., Hayat M., Imadi S., Gul A., Altay V., Ozturk M. Heavy metal stress and responses in plants, international journal of environmental science and technology. 2019. 1–22.
6. Katrin V. How plants cope with heavy metals // Viehweger Botanical Studies 55(35). 2014. 1–12.
7. Masri A., Naas H. Passenger traffic is affected by urban expansion in the city of Damascus, Damascus University, Faculty of Arts and Human Sciences, Department of Geography. 2015. p. 282.
8. Mansour R. The pollution of tree leaves with heavy metal in Syria, international Journal of ChemTech Research, Department of Basic Sciences, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria. 2014. Vol. 6. № 4. pp. 2283–2290.
9. Ogundele D. T., Adio A. A., Oludele O. E. Heavy Metal Concentrations in Plants and Soil along Heavy Traffic Roads in North Central Nigeria // Journal of environmental & analytical toxicology. 2015. 5(6). pp. 1–5.

Жизнеспособность и окислительный статус клеток при экспонировании изолированного эпидермиса *Allium cepa* L. На среде, содержащей ионы тяжелых металлов

Дмитриева О. О., Самонова А. Ю., Башмаков Д. И.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, г. Саранск
dimabashmakov@yandex.ru

Поступающие в окружающую среду тяжелые металлы (ТМ) интенсивно аккумулируются живыми организмами, нарушают нормальный обмен веществ, приводят к мутациям и гибели [1]. Как и многие факторы среды, ТМ действуют на организм дозированно – их действие определяется не только концентрацией ионов, но и продолжительностью экспозиции. Причины токсичности ТМ к настоящему времени исследованы довольно хорошо. Негативное влияние инициируется, прежде всего, образованием в клетках избыточного количества активированных форм кислорода (АФК), обладающих чрезвычайно высокой реакционной способностью [2], а также в случае инактивации ионами металлов ферментов антиоксидантной защиты [3]. Однако до сих пор открытым остается вопрос насколько быстро в клетках может развиваться окислительный стресс и последующие за ним окислительные повреждения мембран и органелл.

Целью нашей работы было изучить жизнеспособность и окислительный статус растительных клеток при кратковременной экспозиции растительных клеток в среде с ионами ТМ.

Объект исследования – эпидермальную ткань луковички лука (*Allium cepa* L.) сорта «Штуттгартен Ризен», снятая с анатомически верхней части открытых сочных чешуй второго или третьего яруса. Эпидермальную ткань помещали в чашки Петри на растворы, содержащие ионы ТМ квалификации ч.д.а. ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) в концентрации от 10 мкМ до 10 мМ. Контролем была дистиллированная вода. По истечении 1 и 3 ч по наличию плазмолиза в гипертоничной среде посредством светового микроскопа Биолам ЛОМО С1 (увеличение 150) определяли количество живых клеток в 4–5 полях зрения в каждом варианте опыта. Также спустя 1 и 3 ч от начала опыта измеряли цитофизиологические адаптационные параметры с помощью спектрофотометра UV-mini 1240 (Shimadzu, Япония): интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) – по накоплению малонового диальдегида (МДА) в цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой при длине волны 532 нм с последующим расчетом содержания МДА по коэффициенту молярной экстинкции ($\epsilon = 1,56 \times 10^5 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) [4]; скорость генерации супероксидного аниона – по восстановлению адреналина в адренохром – при длине волны 480 нм, с последующим расчетом скорости генерации O_2^- по коэффициенту молярной экстинкции ($\epsilon = 4020 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) [4]; активность каталазы (КФ 1.11.1.6) – при длине волны 240 нм – по падению оптической плотности за минуту с последующим расчетом по коэффициенту молярной экстинкции ($\epsilon = 39,4 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$) [4].

Все опыты повторяли трижды. Характер распределения данных определяли по критерию Колмогорова–Смирнова. Дескриптивный анализ проводили по общепринятым формулам в программе Excel. Значимость статистических различий оценивали по критерию Дункана при 5 % уровне значимости с учетом поправок Хохберга [5]. Значения в таблицах представлены в виде среднего арифметического \pm стандартное отклонение, а на диаграмме – в виде среднего геометрического \pm его стандартное отклонение.


Для оценки устойчивости растений к ТМ использовали разработанный автором индекс адаптации ($\text{ИА}_{\text{ТМ}}$), рассчитываемый как среднее геометрическое всех исследованных адаптационных эффектов (АЭ_i , % к водному контролю): $\text{ИА}_{\text{ТМ}} = (\prod_{i=1}^n \text{АЭ}_i)^{1/n} \pm \text{GS}_D$, где n – количество оцененных АЭ растений на данную концентрацию ТМ [6].

Таблица 1

Влияние ионов ТМ на эпидермальные клетки *Allium cepa*, % живых клеток, нормированный к водному контролю

ТМ	Концентрации ТМ и время экспозиции							
	10 мкМ	0,1 мМ	1 мМ	10 мМ	10 мкМ	0,1 мМ	1 мМ	10 мМ
	1 ч				3 ч			
Zn	107 ± 4	104 ± 5	96 ± 6	95 ± 5	106 ± 10	93 ± 11	87 ± 7	79 ± 8
Ni	108 ± 8	102 ± 8	98 ± 6	95 ± 4	104 ± 9	97 ± 7	93 ± 8	81 ± 6
Pb	98 ± 2	95 ± 6	91 ± 6	87 ± 2	90 ± 8	86 ± 6	81 ± 8	76 ± 6
Cu	108 ± 3	106 ± 3	88 ± 3	73 ± 2	118 ± 11	112 ± 8	82 ± 9	63 ± 7

Условные обозначения: Зоны толерантности:

 – Витальная (оптимальная)

 – Сублетальная

 – Летальная

Согласно методике, предложенной М. Н. Прозиной [7], если количество жизнеспособных клеток в той или иной токсичной среде меньше контрольной на 20% и более, то эта доза токсиканта считается летальной. Соответственно, если процент живых клеток в среде выше или на уровне контроля, то данная доза поддерживает жизнеспособность клеток и может считаться витальной. Сублетальные дозы, снижающие жизнеспособность тканей, лежат между этими экологическими зонами. Результаты эксперимента представлены в таблице 1. Установлено, что при кратковременном (1 ч) воздействии ТМ витальными можно считать дозы, полученные клетками при экспозиции на 10 мкМ и 0,1 мМ ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Ni^{2+} . Те же концентрации ионов Pb^{2+} , а также 1 мМ и 10 мМ ионов всех исследованных ТМ можно считать сублетальными. В вариантах с 10 мМ ионов Cu^{2+} доза металла достигла летального уровня.

При увеличении длительности экспозиции до 3 ч клетки эпидермиса получали сублетальные дозы также при 0,1 мМ Ni^{2+} и Zn^{2+} и летальные – при 10 мМ Pb^{2+} и Zn^{2+} .

Токсичность ТМ обусловлена их физико-химическими свойствами, в частности, способностью проникать через клеточную оболочку и образовывать труднорастворимые соединения на поверхности и внутри клетки [8], а также образованием в клетках избыточного количества активированных форм кислорода (АФК) [9]. Однако чрезвычайно мало сведений о том, насколько быстро в клетках может развиваться окислительный стресс и последующие за ним окислительные повреждения мембран и органелл и как жизнеспособность связана с биохимическими параметрами окислительного стресса (скоростью генерации супероксидного анион-радикала (O_2^-), интенсивностью ПОЛ и активностью ключевых антиоксидантных ферментов, например каталазы).

Во многих вариантах опыта не было обнаружено статистически значимых различий между средними значениями уровней генерации супероксидного аниона, несмотря на тенденцию к доза-зависимому повышению скорости генерации O_2^- (табл. 2). Однако, поскольку супероксидный анион имеет короткое время существования [10], даже небольшое повышение скорости генерации может, с одной стороны, активировать антиоксидантную систему клетки [11], а с другой – привести к существенному накоплению более стойких АФК и клеточным повреждениям, таким как ПОЛ. Так, уже через 1 ч экспозиции высечек эпидермиса лука ионы ТМ вызвали существенное повышение концентрации МДА в вариантах с 10 мМ Zn^{2+} и Pb^{2+} , а также при высоких концентрациях Cu^{2+} . Спустя 3 ч экспозиции окислительные повреждения усиливались при действии 1 и 10 мМ Zn^{2+} , 10 мМ Pb^{2+} , а также всех изученных концентраций ионов Cu^{2+} .

Таблица 1

Влияние ионов тяжелых металлов на показатели окислительного статуса эпидермальных клеток *Allium cepa* L. в динамике

ТМ	Продолжительность воздействия и концентрация ТМ									
	0 (вода)	10 мкМ	100 мкМ	1 мМ	10 мМ	0 (вода)	10 мкМ	100 мкМ	1 мМ	10 мМ
	1 ч					3 ч				
Скорость генерации супероксидного анион-радикала, нМ/г·мин										
Zn	61,7±12,8 ab	40,7±1,2 a	41,7±2,0 a	58,0±2,5 ab	93,0±1,2 ab	91,9±12,5 ab	68,7±0,7 ab	78,0±1,2 ab	85,3±0,3 a	120,7±0,3 b
Ni	61,7±12,8 ab	38,3±0,7 a	35,0±4,6 a	54,0±8,1 a	77,3±10,4 ab	91,9±12,5 ab	60,3±0,9 ab	80,3±8,5 ab	82,7±8,4 ab	127,7±6,5 b
Pb	61,7±12,8 a	76,3±3,3 ab	87,7±2,4 abc	92,3±1,8 abc	106,7±0,7 abc	91,9±12,5 abc	104,0±1,5 abc	118,0±3,2 abc	136,3±3,8 bc	151,7±0,7 c
Cu	61,7±12,8 a	39,7±1,5 a	49,3±3,5 a	49,7±0,3 a	70,0±1,2 a	91,9±12,5 a	86,3±0,3 a	82,0±0,6 a	92,7±0,9 a	103,0±1,2 a
Концентрация МДА, нМ/г										
Zn	72,7±6,2 a	60,0±7,8 a	59,0±8,1 a	84,7±9,0 ab	142,7±0,9 bc	194,6±15, 7 c	172,3±0,7 c	159,0±13,1 c	293,3±15,9 d	536,7±27, 2 e
Ni	72,7±6,2 a	91,4±1,0 a	83,3±1,3 a	94,4±0,1 a	111,0±1,0 a	194,6±15, 7 b	105,6±2,0 a	106,4±1,2 a	117,6±11,6 a	212,7±0,9 b
Pb	72,7±6,2 a	113,7±2,9 a	118,3±1,8 a	125,7±1,5 a	371,3±0,9 c	194,6±15, 7 b	220,7±1,2 b	225,0±3,2 b	231,3±3,2 b	482,0±1,0 d
Cu	72,7±6,2 a	81,0±1,2 ab	132,3±1,5 b	256,0±3,6 d	861,3±0,3 g	194,6±15, 7 c	293,0±5,0 de	328,3±3,8 ef	362,3±3,0 f	979,7±0,9 h
Активность каталазы, мкМ/г·мин										
Zn	1,75±0,35 bcd	0,36±0,10 a	1,49±0,07 abc	3,00±0,07 d	5,25±0,10 e	1,63±0,32 abc	0,98±0,10 ab	2,64±0,03 cd	1,91±0,06 bcd	1,09±0,05 ab
Ni	1,75±0,35 a	1,63±0,41 a	1,99±0,07 a	1,32±0,11 a	0,73±0,24 a	1,63±0,32 a	0,70±0,06 a	1,91±0,06 a	1,22±0,13 a	0,93±0,19 a
Pb	1,75±0,35 a	0,68±0,08 a	0,93±0,13 a	3,62±0,13 b	7,89±0,03 c	1,63±0,32 a	0,65±0,03 a	1,04±0,10 a	1,49±0,15 a	1,29±0,03 a
Cu	1,75±0,35 bc	1,63±0,33 abc	2,53±0,30 c	0,51±0,18 ab	0,28±0,06 a	1,63±0,32 abc	1,82±0,03 bc	0,87±0,11 ab	0,90±0,00 ab	0,73±0,03 ab

Примечание: буквы в ячейках отражают существенность различий средних значений (отдельно по каждому показателю и металлу) по критерию Дункана при $p \leq 0,05$.

Активность одного из ключевых антиоксидантных ферментов – каталазы – при кратковременном (1 ч) воздействии ТМ обычно не изменялась, либо возрастала, а спустя 3 ч экспозиции в растворах, содержащих высокие концентрации ионов Zn^{2+} и Pb^{2+} , резко падала.

При кратковременных экспозициях клеток в растворах, содержащих тяжелые металлы, жизнеспособность клеток имела тесные обратные корреляционные связи с уровнем супероксидного анион-радикала и интенсивностью ПОЛ, и слабые прямые корреляционные связи с активностью каталазы в интактных тканях. В большинстве вариантов проведенных нами экспериментов (за исключением действия 10 мМ Pb^{2+}) не выявлено существенных различий по генерации супероксидного анион-радикала в клетках интактных тканей. Однако усиление накопления продуктов ПОЛ в клетках лука на фоне практически неизменной активности каталазы при действии изученных металлов (кроме ионов Ni^{2+}) указывает на серьезные повреждения мембранных липидов. Мы предполагаем, что в условиях проведенного эксперимента медленные механизмы (например, синтез ФХ, МТ, БТШ, процессы репарации) устойчивости еще не успели включиться, в отличие от быстрых, поэтому мы наблюдали непосредственные последствия развития окислительного стресса только при действии повышенных (1 мМ и выше) концентраций ТМ, которые к третьему часу эксперимента убивали значительное число эпидермальных клеток. Очевидно, окислительные повреждения усиливались с повышением концентрации ТМ в инкубационной среде и продолжительности экспозиции, и уже спустя 3 ч воздействие металлов достигало летального уровня.

Индексы адаптации к тяжелым металлам модельных растений в лабораторных условиях.

Интегральную картину, объективно отражающую степень устойчивости растений к различным дозам ТМ, может дать расчет обобщенного индекса металлоустойчивости, или индекса адаптации – ИА. В целом, величина индекса на уровне или выше 100% свидетельствует о высокой интенсивности адаптационных ответных реакций растений на конкретную дозу металла.

Индексы адаптации эпидермальных клеток лука репчатого при непродолжительном воздействии ионов ТМ представлены на рисунке 1.

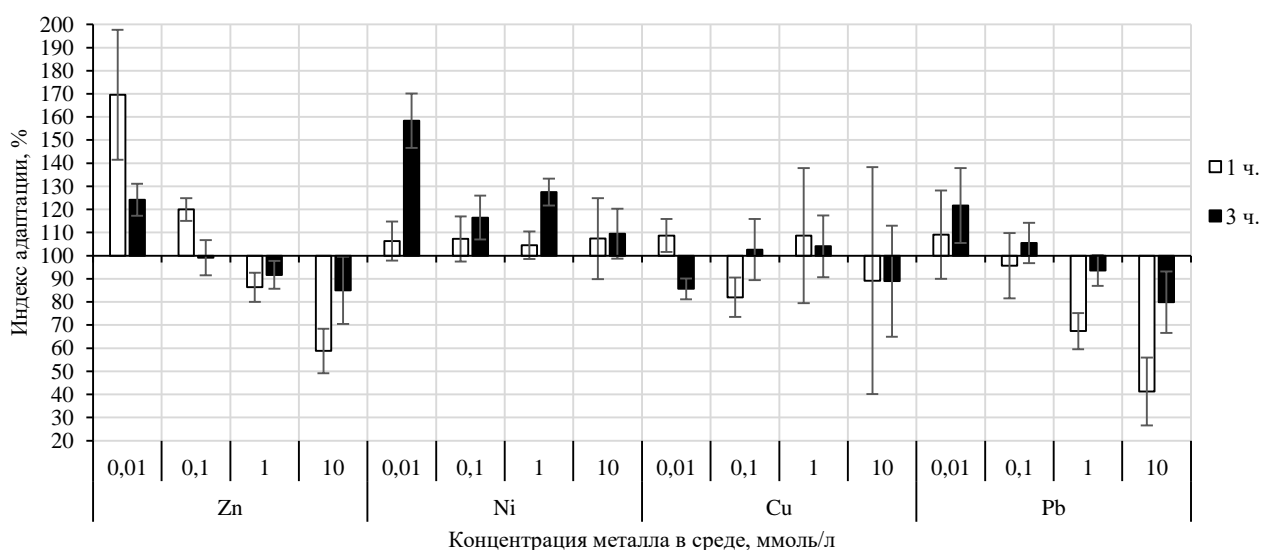


Рис. 1. Индексы адаптации для клеток эпидермиса лука-виццы *Allium cepa* после одно- и трехчасовой экспозиции ткани в растворах, содержащих ионы ТМ

На основании анализа величины IA_{TM} нам удалось построить ряд токсичности ТМ на тканевом уровне: $Pb > Zn > Cu > Ni$. По мере увеличения концентрации ионов Pb^{2+} и Zn^{2+} металлоустойчивость клеток падала: в среде с 10 – 100 мкМ ТМ клетки проявляли высокую или хорошую, а при 1 мМ – удовлетворительную степень адаптации к ТМ. При всех исследованных концентрациях ионов Ni^{2+} значения IA_{TM} оставались на уровне 100% или превышали его. При повышении концентрации до 10 мМ воздействие других металлов достигало пессимальной и сублетальной зоны, но ослаблялось к третьему часу экспозиции, возможно, – из-за активации антиоксидантных и/или иных адаптационных и репарационных клеточных механизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшова В. И., Башмаков Д. И., Гудошникова Т. Н. Дикорастущие растения как объект мониторинга загрязнения почвы тяжелыми металлами // Вестник Мордовского университета. 2007. № 4. С. 22–26.

2. Sandalio L. M., Rodriguez-Serrano M., del Rio L. A., Romero-Puertas M. C. Reactive oxygen species and signaling in cadmium toxicity // Signaling and communication in plants / Eds. L. A. del Rio, A. Puccio. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. P. 175–189.
3. Башмаков Д. И., Лукаткин А. С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений / Под ред. А. С. Лукаткина. – Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 2009. 236 с.
4. Большой практикум по ботанике, физиологии и экологии растений / Под общ. Ред. А. С. Лукаткина. Саранск: Изд. Мордов. Ун-та, 2015. 330 с.
5. Баврина А. П. Современные правила применения параметрических и непараметрических критериев в статистическом анализе медико-биологических данных // Медицинский альманах. 2021. № 1(66). С. 64–73.
6. Башмаков Д. И. Индекс адаптации растений к тяжелым металлам // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2022. № 2(38). С. 84–94.
7. Прозина М. Н. Микроскопическая техника. М.: Высшая школа, 1960. 198 с.
8. Тутов А. Ф., Казнина Н. М., Таланова В. В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. 194 с.
9. Sandalio L. M., Rodriguez-Serrano M., del Rio L. A., Romero-Puertas M. C. Reactive oxygen species and signaling in cadmium toxicity // Signaling and communication in plants; eds. L. A. del Rio, A. Puccio. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. P. 175–189.
10. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров. Киев: Основа, 2010. 352 с.
11. Mittler R., Vanderauwera S., Gollery M., Van Breu-segem F. Reactive oxygen gene network of plants // Trends in Plant Science. 2004. Vol. 9, № 10. P. 490–498.

Влияние климатических факторов на содержание радионуклидов в листьях ряда растений

Дрангой А. В., Воскресенский В. С.

Науч. рук. – Воскресенская О. Л., д-р биол. наук, проф.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ichigo.lotos@mail.ru

В последнее время проблема загрязнения радионуклидами привлекает к себе все большее внимание общественности [1]. Значимость исследований активности естественных и техногенных радионуклидов заключается в их негативном воздействии на животные и растительные организмы, особое внимание уделяется техногенным радионуклидам, имеющим искусственное происхождение. Они легко вовлекаются в экосистемные миграционные циклы, накапливаясь в почве и растениях [2].

Целью работы являлось определение содержания радионуклидов естественного (^{40}K) и техногенного (^{137}Cs , ^{90}Sr) происхождения в листьях растений.

Объектами исследования являлись листья 5 видов растений: клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), клевер ползучий (*Trifolium repens* L.), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), подорожник большой (*Plantago major* L.).

Материал для исследований был собран на территории Республики Марий Эл (г. Йошкар-Ола и пгт. Советский), а также в г. Лангепас Ханты-Мансийского автономного округа.

Определение содержания естественных и Искусственных радионуклидов осуществлялось при помощи гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315, с программным обеспечением «SPTR» [3]. Полученные данные были обработаны с помощью программы «STATISTICA».

Калий-40 – природный радионуклид, широко распространен в земной коре. Является долгоживущим радиоактивным элементом [4]. Разные формы нахождения калия в почвах неодинаково доступны растениям. Наиболее доступными являются водорастворимые формы этого элемента. Усвояемый растениями калий составляет 1–2% от общего [5].

На рисунке 1 видно, что наименьшее содержание радионуклида обнаружено в листьях клевера ползучего (90,5 Бк/кг) и иван-чая узколистного (98,4Бк/кг). Количество ^{40}K в листьях подорожника большого составляло 118 Бк/кг, что на 16,3% меньше, чем у растений в пгт. Советский и на 18,0%, чем у растения в г. Лангепас. Крапива двудомная и клевер луговой, произрастающие на территории г. Йошкар-Олы содержали наибольшее количество калий-40.

В листьях растений, произрастающих на территории пгт. Советский минимальное количество радиоактивного калия обнаружено у иван-чая узколистного (66,5 Бк/кг) и клевера лугового (93,1 Бк/кг) (рис. 1). Клевер ползучий содержал наибольшее количество ^{40}K , по сравнению с другими территориями исследования – 158,8 Бк/кг. В листьях крапивы двудомной обнаружено максимальное содержание калий-40 – 417 Бк/кг.

На территории г. Лангепас исследованные растения накапливали большее количество ^{40}K . Самые высокие значения отмечены в листьях клевера лугового (306 Бк/кг) и крапивы двудомной (338 Бк/кг). Остальные виды, произрастающие в г. Лангепас накапливали в листьях в среднем в 1,7–2,3 раза меньше радиоактивного калия. Наименьшее содержание отмечалось в листьях подорожника большого (144 Бк/кг).

Накопление радиоактивного калия в листьях растений, произрастающих на территории г. Йошкар-Олы в среднем, было меньше по сравнению с остальными исследованными территориями.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показали, что на содержание калий-40 в листьях исследованных видов влияют оба фактора: вид растения и район исследования.

¹³⁷Cs (цезий-137) – дозообразующий радионуклид. Источниками выпадения являются испытания ядерного оружия и выбросы предприятий ядерной энергетики [6].

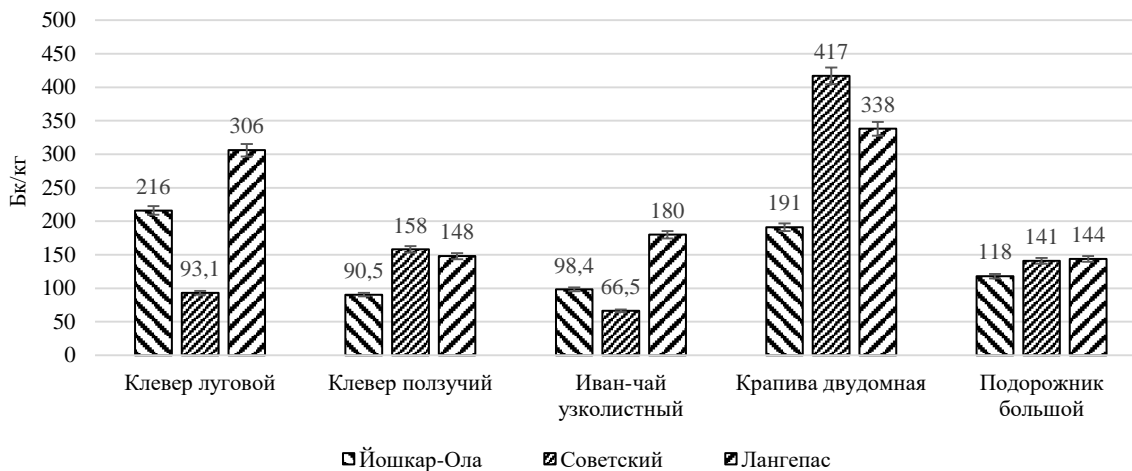


Рис. 1. Содержание ⁴⁰K в листьях изученных видов

На территории г. Йошкар-Олы наибольшие значения, отмечались у клевера лугового (23,9 Бк/кг), иван-чая узколистного (19,8 Бк/кг) и подорожника большого (19,9 Бк/кг) (рис. 2). Остальные виды, произрастающие в г. Йошкар-Ола имели невысокое содержание цезий-137.

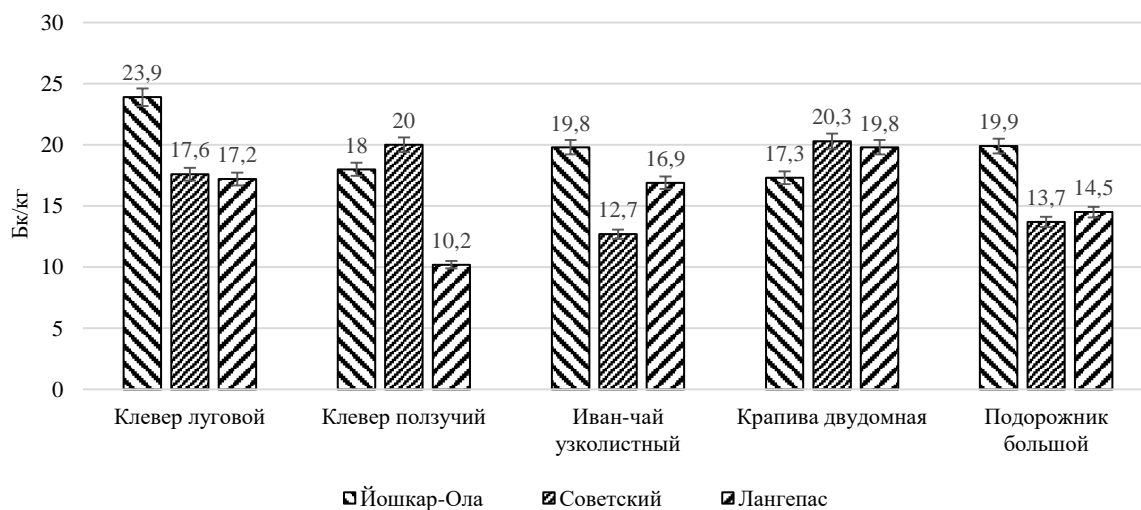


Рис. 2. Содержание ¹³⁷Cs в листьях изученных видов

Среди исследованных видов на территории пгт. Советский, высокие значения, отмечены в листьях клевера ползучего (20 Бк/кг) и крапивы двудомной (20,3 Бк/кг) (рис. 2). Клевер луговой содержал в 1,3 раза ¹³⁷Cs по сравнению с растением на территории г. Йошкар-Олы. Среди растений, исследованных в пгт. Советский минимальное количество радионуклида содержалось в листьях подорожника большого и иван-чая узколистного.

В г. Лангепас листья растений содержали наименьшее количество цезий-137 по сравнению с остальными исследованными территориями. Минимальное содержание отмечено в листьях клевера ползучего (10,2 Бк/кг), что в среднем в 1,8 раза меньше по сравнению с другими территориями исследования (рис. 2). Среди растений на территории г. Лангепас наибольшее количество ¹³⁷Cs было в листьях крапивы двудомной и клевера лугового.

По содержанию цезия-137 в листьях исследованных видов наибольшее количество обнаружено у растений, произрастающих на территории г. Йошкар-Олы.

Радиоактивные изотопы стронция (^{90}Sr) образуются как побочные продукты деления ядер. Стронций способен замещать Са в химических соединениях и включаться в цепочки миграции, попадая в растительные и животные организмы [7].

Содержание ^{90}Sr на территории г. Йошкар-Олы в зависимости от вида растения составляло от 27,2 Бк/кг до 41,6 Бк/кг. Минимальное количество отмечено в листьях подорожника большого и клевера ползучего, а максимальное у иван-чая узколистного.

Среди растений, произрастающих на территории пгт. Советский, наибольшее количество стронций-90 отмечено в листьях клевера ползучего (41,6 Бк/кг) и крапивы двудомной (36,9 Бк/кг). Остальные исследованные виды содержали низкое количество радионуклида.

Накопление стронций-90 в листьях растений, исследованных на территории г. Лангепас в среднем было больше, чем в г. Йошкар-Ола и пгт. Советский. Высокое содержание ^{90}Sr отмечено в листьях крапивы двудомной, а также клевера лугового. Наименьшее количество радионуклида обнаружено в листьях клевера ползучего – 27 Бк/кг.

В результате исследований выяснили, что растения в г. Лангепас в среднем больше накапливают ^{40}K и ^{90}Sr . Крапива двудомная и клевер луговой в большей степени накапливали калий-40. По содержанию стронций-90 преобладали иван-чай узколистный и крапива двудомная.

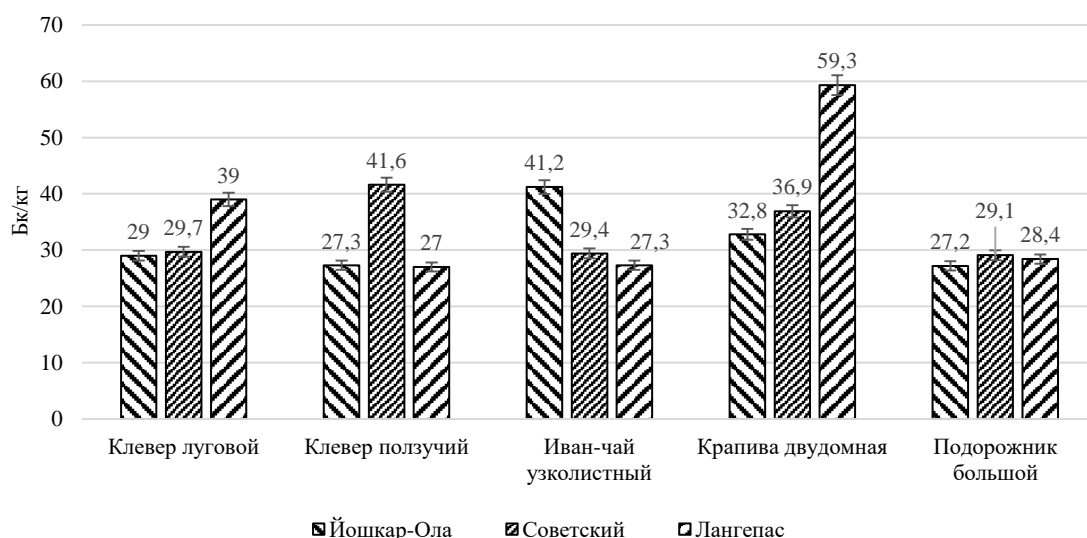


Рис. 3. Содержание ^{90}Sr в листьях изученных видов

На территории г. Йошкар-Олы наибольшее количество калий-40, также как и в г. Лангепас отмечено в листьях крапивы двудомной и клевера лугового. Техногенный радионуклид ^{137}Cs в среднем накапливался больше в растениях г. Йошкар-Олы.

В исследованных видах растений на территории пгт. Советский, наибольшее содержание калий-40 и цезия-137 отмечено в листьях крапивы двудомной. По количеству стронций-90 можно выделить клевер ползучий.

Важно отметить, что активнее всего на всех исследованных территориях аккумуляция природных и техногенных радионуклидов, происходит в листьях крапивы двудомной и клевера лугового, что скорее всего зависит от видовых особенностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алябышева Е. А., Воскресенская О. Л., Воскресенский В. С. Мониторинг за содержанием радионуклидов у высших водных растений в антропогенных местообитаниях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. №1(9). С. 2384–2386.
2. Федоров Ю. А., Ярославцев В. М., Доценко И. В. Естественные и техногенные радионуклиды в донных отложениях (на примере р. Дон, ст. Манычска) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2017. № 3. С. 108–113.
3. Гурачевский В. Л., Леонович И. С., Хоровец И. Г. Руководство по работе с приборами радиационного контроля. Минск: Институт радиологии, 2015. 108 с.
4. Калий-40 в растениях природных экосистем и его роль в жизнедеятельности растительных организмов / Б. И Якушев и [др.] // Радиация и экосистемы: Материалы международной научной конференции / под общ. Ред. Е. Ф. Конопки. Гомель: РНИУП «Институт Радиологии», 2008. 299 с.
5. Соколовская С. Н. Изменение содержания изотопов Калия-40 на почвах при внесении минеральных удобрений // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXIII Международной научно-

практической конференции (Гродно, 23 апреля, 24 марта, 5 июня 2020 года): агрономия, защита растений, технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Гродно: ГГАУ, 2020. С. 153–155.

6. Василенко И. Я., Василенко О. И. Радиоактивный цезий // Энергия: экономика, техника, экология. 2001. № 7. С. 16–22.

7. Бахвалов А. В., Лаврентьева Г. В., Сызыныс Б. И. Биогеохимическое поведение ^{90}Sr в наземных и водных экосистемах // Биосфера. 2012. Т. 4. № 2. С. 206–216.

Влияние жесткого ультрафиолетового излучения на клетки организма

Дуденкова Н. А., Шубина О. С.

Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева, Саранск
dudenkova_nataly@mail.ru

Ультрафиолетовое излучение – невоспринимаемая глазом область оптического, электромагнитного излучения, занимающее спектральный диапазон между видимым и рентгеновским излучениями [1].

Спектр ультрафиолетового излучения делят на три участка: А, В и С. Каждый из которых имеет разное воздействие на организм человека и другие биологические объекты: УФ-А (315 – 400 нм), УФ-В (280 – 315 нм), УФ-С (200–280 нм) [2].

В своем исследовании мы изучали воздействие на организм животных (лабораторных белых крыс) влияние жесткого ультрафиолетового излучения (УФ-С) на эритроциты крови, так как они являются наиболее удобным объектом для изучения влияния жесткого ультрафиолетового излучения на клетки организма.

Жесткое УФ-излучение, в отличие от мягкого УФ-излучения, негативно влияет на организм, вызывая солнечные ожоги и другие перестройки в организме, что может привести к возникновению различных заболеваний [3].

Ультрафиолетовое излучение проникает в кожу достаточно глубоко и достигает густой сети поверхностных микрососудов [4, 5]. При падении ультрафиолетового излучения на кожный покров расслабляются гладкие мышцы кровеносных сосудов, вследствие чего они расширяются. При этом ускоряется кровоток, усиливается процесс кровообращения [6]. Однако не трудно предположить, что жесткое УФ-излучение может непосредственно повышать температуру крови, протекающей по капиллярам с достаточно высокой скоростью.

Однако до сих пор до конца не выяснено, как жесткое УФ-излучение влияет на клетки организма, и, в частности, на эритроциты крови.

Поэтому **целью** нашего исследования было изучение влияния жесткого ультрафиолетового излучения на клетки организма, и, в частности, на эритроциты крови.

Сходство в строении кровеносной системы человека и белой крысы позволяет проводить модельные эксперименты на животных и переносить данные, полученные в эксперименте с лабораторными крысами на человека.

Эксперимент был проведен на белых крысах массой 200–250 г в возрасте начиная от 2-х месяцев.

Объект исследования – эритроциты крови белых крыс.

Предмет исследования – влияние жесткого ультрафиолетового излучения на эритроциты крови белых крыс.

Материалом исследования служила кровь животных, забранная из аорты сердца шприцом с антикоагулянтом гепарином (30 IU/мл крови). В нашем эксперименте были задействованы 2 группы животных: 1 контрольная и 1 опытная. Первая группа животных – контрольная (25 животных). Вторая группа животных – белые крысы, подвергшиеся воздействию длительного жесткого ультрафиолетового излучения в течение 600 сек (10 мин) (25 животных). Таким образом, всего в проведенном эксперименте принимали участие 50 белых крыс. Животные содержались на общем режиме вивария, со свободным доступом к пище и воде. Опытная группа животных подвергалась облучению паховой области бактерицидной ультрафиолетовой лампы в течение 600 сек. (10 мин.) воздействия на расстоянии 25–30 см от облучаемого места.

Облучению подвергалась паховая область тела белых крыс, поскольку она оказалась наиболее удобной для облучения. Длину световой волны, исходящей от ультрафиолетовой бактерицидной лампы, измерили люксметром Digital LX-101, которая составляла приблизительно 1800 лк.

Заблаговременно для безопасного проведения эксперимента белые крысы временно и безопасно усыплялись под воздействием наркоза эфира с хлороформом в соотношении 1 : 1.

Спустя 24 ч после проведения эксперимента проводилось взятие образцов крови подопытных животных хирургическим путем из аорты сердца.

Животных забивали путем декапитации под наркозом эфира с хлороформом в соотношении 1:1 и с соблюдением принципов гуманности, изложенных в директивах Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) и Хельсинкской декларации, и в соответствии с требованиями правил проведения работ с использованием экспериментальных животных.

Для изучения морфологических особенностей строения эритроцитов крови нами готовились временные микропрепараты мазков крови.

Готовые временные микропрепараты исследовались с помощью цифрового микроскопа Axio Imager.M2 (ZEISS, Япония) с программным обеспечением для анализа изображений AxioVision SE64 Rel. 4.8.3 и ZEN 2011 при увеличении об. $100 \times$ ок. 10.

Помимо изучения морфологической характеристики эритроцитов до и после проведения эксперимента, проводилось и морфометрическое измерение диаметра самих клеток.

Также нами изучалось изменение концентрации эритроцитов в крови подопытных животных. Ее определяли с помощью автоматического счетчика клеток Countess™ (Invitrogen, США). Предварительно на предметном стекле быстро производили слабое разведение крови с физраствором в соотношении 1:1 в смеси с органическим красителем трипановый синий. Получившуюся смесь крови с физраствором и красителя трипановый синий перемещали микропипеткой в концентрации 1 мл по одноразовым блок-стеклам. Таким образом, с помощью данного прибора измеряли концентрацию эритроцитов в 1 мл крови у белых крыс.

Живые клетки трипановый синий окрашивает по краям, мертвые – однородно по всей клетке [7].

Статистическая обработка цифровых данных проводилась с помощью программ Fstat и Excel. При оценке статистических гипотез принимались следующие уровни значимости: $P \leq 0,05$.

В ходе проведенных нами исследований у контрольной группы животных, было выяснено, что в их крови эритроциты располагаются свободно в толще плазмы. Они не агрегированы и имеют двояковогнутую форму (рис. 1А).

После 600 с воздействия ультрафиолетового излучения на микропрепаратах крови крыс помимо сильной густоты эритроцитов, доказывающее увеличение их количества в крови, становится заметно сильное повреждение самой структуры их клеток. Они уже не имеют четко округлой формы (рис. 1Б).

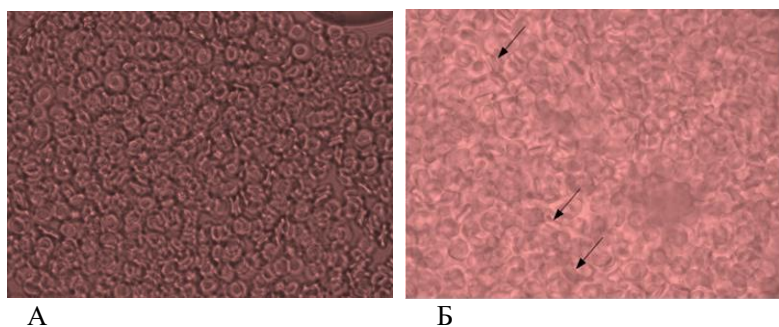


Рис. 1. Эритроциты белых крыс. Мазок. Увеличение об. $100 \times$ ок. 10: А – контроль; Б – опыт (стрелкой показаны «монетные столбики» из эритроцитов)

В ходе проведенных исследований, было выяснено, что после воздействия 600 с жесткого ультрафиолетового излучения у подопытных лабораторных белых крыс, по сравнению с контролем, происходит:

1) увеличение диаметра эритроцитов с $19,41 \pm 3,77$ мкм до $25,09 \pm 3,02$ мкм ($P \leq 0,05$), т. Е. на 29,26 % ($P \leq 0,05$);

2) увеличение концентрации эритроцитов в 1 мл крови с $4,26 \pm 0,15$ мкм до $5,81 \pm 0,17$ мкм ($P \leq 0,05$), т. Е. на 36,38 % ($P \leq 0,05$).

В ходе проведенного исследования нами было выяснено, что продолжительное воздействие длинноволнового ультрафиолетового облучения негативно влияет на эритроциты крови, что в дальнейшем может привести к неблагоприятным последствиям во всем организме, так как кровь протекает по всем органам и тканям организма. Увеличение концентрации эритроцитов в 1 мл крови и их размеров может вызвать сгустки и закупорки в мельчайших сосудах, и, что в дальнейшем, может привести к их повреждению и разрыву.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вассерман А. Л., Шандала М. Г., Юзбаев В. Г. Ультрафиолетовое излучение в профилактике инфекционных заболеваний. М.: Медицина, 2003. 208 с.
2. Мье М. М. Разработка автоэмиссионного источника ультрафиолетового излучения: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский физико-технический институт (государственный университет). М., 2019. 108 с.
3. Уровень экспрессии молекул рецепторного комплекса Т-лимфоцитами крови человека в условиях их УФ-облучения / В. Г. Артюхов и [др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 5. № 2. С. 258–263.
4. Ганюшкин В. В. Влияние инфракрасного и ультрафиолетового облучения на продуктивность свиноматок и поросят // Труды Всесоюзного сельскохозяйственного института заочного образования. 1984. Вып. 160. С. 35–39.
5. Дуденкова Н. А., Шубина О. С. Ультрафиолетовое излучение и его воздействие на организм человека // Экологические чтения – 2021: материалы XII Национальной научно-практической конференции (с международным участием), 4–5 июня 2021 г.; Омский

государственный аграрный университет. Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2021. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46475553> (дата обращения: 25.05.2023 г.)

6. Кузнецов С. Л., Мушкамбаров Н. Н. Гистология, цитология и эмбриология. М.: Медицинское информационное агентство, 2005. 600 с.

7. Николаев В. В., Строев Е. А., Астраханцев А. Ф. Биохимические исследования спермоплазмы при мужском бесплодии // Урология и нефрология. 1993. № 3. С. 33–36.

Морфотипическое разнообразие листьев *Betula pendula* Roth: изменение в градиентах техногенной трансформации почв и погодных условий

Жуйкова Т. В., Мелинг Э. В., Попова А. С.

Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) Российского государственного профессионально-педагогического университета, г. Нижний Тагил
hbfnt@rambler.ru

Введение

В основе устойчивости биологических систем лежит биоразнообразие – комплекс форм и разновидностей организации живой материи биосферы. Величина биоразнообразия – главный показатель жизнеспособности вида и экосистемы в целом. При значительных изменениях внешних условий (погода, эпидемия, ресурсы среды, антропогенное воздействие и др.) однообразие характеристик особей внутри вида более негативно скажется на его выживаемости, чем в случае, когда вид имеет большую степень биологического разнообразия.

Понятие «биологическое разнообразие» иерархично. В работах Роберта Уиттекера [1–3] была предложена организация уровней экосистемного разнообразия (альфа-, бета-, гамма-разнообразие) и исследованы его зависимости от факторов окружающей среды [4]. Наряду с этим биологическое разнообразие рассматривается и на уровнях организации ниже экосистемного [5]. Оно раскрывается через представления о внутривидовом, видовом и надвидовом (ценотическом) разнообразии жизни [6]. Так, если рассматривать лист растений с позиции особи [7], то можно установить количество и разнообразие морфотипов листа, проанализировать структуру их доминирования, оценить влияние экологических факторов на эти показатели. Для количественной оценки разнообразия используются меры разнообразия (индекс Шеннона-Уивера, Бриллюэна, Симпсона, Бергера-Паркера, Макинтоша, Маргалефа) [4, 8, 9]. Близким понятием является понятие выравненности (evenness или equitability) видового состава сообщества. Количественные оценки также основаны на определении доли редких и обильных видов, оценки доминирования видов или определения их значимости через биомассу, численность и др. [10].

В настоящей работе представлены результаты исследования морфотипического разнообразия листьев *Betula pendula* Roth и влияние на него техногенной трансформации почвы и погодных факторов. В качестве рабочей гипотезы обсуждается: техногенная трансформация окружающей среды приводит к изменению формы листьев *Betula pendula* Roth, снижению количества их морфотипов и уменьшению их разнообразия. Реакция исследуемого вида на загрязнение почвы тяжелыми металлами не является специфичной. Аналогичная реакция растений возможна при стрессовых факторах иной природы.

Материал и методы

Объект исследования: береза повислая (*Betula pendula* Roth, 1788), семейство березовые (Betulaceae S. F. Gray) [11]. Число хромосом $2n = 28$ (42) [12]. Исследования проведены в Притагильской зоне Среднего Урала (г. Нижний Тагил Свердловской области, 60° в.д., 58° с.ш., таежная географическая зона, подзона южной тайги). Фитоценозы, в которых собран материал, произрастают на фоновых и техногенно нарушенных территориях. Участок фоновой зоны расположен в 25 км от центра промышленных предприятий. Техногенно нарушенные – представлены Западно-Ревдинским отвалом, отвалами медно-рудных шахт рудника им. III Интернационала и отвалами техногенных отходов Нижнетагильского металлургического комбината. На этих территориях концентрации подвижных форм тяжелых металлов достигают: для железа – 16185 мкг/г; цинка – 391; меди – 952; свинца – 39; кадмия – 2. Максимальные превышения фоновых значений отмечены по Cu – в 75 раз, Zn – в 22 раз, Cd – в 10 раз. На основе суммарного коэффициента концентрации Z , выраженного в относительных к фоновым значениям единицах, были выделены зоны токсической нагрузки, фоновая ($Z = 1,44$ отн. Ед.), буферная ($Z = 3,53–9,03$ отн. Ед.) и импактная ($Z = 21,58–29,53$ отн. Ед.). Названия зон даны в соответствии с номенклатурой ЮНЕП [13]. Характеристика почв и растительных сообществ данных территорий подробно описаны ранее [14].

Исследования проведены на протяжении четырех вегетационных сезонов 2016–2019 гг. Степень благоприятности погоды (СБП) оценивали через предложенный нами ранее индекс [15]. Показатель изменялся от 3,24 балла (неблагоприятный год) до 4,0 баллов (благоприятный год).

Биологический материал собран на опушках лесных сообществ с преобладанием березы в июле 2016–2019 гг. в пяти локалитетах. Исследование проводили на средневозрастных генеративных (g_2) растениях *B. Pendula*. Образцы собирали во второй половине июля после полной остановки роста листа. Листья собирали в пределах нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с веток максимально доступных, расположенных с четырех сторон света [16].

Листья фиксировали методом гербаризации [17]. Далее их сканировали с адаксиальной стороны с помощью многофункционального устройства Samsung SCX-3400 (Samsung, Корея) при разрешении 1275×1755 пикселей. Измерение морфологических признаков листа выполняли в программе Bio.exe. Полученные числовые значения преобразовывали из пикселей в миллиметры. Проанализировано 2000 листьев (4 года наблюдения \times 5 стационарных участков \times 10 деревьев на каждом участке \times 5 листьев с каждого дерева). Выполнено 6000 измерений ((4 промера \times 1 стороны) + (1 \times 2 стороны листа)). Вычислено 3000 расчетных значений: 1000 листьев \times 3 индекса. Учитывая замечания методического характера [18, 19], сбор биологического материала, его камеральная обработка и измерения выполнены одним оператором с использованием единых методических подходов, одного оборудования и программного обеспечения (см. выше). Разнообразие морфотипов листа оценивали через индекс Шеннона (H). Статистический анализ данных выполнен в ПСП Statistica v. 13.0 (StatSoft, Inc., 2018).

Результаты исследования

Выделение морфотипов основано на измерении метрических признаков и вычислении индексов у каждого конкретного листа. Для выделения морфотипов использованы индекс листовой пластинки, угол между главной жилкой и первой от основания листа боковой жилкой первой порядка, индекс вытянутости верхушки. Признаки, которые вносят наибольший вклад в изменчивость формы листовой пластинки выделены методом главных компонент.

Анализ всего объема исследуемого материала по индексу формы показал наличие в выборке яйцевидных листьев. Согласно Ал. А. Федорову с соавт. [20], яйцевидные листья делятся на несколько типов. Опираясь на предлагаемые автором шаблоны, был рассчитан индекс листовой пластинки различных типов листа. Диапазон индекса был вычислен исходя из значений соседних типов. На основании значений ИЛП в выборках выделено три типа листьев:

- 1 – округло-яйцевидный (ИЛП = 1,0–1,24);
- 2 – широкояйцевидный (ИЛП = 1,25–1,39);
- 3 – яйцевидный (ИЛП = 1,4–2,0).

По форме основания выделены листья двух типов:

- 1 – с округленно-клиновидным основанием (угол $< 50^\circ$);
- 2 – с усеченным основанием (угол $> 50^\circ$).

По форме верхушки (по ИВВ) выделены листья двух типов:

- 1 – с заостренной верхушкой (ИВВ $< 0,7$);
- 2 – с удлинненно-заостренной верхушкой (ИВВ $> 0,7$).

У каждого листа был определен морфотип по трем признакам – форма листа по индексу листовой пластинки, форма основания – по углу между главной жилкой первой от основания листа боковой жилкой первого порядка и форма верхушки – по индексу вытянутости верхушки. Анализ всего имеющегося материала позволил нам выделить 12 морфотипов листа.

Придерживаясь точки зрения В. В. Короны и А. Г. Васильева [7], которые предлагали рассматривать лист с позиции особи, можно проанализировать изменение количества морфотипов, их разнообразия и структуры доминирования в градиенте техногенной трансформации окружающей среды и степени благоприятности погоды. В градиенте техногенной трансформации почвы в благоприятный год наблюдается уменьшение количества морфотипов с 11 до 8 и снижение уровня разнообразия, оцененного через индекс Шеннона (с 2,02 до 1,52). Наблюдаются различия по доле преобладающего морфотипа. На фоне преобладающий тип резко отличается от других, но доля его участия в общей выборке менее 0,5, в буферной зоне доля преобладающего морфотипа составляет 0,5 и более. В импактной зоне доля доминанта менее 0,5, но появляется содоминант. Суммарная доля доминанта и содоминанта более 0,5. Наблюдается преимущественное развитие листьев разных морфотипов: в фоновой зоне это листья широкояйцевидные с округленно-клиновидным основанием с заостренной верхушкой; в буферной – округло-яйцевидные с усеченным основанием с удлинненно-заостренной верхушкой; в импактной – наряду с этим типом (округло-яйцевидные с усеченным основанием с удлинненно-заостренной верхушкой как в буферной зоне) в большом количестве образуются широкояйцевидные с усеченным основанием удлинненно-заостренной верхушкой.

В неблагоприятный год в градиенте загрязнения уменьшение количества морфотипов не выражено. Индекс Шеннона снижается, но на максимально загрязненном участке разнообразие морфотипов вновь повышается до уровня фонового как ответная реакция на сочетанное действие неблагоприятных погодных

факторов и высокого уровня трансформации почвы. Доминируют листья разных морфотипов: фоновая зона – широкояйцевидные с округленно-клиновидным основанием с заостренной верхушкой и яйцевидные с округленно-клиновидным основанием с заостренной верхушкой; буферная и импактная зоны – округло-яйцевидные с усеченным основанием с удлинено-заостренной верхушкой и округло-яйцевидный с округленно-клиновидным основанием с удлинено-заостренной верхушкой.

Состав доминирующих морфотипов листа на фоновом и загрязненных участках разный, аналогично благоприятному году.

В градиенте неблагоприятности погоды в фоновой зоне наблюдается уменьшение количества морфотипов и снижение уровня разнообразия, происходит уменьшение доли преобладающего типа и появление содоминантов. В импактной в градиенте неблагоприятности погоды при низких значениях степени благоприятности погоды проявляется сочетанное действие двух исследуемых факторов. Реакция растений по количеству морфотипов листа и их разнообразию на двух участках импактной зоны разнонаправлена. В градиенте неблагоприятности погоды увеличивается количество морф в составе доминантной группы и изменяется состав доминантной группы. Так, в благоприятный год доминируют широко- и округло-яйцевидный тип листа с усеченным основанием с удлинено-заостренной верхушкой. В неблагоприятный год – округло-яйцевидный тип с усеченным основанием с удлинено-заостренной верхушкой и широко- и округло-яйцевидный с округленно-клиновидным основанием с удлинено-заостренной верхушкой.

Таким образом, реакция *B. Pendula* по признаку разнообразия морфотипов листа на отдельный неблагоприятный фактор (загрязнение почвы тяжелыми металлами или неблагоприятные погодные условия) сходная: прослеживается уменьшение количества морфотипов, снижение их разнообразия, уменьшение доли преобладающего морфотипа и появление содоминантов. В этом проявляется неспецифичность реакции растений на действующий фактор. Наряду с этим наблюдается специфическая реакция растений на техногенное загрязнение, которая проявляется в развитии на фоновом и загрязненных участках различных господствующих морфотипов листа независимо от степени благоприятности погоды. Широко-яйцевидный с округленно-клиновидным основанием с заостренной верхушкой тип (211) доминирует только на фоне и никогда не доминирует у растений буферной и импактной зон.

При сочетанном действии неблагоприятных погодных факторов и высокого уровня загрязнения почвы реакция *B. Pendula* по уровню разнообразия (количество морфотипов листа и индекс Шеннона) неоднозначна. Изменение структуры доминирования как в случае отдельно действующих факторов, так и при их сочетанном действии одинаковое – увеличивается количество морфотипов листа доминантной группы и изменяется ее состав.

ЛИТЕРАТУРА

1. Whittaker R. H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California // Ecol. Monogr. 1960. № 30. P. 279–338.
2. Whittaker R. H. Evolution and measurement of species diversity // Taxon. 1972. № 2. P. 213–251.
3. Whittaker R. H. Communities and ecosystems. N.–Y.: London: Macmillan., 1970. 162 p.
4. География и мониторинг биоразнообразия /колл. Авторы. М.: Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002. 432 с.
5. Шайхутдинова А. А. Методы оценки биоразнообразия: методические указания. Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2019. 37 с.
6. Шитиков В. К., Розенберг Г. С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии: сб. научн. Тр., посвященных памяти А.И. Баканова. Российская академия наук Самарский научный центр Институт экологии Волжского бассейна Институт биологии внутренних вод. Тольятти, 2005. Изд-во: СамНЦ РАН. С. 91–129.
7. Корона В. В., Васильев А. Г. Строение и изменчивость листьев растений: основы модульной теории. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2007. 279 с.
8. Лебедева Н. В., Дроздов Н. Н., Кривоуцкий Д. А. Биологическое разнообразие. М.: Гуманитар. Изд. Центр Владос, 2004. 431 с.
9. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 2012. 166 с.
10. Залепухин В. В. Теоретические аспекты биоразнообразия. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2003. 192 с.
11. Князев М. С., Третьякова А. С., Подгаевская Е. Н., Золотарёва Н. В., Куликов П. В. Конспект флоры Свердловской области. Часть III: Двудольные растения (Aristolochiaceae – Monotropaceae) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. Т. XII, № 2. С. 4–95.
12. Числа хромосом цветковых растений флоры СССР. Aceraceae – Menyanthaceae / под ред. А. Л. Тахтаджяна. Л.: Наука. Ленингр. Отд-ние, 1990. 510 с.
13. Global Environmental Monitoring System (GEMS). SCOPE Report 3. Toronto: ICSU-SCOPE, 1973. 74 p.
14. Жуйкова Т. В., Мелинг Э. В., Кайгородова С. Ю., Безель В. С., Гордеева В. А. Особенности почв и травянистых растительных сообществ в условиях техногенеза на Среднем Урале // Экология. 2015. № 3. С. 163–172.
15. Жуйкова Т. В., Мелинг Э. В., Попова А. С. К методике оценки интегрального показателя степени благоприятности погодных условий для растений // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 2. С. 45–51.
16. Здоровье среды: методика оценки: Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: метод. Руководство для заповедников / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов [и др.]. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
17. Жуйкова Т. В., Попова А. С., Мелинг Э. В. Сравнительная оценка флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth при разных методах фиксации растительного материала // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9. № 4. С. 58–65.

18. Лайус Д. Л., Грэм Д. Х., Католикова М. В., Юрцева А. О. Флуктуирующая асимметрия и случайная фенотипическая изменчивость в популяционных исследованиях: история, достижения, проблемы, перспективы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 3: Биология. 2009. № 3. С. 98–110.

19. Козлов М. В. Исследование флуктуирующей асимметрии растений в России: мифология и методология // Экология. 2017. № 1. С. 3–12.

20. Федоров А. А., Кирпичников М. Э., Артюшенко З. Т. Атлас по описательной морфологии высших растений: лист / Под общ. Ред. Чл.-корр. АН СССР П. А. Баранова. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 303 с.

Жизненное состояние древесных растений, произрастающих на территории Центрального парка культуры и отдыха города Йошкар-Олы

Загайнова Е. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Алябьшева Е. А., канд. биол. наук, доц.

*Марийский государственной университет, г. Йошкар-Ола
Caciondecuna@yandex.ru*

Актуальность. В городах сформировалась специфическая техногенная среда с постоянно возрастающей антропогенной нагрузкой на урбоэкосистемы, что приводит к значительной трансформации окружающей среды. Воздух в городах загрязнен пылью, аэрозолями, газами и дымом, поэтому снижение уровня токсичных веществ в воздухе и почве является важным направлением оптимизации городской среды.

Как средство доочистки городской среды, используют древесные насаждения, способные нивелировать неблагоприятные факторы природного и техногенного происхождения. Однако высокий уровень негативного воздействия приводит к ослаблению растений, поражению их вредителями и болезнями, снижению их продуктивности и жизнеспособности и, как следствие, к преждевременному старению и уменьшению долговечности [1].

Оценка жизненного состояния у древесных растений, используемых в городском озеленении, дает возможность обосновать рекомендации для создания наиболее продуктивных и долговечных зеленых насаждений [2].

Цель исследования – оценить жизненное состояние древесных растений, произрастающих на территории Центрального парка культуры и отдыха города Йошкар-Олы.

Методы исследования. Исследование было проводили в июне – августе 2022 г., были проведены работы по исследованию видового состава древесных растений, произрастающих на территории Центрального парка культуры и отдыха им. XXX-летия ВЛКСМ (ЦПКиО). Согласно методике инвентаризации городских зеленых насаждений [3] было оценено состояние древесных растений парка: 1 балл – «хорошее» – растения здоровые с правильной, хорошо развитой кроной, без существенных повреждений; газоны без пролысин и с хорошо развитым травостоем – стриженным или луговым, цветники без увядших растений и их частей; 2 балла – «удовлетворительное» – растения здоровые, но с неправильно развитой кроной, со значительными, но не угрожающими их жизни растениями или повреждениями, с дуплами и др.; кустарник без сорняков, но с наличием поросли; газон с небольшими пролысинами, малоухоженным травостоем; цветники с наличием увядших частей растений; 3 балла – «неудовлетворительное» – древостой с неправильно и слабо развитой кроной, со значительными повреждениями и ранениями, с зараженностью болезнями или вредителями, угрожающими их жизни; кустарники с наличием поросли и отмерших частей, с сорняками; газоны с редким, вымирающим, полным сорняков травостоем; цветники с большими выпадками цветов, увядших растений и их частей.

Результаты исследования. В ходе работы было выявлено, что видовой состав ЦПКиО представлен 41 видом деревьев и кустарников, относящихся к 18 семействам. Наиболее многочисленным оказалось семейство розовые (*Rosaceae*), насчитывающее в своем составе 11 видов (26,9 %). Общее количество деревьев, обследованных в парке, составило 1056 шт., из лиственных деревьев преобладали липа мелколистная – 12,9 % (137 шт.) и клен остролистный – 10,7 % (113 шт.), а из хвойных – ель обыкновенная – 5,01 % (53 шт.) и лиственница сибирская – 4,4 % (36 шт.).

В дальнейшем была проведена оценка жизнеспособности древесных растений, произрастающих на территории городского парка (табл. 1). Оценка жизненного состояния у древесных растений, используемых в городском озеленении, дает возможность обосновать рекомендации для создания наиболее продуктивных и долговечных зеленых насаждений.

Так, на территории ЦПКиО в хорошем состоянии находилось 707 древесных растений, что составило 66,8 % от общего количества обследованных растений, в удовлетворительном – 328 шт. (31,0 %), и в неудовлетворительном – 22 шт. (2,1 %). Данное соотношение можно объяснить тем, что на территории

парка регулярно проводятся работы по удалению единичных экземпляров поврежденных растений, вырубка сухостоя, а также стрижка и формовка кустарников.

Согласно полученным нами данным, самое большое число растений жизненность которых было оценено в 1 балл, относились к следующим семействам: розовые (*Rosaceae*) – 28,4 %, кленовые (*Aceraceae*) – 24,3 %, хвойные (*Pinaceae*) – 12,7 %, березовые (*Betulaceae*) – 8,1 %.

Самая высокая доля экземпляров, находящихся в неудовлетворительном состоянии, была выявлена у сосны обыкновенной – 9,1 %. Неудовлетворительное состояние было также выявлено у ивы козьяй, которая произрастала рядом с парковкой торгового центра. Удовлетворительную жизненность имели растения, которые относились к следующим семействам: липовые (*Tiliaceae*) – 12,7 %, розовые (*Rosaceae*) – 9,9 % и кленовые (*Aceraceae*) – 5,8 %. Проведенный анализ жизненного состояния деревьев показал, что наиболее распространенный в парке вид – липа мелколистная находился преимущественно в удовлетворительном состоянии – 65,6 %, в хорошем – 25,5 % и 8,7 % – в неудовлетворительном. Еще два наиболее распространенных вида деревьев клен остролистный и клен ясенелистный в целом имели хорошее состояние – 80,5 % и 73,1 %, соответственно. В парке произрастали виды, представленные одной особью растением: вяз гладкий, ива козья, орех маньчжурский и сирень венгерская; все эти растения находились также в хорошем состоянии.

Таблица 1

Оценка жизненности древесных растений

№	Название вида		Обследовано, шт.	Жизненное состояние, %		
				1 балл	2 балла	3 балла
1	Айва прекрасная	<i>Chaenomeles 179peciose</i> (Sweet) Nakai	4	100,0	0	0
2	Барбарис обыкновенный	<i>Berberis vulgaris</i> L.	9	100,0	0	0
3	Береза повислая	<i>Betula pendula</i> Roth	68	83,8	16,2	0
4	Боярышник кроваво-красный	<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	19	73,7	26,3	0
5	Вишня обыкновенная	<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	10	80,0	20,0	0
6	Вяз гладкий	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	1	100	0	0
7	Вяз шершавый	<i>Ulmus glabra</i> Huds.	34	47,1	52,9	0
8	Дерен белый	<i>Swida alba</i> (L.) Opiz	14	100,0	0	0
9	Дуб черешчатый	<i>Quercus robur</i> L.	8	100,0	0	0
10	Ель колочая	<i>Picea pungens</i> Engelm.	19	84,2	15,8	0
11	Ель обыкновенная	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	53	84,9	15,1	0
12	Жимолость татарская	<i>Lonicera tatarica</i> L.	11	72,7	27,3	0
13	Ива белая	<i>Salix alba</i> L.	8	50,0	50,0	0
14	Ива козья	<i>Salix caprea</i> L.	1	0	100,0	0
15	Ива пепельная	<i>Salix cinerea</i> L.	8	87,5	12,5	0
16	Ирга круглолистная	<i>Amelanchier ovalis</i> Medik.	7	100,0	0	0
17	Карагана древовидная	<i>Caragana arborescens</i> Lam.	9	11,1	88,9	0
18	Каштан конский	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	21	100,0	0	0
19	Клен остролистный	<i>Acer platanoides</i> L.	113	80,5	14,2	5,3
20	Клен серебристый	<i>Acer saccharum</i> Marshall	13	100,0	0	0
21	Клен ясенелистный	<i>Acer negundo</i> L.	93	73,1	26,9	0
22	Липа мелколистная	<i>Tilia cordata</i> Mill.	137	25,5	65,7	8,8
23	Лиственница сибирская	<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	36	55,6	44,4	0
24	Малина обыкновенная	<i>Rubus idaeus</i> L.	4	0	75,0	25,0
25	Можжевельник казацкий	<i>Juniperus sabina</i> L.	9	100,0	0	0
26	Орех маньчжурский	<i>Juglans mandshurica</i> Maxim.	1	100,0	0	0
27	Пузыреплодник калинолистный	<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim.	54	57,4	42,6	0
28	Рябина обыкновенная	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	44	100,0	0	0
29	Рябинник рябинолистный	<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Braun	1	100,0	0	0
30	Сирень венгерская	<i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. Ex Reichenb.	26	96,2	3,8	0
31	Сирень обыкновенная	<i>Syringa vulgaris</i> L.	5	20,0	80,0	0
32	Скумпия кожевенная	<i>Cotinus coggygria</i> Scop.	11	81,8	9,1	9,1
33	Сосна обыкновенная	<i>Pinus sylvestris</i> L.	16	93,8	6,2	0
34	Тополь бальзамический	<i>Populus balsamifera</i> L.	24	41,7	58,3	0
35	Туя западная	<i>Thuja occidentalis</i> L.	16	100,0	0	0
36	Форзиция промежуточная	<i>Forsythia × intermedia</i> Zabel	2	100,0	0	0
37	Черемуха обыкновенная	<i>Padus avium</i> Mill.	9	100,0	0	0
38	Чубушник венечный	<i>Philadelphus coronarius</i> L.	10	30,0	70,0	0
39	Шиповник собачий	<i>Rosa canina</i> L.	78	62,8	35,9	1,3
40	Яблоня домашняя	<i>Malus domestica</i> (Suckow) Borkh.	29	68,9	27,6	3,5
41	Ясень американский	<i>Fraxinus americana</i> L.	21	9,5	90,5	0

Таким образом, состояние насаждений обследованного объекта озеленения хорошее, но необходимы мероприятия по уходу за насаждениями и удаление растений в неудовлетворительном состоянии: проведение корневых и некорневых подкормок, полива деревьев и кустарников; ежегодное (2 раза в год) обследование состояния жизнеспособности зеленых насаждений (весной – апрель – май и осенью – сентябрь – октябрь).

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеева Е. В. Зеленые насаждения в мониторинге окружающей среды крупного промышленного города (на примере г. Красноярск). Красноярск, 2008. С. 32.
2. Соловьева О. С. Зеленые насаждения как средство улучшения экологии города // Вестник Марийского государственного технического университета. 2010. № 1. С. 75–83.
3. Методика инвентаризации городских зеленых насаждений. М.: Минстрой России. Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова, 1997. С. 4.

Тяжелые металлы на полигоне твердых коммунальных отходов

Закамская Е. С.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
zakamskay@mail.ru

Сосредоточение населения в городах приводит к накоплению и концентраций твердых коммунальных отходов (ТКО), требующее современного их удаления от мест проживания людей и безопасной утилизации [1]. Полигон ТКО аккумулирует большое количество отходов, содержащих токсические опасные вещества, которые выступают в роли катализаторов или ингибиторов биохимических процессов деструкции отходов [2]. Наиболее опасной группой поллютантов, являются тяжелые металлы. Однако некоторые из них, такие как медь, цинк необходимы живым организмам, так как они активно участвуют в биохимических процессах. Однако их большое накопление в природных средах может негативно сказаться на функционировании экосистем.

Целью работы являлось определения содержания тяжелых металлов на территории складирования полигона ТКО и в санитарно-защитной зоне.

Отбор почвенных проб проводили в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019 [3]. Почвенные образцы были взяты на территории складирования полигона и на санитарно-защитных зонах (СЗЗ) слева и справа от полигона. Определение массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа [4]. Для оценки степени химического загрязнения рассчитывали коэффициент концентрации химического вещества Кс и суммарный показатель загрязнения Zс [5]. Оценку опасности почв проводили согласно ориентировочной оценочной шкалы опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения [6].

Нами были определено, что в почвах на участке складирования полигона твердых бытовых отходов и санитарно-защитной зоны содержание таких тяжелых металлов как свинец, цинк, медь и никель. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание литополлютантов в почве полигона ТКО и санитарно-защитной зоны, мг/кг

Определяемые вещества	Место отбора проб			ПДК
	СЗЗ справа	СЗЗ слева	ТКО (полигон)	
Pb	30,77±1,323	31,69±1,366	70,97 ±3,512	32 (валовое содержание)
Zn	7,98±0,883	7,03 ±0,284	116,87±12,634	23 (подвижные формы)
Ni	4,84±0,141	5,07 ±0,356	6,28±0,995	4 (подвижные формы)
Cu	<10	<10	<10	3 (подвижные формы)

Свинец и его соединения относятся к чрезвычайно опасным веществам (1-й класс опасности). Он накапливается в поверхностных слоях почвы, т.к. его ионы имеют малую подвижность даже при высокой кислотности почвы. В ходе работы было установлено, что в пробах почв санитарно-защитной зоны содержание свинца не превышает ПДК. На территории складирования полигона ТКО содержание этого элемента в 2,2 раза были выше нормативного показателя. Коэффициент концентрации свинца на территории СЗЗ составлял 2,1, на территории полигона ТКО – 4,7.

Цинк, как и свинец, относится к чрезвычайно опасным веществам (1-й класс опасности). Кислая среда повышает растворимость цинка. Органическое вещество может связывать цинк в устойчивые формы, вследствие чего он аккумулируется в верхних почвенных горизонтах [7]. В исследованных пробах почв санитарно-защитной зоны содержание цинка не превышало ПДК. На территории полигона ТКО содержание

данного элемента было в 3,3 раза выше нормативного показателя. Коэффициент концентрации цинка на территории санитарно-защитной зоны – 0,2; на территории полигона ТКО – 2,6.

Никель относится к умеренно опасным веществам (3-й класс опасности). Высокие концентрации никеля обнаружены в богатых органическим веществом глинистых и суглинистых почвах [8]. В результате сжигания углеводородов, производства цветных металлов никель может накапливаться в почвах, его повышенные концентрации токсичны [9]. В пробах почв санитарно-защитной зоны содержание никеля превышало в 1,5 раза ПДК. На территории полигона ТКО содержание данного элемента было в 2,5 раза выше нормативного показателя. Коэффициент концентрации никеля на территории санитарно-защитной зоны – 0,17; на территории полигона ТКО – 0,21.

Медь относится к умеренно опасным веществам (3-й класс опасности). Содержание подвижных форм меди во всех испытуемых пробах было ниже предельной концентрации обнаружения.

Нами рассчитан суммарный показатель загрязнения (Z_c), который является комплексной оценкой загрязнения (рис. 1).

Согласно ориентировочной оценочной шкале опасности загрязнения почв, по суммарному показателю загрязнения, рассматриваемые почвы относятся к категории допустимого загрязнения и такие территории характеризуются наиболее низким уровнем заболеваемости детей и минимумом функциональных отклонений.

Таким образом, относительно установленных предельно допустимых концентраций на территории складирования полигона ТКО наблюдается превышение нормативов по всем изученным веществам, за исключением меди; на территории санитарно-защитных зон имеется превышение содержания никеля. Суммарный показатель загрязненности почв тяжелыми металлами на территории складирования полигона твердых бытовых отходов составил 13,53; на санитарно-защитной зоне варьирует от 2,10 до 3,79, что по ориентировочной оценочной шкале опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения позволяет рассматриваемые почвы относиться к категории допустимого загрязнения.

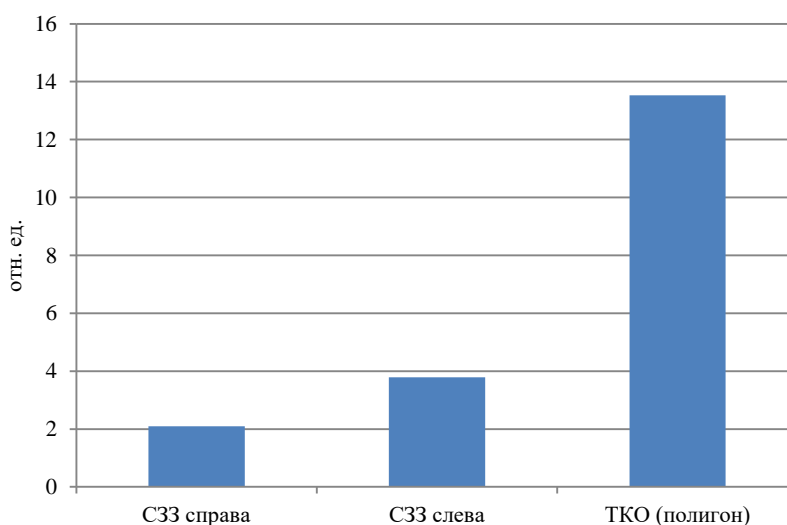


Рис. 1. Суммарный показатель загрязнения почвы, Z_c

ЛИТЕРАТУРА

1. Садовников П. В., Куркина М. В. Актуальность изучения микрофлоры почвогрунтов вблизи полигонов ТБО (на примере Калининграда) // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2013. № 7. С. 21–26
2. Гаджикеримов В. В., Белова О. Ю., Карелин Д. В. Природоподобные технологии очистки фильтрационных вод, образующихся на полигонах ТКО // Экономика строительства и природопользования. 2019. № 2. С. 67–76.
3. ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб. М.: Стандаринформ, 2019. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/71989>.
4. Стандарт отрасли. Почвы. Рентгенофлуоресцентное определение валового содержания тяжелых металлов: ОСТ 10259-2000. М., Агропрогресс, 2001. 24 с.
5. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>
6. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М., Минздрав РФ, 1999. 26 с.
7. Сальникова Е. В., Осипова Е. А., Заболотная Н. В. Сравнительная оценка содержания цинка в питьевых водах и почвах Оренбургской области // Вестник ОГУ. 2014. № 6 (167). С. 155–157
8. Архипов И. А. Никель в почвах Алтая // МНКО. 2008. № 2. С. 16–19.
9. Лукин С. В. Мониторинг содержания никеля в почвах // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 3. С. 14–15.

Предпосевная обработка семян растений хитинсодержащими растворами

Ибатуллина Д. Э., студ. 2 курс

Науч. рук. – Котляр М.Н., канд. тех. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань
ibatullinadiana14@gmail.com

Широкое распространение химических средств защиты и удобрений растений приводит к глобальным нарушениям окружающей среды, а это в свою очередь негативно влияет на плодородие и качество почв, а значит и на здоровье человечества. Исходя из этого поиск действенных, но в тоже время безопасных биодобавок и биостимуляторов роста растений является актуальной задачей в современном мире. Хитозан является биобактерицидом и биовируцидом, а значит, обеспечивает защиту культуры от патогенных микроорганизмов, а также поддерживает иммунную систему растений в неблагоприятных условиях окружающей среды. [1, 2]. Эффективность применения хитозана на семена растений зависит от его свойств – молекулярная масса, наличия примесей и скорости метаболизма [3, 4]. Из литературы следует, что эффективность хитозана возрастает с уменьшением его молекулярной массы [2–4].

В исследовании использовались два биостимулятора: хитозан и ферментативный гидролизат хитозана в различных концентрациях. Используемый в работе гидролизат хитозана был получен в результате обработки высокомолекулярного хитозана ферментным препаратом «Целлолюкс А» и представлял собой смесь низкомолекулярных фракций хитозана. Исследование проводилось на семенах огурца (*Cucumis sativus* L.) и семенах гороха (*Pisum sativum* L.) сорта «Жегалова 112».

Исследуемые семена были обработаны растворами хитозана и растворами гидролизата хитозана при содержании добавок в концентрации от 0,2–1,0 %. Проращивание семян гороха проводили в нормальных условиях при температуре от 8–20 градусов, в течение 3 суток в стерилизованных чашах Петри на фильтровальной бумаге. Данные фиксировались на 3 и 6 сутки, отмечались всхожие, невсхожие и проросшие образцы, а также длина корешков. Результат оценивали по ряду показателей: прорастание и всхожесть семян. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние добавок на проращивание семян гороха на проращивание семян гороха

Концентрация добавки, %	Количество семян, шт.			
	Всего	Всхожих семян	Невсхожих семян	Всхожесть, %
0	60	51	9	85
0,2	60	54	2	90
0,4	60	57	2	95
0,6	60	51	2	85
0,8	60	57	1	95
1,0	60	56	2	93

Как видно из представленных данных, предобработка семян растворами хитозана и гидролизатами хитозана всех используемых концентрациях увеличивает всхожесть и проращивание семян на 5–11 %.

В таблице 2 представлены средние результаты наблюдения роста растений, обработанных хитозаном и гидролизатом хитозана, в почве через 7 дней после посадки. Семена проращивали при нормальной температуре около 18 °С.

Таблица 2

Проращивание семян гороха, обработанные раствором гидролизата хитозана после посадки в почву

Концентрация добавки, %	Всего посажено	Количество проростков с семядольными листьями, шт.	Количество проростков с первым настоящим листом, шт.	Количество проростков со вторым настоящим листом, шт.	Количество проростков с третьим настоящим листом, шт.	Процент зеленых проростков, %
0	60	22	13	7	3	43,3
0,2	60	52	52	52	52	90
0,4	60	57	56	46	44	96,6
0,6	60	43	41	15	–	
0,8	60	47	45	43	42	73,3
1,0	60	59	59	59	54	98,3

Известно, что хитозан и его гидролизат благополучно сказывается на прорастание семян в условиях стресса, например, нехарактерный сезон высадки культуры. Исследование проходило в октябре, в месяце неподходящем для прорастания. Для предобработка семян огурца, нами были взяты различные концентрации гидролизата хитозана. А именно добавки с содержанием от 0–1,2%. Огурцы перед посадкой замачивали на 30 минут в растворах гидролизата хитозана. Проращивание проходило в нормальных условиях при температуре от 20 °С.

В ходе исследований изучалось влияние различных концентраций низкомолекулярного хитозана на всхожесть и развитие растений. Установлено, что предобработка семян растворами низкомолекулярного хитозана во всех используемых концентрациях значительно увеличивает скорость всхожести семян.

Таблица 2

Влияние добавок на прорастание семян огурца после посадки в почву

Концентрация	Всего посажено	Проросшие, шт.	Количество проростков с первым настоящим листом, шт.	Количество проростков со вторым настоящим листом, шт.	Количество проростков с третьим настоящим листом, шт.
контрольный образец	12	–	–	–	–
0,2	12	–	–	–	–
0,4	12	3	3	2	–
0,6	12	2	2	1	–
1,0	12	4	4	3	–
1,2	12	2	2	2	1

Таким образом, показано, что хитозан является эффективным и безопасным стимулятором роста растений. Показано, что предобработка семян гороха сорта «Жегалова 112» растворами хитозана и гидролизатами хитозана всех используемых концентраций увеличивает всхожесть и прорастание семян на 5–11%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологии возделывания гороха в Воронежской области / В. И. Трусов и [др.]. Каменная Степь, 2019. 28 с.
2. Котляр М. Н. Методы выделения и модификация хитин-глюканового комплекса из биомасс *Aspergillus niger*: автореф. Дис. К.т.н. Казань, 2001. 19 с.
3. Абдуллаев Ф. Т., Холмирзаев И. Х., Нематов Н. А., Жамолова Л. Ю. Роль хитозана и его производных в агропромышленном комплексе. М.: Интернаука. 2020. С. 132.
4. Способ получения низкомолекулярного хитозана для противолучевых препаратов: пат. 2188829, Рос. Федерация № 2000131566/04; заявл. 18.12.2000, опубл. 10.09.2002.
5. Боме Н. А., Королёв К. П., Петрова А. А., Боме А. Я. Современные технологии изучения и сохранения генетических ресурсов. Биологические свойства семян и устойчивость растений к стресс-факторам. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2017. 48 с.

Оценка экологического состояния урбанизированной территории методами биомониторинга

Иванова Р. Р.

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола
ivanova.rufina@yandex.ru

При исследовании экологического состояния урбанизированных территорий широко используются такие методы биомониторинга, как биоиндикация и биотестирование [1, 3, 4, 5]. При этом наиболее информативными и адекватными биоиндикаторами качества среды, которые реагируют на все ее изменения, признаны растительные организмы. Растения высоко чувствительны к загрязнению и реагируют на наличие в воздухе малых доз токсических веществ, которые не оказывают заметного влияния на организм людей и животных. Загрязнение воздушной и почвенной среды, шум, вибрация и другие неблагоприятные факторы воздействуют на городские растения, что отражается на их состоянии. Поэтому растения, реагируя на условия произрастания, могут служить индикаторами экологического состояния окружающей среды. Биоиндикационный подход, используемый для интегральной оценки экологического состояния среды, основан на изучении морфометрических параметров растений. В условиях техногенного воздействия листья растений не только меняют окраску, но и имеют аномальную конфигурацию, что создает возможность их использования в качестве биоиндикаторов. Растения в течение всей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию двух сред – почвенной и воздушной, отражающих весь комплекс негативных воздействий на систему. Величина флуктуирующей асимметрии характеризует мелкие ненаправленные нарушения стабильности развития организма и является его интегральным ответом на состояние окружающей

среды, поэтому может быть использована для оценки качества среды обитания. Флуктуирующая асимметрия характеризует способность организма к формированию фенотипа при минимальном уровне онтогенетических нарушений, который в свою очередь является показателем степени соответствия условий среды требованиям организма.

Эффективным методом оценки потенциальной опасности химического, физического или биологического воздействия на почву, считается биотестирование [1]. Биотестирование – это процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов. Для оценки параметров среды используются стандартизованные реакции живых организмов. В организме, пребывающем контрольное время в условиях загрязнения, происходят изменения физиологических, биохимических, генетических, морфологических или иммунных систем. В лабораторных условиях создаются условия изучаемого загрязнения, в которые на определенное время помещается тест-объект, затем регистрируются контролируемые параметры и проводится оценка степени изменения тест-объекта, что позволяет получить информацию о состоянии исследуемой окружающей среды.

Целью исследования было изучение экологического состояния урбанизированной территории Заречного района г. Йошкар-Олы с использованием методов биоиндикации и биотестирования.

На территории района в микрорайонах Кирзавод, Ремзавод, Сомбатхей, Звездный и Дубки были выбраны объекты исследования, расположенные вблизи жилых домов, общественных зданий, вдоль улиц. Контрольным объектом служил лесопарк Сосновая роща. В качестве биоиндикатора была выбрана береза повислая (*Betula pynudula* Roth), произрастающая в данном районе. На каждом объекте проводился сбор листьев с десяти близко растущих деревьев березы повислой по 10 штук с каждого (всего 100 листьев с исследуемого объекта). Листья отбирались со средневозрастных деревьев в нижней части кроны с четырех сторон растения на уровне поднятой руки, в период с 13 до 14 часов дня в сухую ясную погоду. Отбор проб проходил в конце августа. Собранные листья помещались в гербарий между листами фильтровальной бумаги. Затем производились замеры морфометрических параметров левой и правой стороны листовой пластинки: ширина листа (на уровне начала третьей жилки); расстояние между основанием жилки первого порядка и началом первого ветвления; расстояние между началом первого и второго ветвления; расстояние между основаниями первой и второй жилок первого порядка; угол между центральной и первой жилками листа. Величину флуктуирующей асимметрии (ФА) каждого параметра оценивали по отношению величины разности между промерами слева и справа к сумме этих промеров. В качестве интегрирующего показателя взята средняя арифметическая величина рассчитанных отношений к числу параметров. Коэффициент флуктуирующей асимметрии рассчитывался по формуле В. М. Захарова [3]. Пробы почвы для биотестирования отобраны согласно ГОСТ Р 58595-2019 [2]. Токсичность почв изучалась методом биотестирования [1]. Цифровой материал обработан на компьютере с использованием прикладных программ Excel и Statistika.

Таблица 1

Балльная система качества среды обитания живых организмов по показателям флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой (по А. Б. Стрельцову, 2003)

Балл				
1	2	3	4	5
< 0,055	0,056–0,060	0,061–0,065	0,066–0,070	> 0,07
чисто	относительно чисто («норма»)	загрязнено («тревога»)	грязно («опасно»)	очень грязно («вредно»)

Результаты расчета коэффициента флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой и их оценка представлены в таблице 2. При оценке полученных результатов использовалась таблица соответствия баллов качества среды значениям коэффициентов флуктуирующей асимметрии по А. Б. Стрельцову [4].

Исследованиями установлено (табл. 2), что показатель асимметричности листьев березы повислой в Сосновой роще составил 0,051, что оценивается в 1 балл и соответствует значению «чисто». Аналогичные результаты получены при исследовании березы повислой, произрастающей в микрорайонах Звездный и Дубки. У берез, произрастающих в микрорайонах Сомбатхей и Нагорный показатель асимметричности листьев березы варьировал от 0,056 до 0,059, что оценивается в 2 балла и соответствует состоянию «относительно чисто («норма»)». У берез, произрастающих в микрорайонах Ремзавод и Кирзавод, показатель асимметрии составил 0,61, что соответствует состоянию «загрязнено («тревога»)».

Таблица 2

**Показатели флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой
на территории Заречного района и их оценка**

№ п/п	Объект исследования	Показатель асимметричности	Балл	Значение
1	Микрорайон Ремзавод	0,061	3	загрязнено («тревога»)
2	Микрорайон Сомбатхей	0,059	2	относительно чисто («норма»)
3	Микрорайон Звездный	0,053	1	чисто
4	Микрорайон Нагорный	0,056	2	относительно чисто («норма»)
5	Микрорайон Дубки	0,052	1	чисто
6	Микрорайон Кирзавод	0,061	3	загрязнено («тревога»)
7	Сосновая роща	0,051	1	чисто

При изучении возможной токсичности почвы методом биотестирования с использованием тест-объекта редис красный с белым кончиком (*Raphanus sativus* L.) учитывались такие показатели, как количество проросших семян, средняя длина корней и проростков тест-объекта, энергия прорастания семян, индекс токсичности фактора. Результаты исследования в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, энергия прорастания семян тест-объекта редиса в водной вытяжке из почвы Сосновой рощи составила 90%, что ниже на 8 %, чем в аналитическом контроле. Снижение энергии прорастания семян тест-объекта редиса по сравнению с Сосновой рощей отмечено для почвенной вытяжки с объектов в микрорайонах Ремзавод, Кирзавод и Сомбатхей соответственно на 6, 8 и 4 %. На других объектах энергия прорастания семян тест-объекта редиса была близка к значению в Сосновой роще. Среднее значение длины корешков и проростков редиса с опытных объектов было близко к контрольным показателям, существенных отличий не выявлено.

Оценка класса токсичности проводилась согласно шкале токсичности (табл. 4) [1].

Таблица 3

Влияние почвенной вытяжки на прорастание семян редиса и оценка токсичности почвы

№	Объект исследования	Энергия прорастания, %	ИТФ по энергии прорастания	Класс токсичности	Среднее значение длины, см	
					корешки	проростки
1	Микрорайон Ремзавод	84	0,86	IV (низкая токсичность)	2,16±0,06	0,80±0,01
2	Микрорайон Сомбатхей	86	0,88	IV (низкая токсичность)	2,27±0,15	0,63±0,02
3	Микрорайон Звездный	98	1,00	V (норма)	3,07±0,09	0,95±0,10
4	Микрорайон Нагорный	92	0,94	V (норма)	2,57±0,12	1,05±0,13
5	Микрорайон Дубки	98	1,00	V (норма)	2,44±0,01	1,24±0,07
6	Микрорайон Кирзавод	82	0,84	IV (низкая токсичность)	3,37±0,15	1,30±0,03
7	Сосновая роща	90	0,92	V (норма)	2,8±0,14	0,93±0,02
8	Аналитический контроль	98	–	–	2,87±0,19	1,15±0,11

Таблица 4

Шкала токсичности фактора [1]

Классы токсичности	Величина ИТФ	Пояснения
VI (стимуляция)	>1,10	Фактор оказывает стимулирующее действие на тест-объекты. Величина тест-функции в опыте превышает контрольные значения
V (норма)	0,91–1,10	Фактор не оказывает существенного влияния на развитие тест-объекта, тест-функции находятся на уровне контроля
IV (низкая токсичность)	0,71–0,90	Разная степень снижения величины тест-функции в опыте по сравнению с контролем
III (средняя)	0,50–0,70	Разная степень снижения величины тест-функции в опыте по сравнению с контролем
II (высокая)		
I (сверхвысокая, вызывающая гибель тест-объекта)	среда непригодна для жизни тест-объекта	Наблюдается гибель тест-объекта

Как видно из таблицы 3, ИТФ (индекс токсичности фактора) водной вытяжки из почвы микрорайона Ремзавод составил 0,89, микрорайона Сомбатхей – 0,87, что свидетельствует об угнетении тест-функции. Почва с территории этих объектов соответствует 4 классу токсичности – «низкая токсичность». На других обследованных объектах значения ИТФ соответствовали 5 классу токсичности – «норма».

Таким образом, на основании исследований установлено, что почва из микрорайонов Ремзавод и

Сомбатхей соответствует 4 классу токсичности – «низкая токсичность», в микрорайонах Нагорный, Звездный, Дубки и Кирзавод – 5 классу токсичности – «норма». По результатам изучения величины флуктуирующей асимметрии березы повислой можно сделать вывод о том, что на урбанизированной территории Заречного района наиболее загрязненными являются микрорайоны Ремзавод и Кирзавод, где располагаются промышленные предприятия, экологическое состояние окружающей среды оценивается как «загрязнено («тревога»)». Селитебная зона – микрорайоны Звездный, Дубки, Сомбатхей и Нагорный в экологическом отношении являются достаточно чистыми зонами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева, Т. И. Евсеева и др.; под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Сарапульцевой. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 288 с.
2. ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб.
3. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров и [др.]. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
4. *Ибрагимова Э. Э.* Фитоиндикация как перспективный метод в экологических исследованиях // Человек – Природа – Общество: теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. Симферополь, 2008. Вып. 1. С. 46–49.
5. *Стрельцов А. Б.* Региональная система биологического мониторинга. Калуга: Калуж. ЦНТИ, 2003. 150 с.

Перспективы развития морской ветроэнергетики

Калоев Д. З., студ. 4 курса

Науч. рук. – Никулина С. Н., канд. наук, доц.

Российский университет дружбы народов, г. Москва
kaloev.dbyffnw@gmail.com

Несколько последних десятилетий основными источниками энергии в мире являются нефть, уголь и газ. Но так как они являются природными ископаемыми, то запас их иссякает, конечно, трудно сказать, когда именно они закончатся, но факт остается фактом. К тому же использование этих источников наносит необратимый вред окружающей природе и самому человеку. Когда встает вопрос об экологии, имеет смысл рассматривать альтернативные источники электроэнергии. Принцип их работы основан на получение энергии от солнца, ветра, воды, геотермальных источников и других источников. Помимо того, что данные источники не загрязняют окружающую среду, имеют неиссякаемые ресурсы, так еще и не требуют дополнительных затрат на сырье [1].

В последнее время наблюдается взрывной рост инвестиций в сектор экологически чистой энергетики, причем наибольшая доля этих инвестиций приходится на наземную и морскую ветроэнергетику. За последние двадцать пять лет европейские страны лидировали в развитии морских ветряных электростанций.

Россия, имея столь огромную природную площадь, в отличие от стран Европы, все еще сильно отстает в области развития альтернативной энергетики.

Ожидается, что морская ветроэнергетика создаст возможности для реализации проектов в глубоководных районах, где высокая скорость ветра создает благоприятные условия для работы, тем самым стимулирует рынок морской ветроэнергетики.

Развивающиеся рынки Африки и Южной Америки предлагают широкие возможности для развития ветроэнергетики, так как страны, включая Бразилию, ЮАР и Чили, находятся на пороге развития, и там наблюдается повышенный спрос на электроэнергию, что, как ожидается, обеспечит рыночные возможности для развития ветроэнергетики в ближайшие годы [7].

Изменение климата является серьезной экологической проблемой, перед которой сегодня стоит мир, и возобновляемые чистые источники энергии, как например ветер, являются значительной частью решения этой проблемы. Энергию ветра можно в избытке найти во многих частях планеты, и ее можно безопасно собирать, чтобы генерировать электроэнергию без производства опасных отходов и нежелательных попутных продуктов [6].

Энергия ветра как часть разнообразного набора возобновляемых источников энергии также может сделать ценный вклад в энергетическую безопасность и обеспечить сбалансированное удовлетворение растущего спроса.

Морские ветряные энергосистемы являются одними из наиболее технологически продвинутых и эффективных в плане расходов источников генерации электроэнергии, которые доступны на сегодняшний день. Современные турбины могут производить полезную энергию до 85% года и имеют жизненный цикл как минимум 20 лет. Энергия, произведенная ветряными электростанциями, является одной из самых дешевых форм возобновляемой электроэнергии, доступной на сегодняшний день, и существует реальный потенциал продолжения технологических прорывов, чтобы еще больше снизить затраты.

Морская ветряная энергия может помочь выполнить национальные и международные цели по снижению выбросов угарного газа и является жизненно важным компонентом стратегии по выполнению целей возобновляемой энергии. Она также увеличивает безопасность поставки и снижает зависимость стран от исчерпаемых источников энергии и импорта [2].

В 2020 году в Европе установлено 2918 МВт оффшорных ветроэнергетических мощностей, что на 20% меньше, чем в 2019 году, но соответствует прогнозу, составленному еще до выхода прогноза COVID-19, что свидетельствует о готовности ветроэнергетической отрасли выполнить свои планы по установке ветроэнергетических установок. Нидерланды (1493 МВт), Бельгия (706 МВт), Великобритания (483 МВт), Германия (219 МВт) и Португалия (17 МВт) поставляют эти новые мощности в сеть [10].

Публикация «Энергетической стратегии в области морских возобновляемых источников энергии» (ORES) определяет амбиции Европы по строительству 300 ГВт морских ветряных электростанций к 2050 году. Европейские темпы установки все еще намного ниже, чем те, которые потребуются сектору для реализации этой стратегии и национальных планов по энергетике и климату на 2030 год [10].

По состоянию на конец 2020 года в Европе было установлено в общей сложности 25014 МВт. Всего в 12 европейских странах насчитывается 116 ветропарков, включая участки с частичным подключением к сети, 5402 турбины подключены к сети [10].

В РФ морская ветроэнергетика пока не появилась. Согласно мнению экспертов, потенциал ветроэнергетики совершенно не реализован. Тому имеется множество причин, но главная из них — это материальные затраты на создание ветряных парков, которые делают стоимость энергии альтернативной энергетики равную традиционной. Именно этот фактор тормозит развитие морской ветроэнергетики в России, так как недостаточно инвесторов, готовых вложить свои денежные средства в рассматриваемую область. Но, наряду с отрицательными факторами, имеются и положительные (табл. 1) [1].

При рассмотрении вопроса о ветроэнергетике возникает один вопрос: что лучше – наземные или морские ветряные турбины? В споре между этими двумя видами ветроэнергетики необходимо учитывать множество различных факторов, и определение того, что лучше в таких областях, как производительность и экономическая эффективность, имеет решающее значение для будущего ветроустановок. Береговые ветряные электростанции предусматривают установку турбин на суше, в то время как морские электростанции требуют установки турбин над открытой морской водой, где ветер имеет более постоянную силу (табл. 2) [3].

Таблица 1

Актуальность развития морской ветроэнергетической отрасли в России

Сфера развития	Факторы
Экономическая	Снижение себестоимости электроэнергии. Снижение затрат на производство энергии в северных районах Развитие высокотехнологичных производств.
Социальная	Возможность сдерживания роста тарифов на электроэнергию. Создание новых рабочих мест в промышленности. Повышение качества жизни населения.
Энергетическая	Строительство за более короткий срок, чем ТЭС и АЭС. Повышение энергетической безопасности (степень износа системы электроснабжения 48,5 %). Энергообеспечение в зонах децентрализованного и нестабильного централизованного энергоснабжения. Использование энергоэффективных технологий.
Экологическая	Снижение выбросов в атмосферу парниковых газов и вредных веществ (1 ВЭС мощностью 1 МВт убергает от 1800 т выбросов CO ₂ в год). Сохранение энергоресурсов для следующих поколений. Положительный пример для подрастающей молодежи.

Таблица 2

Достоинства и недостатки морской ветроэнергетики в сравнении с наземной ветроэнергетикой

Критерии	Морская ветроэнергетика	Наземная ветроэнергетика
Экономический	+ Выработка большего количества энергии.	+ Менее дорого.
	+ Больше постоянства ветра.	– Изменение скорости ветра.
	+ Более крупные турбины.	– Потенциальные препятствия для ветра.
	– Более высокая стоимость.	– Прерывистая энергия.
	– Меньше рабочих мест.	
Технический	– Обслуживание и ремонт.	+ Обслуживание и ремонт.
Экологический	+ Меньшее визуальное воздействие.	+ Низкое воздействие на окружающую среду.
		– Визуальные и звуковые факторы.

Сравнивая два вида ветряных установок, становится очевидным, что наземная энергия ветра по-прежнему используется шире, чем морская энергия ветра. Несмотря на многочисленные преимущества, которые дает морская ветроэнергетика, наземная ветроэнергетика по-прежнему является предпочтительной.

В целом, ветряные турбины, независимо от их расположения, быстро устанавливаются, особенно по сравнению с другими альтернативными источниками энергии, такими как атомные электростанции. Многочисленные внешние факторы, включая политическое, финансовое и географическое положение конкретного района расположения ветряной турбины, также должны быть рассмотрены до начала строительства [8].

Поэтому решение о строительстве наземного или морского ветропарка должно приниматься в каждом конкретном случае индивидуально, при этом учитывается каждый из этих факторов в сочетании с отдельными плюсами и минусами обоих вариантов ветроэнергетики.

Поскольку энергия ветра становится все более популярным возобновляемым источником энергии, исследователи ожидают, что совершенствование технологии будет продолжать улучшать строительство и проектирование этих турбин для удовлетворения глобальных потребностей в электроэнергии [9].

Морские турбины делаются более крупными, чтобы сэкономить на фундаменте и затратах на сбор энергии. Поскольку все большее число ветряных электростанций планируется строить на расстоянии от 15 до 50 км от берега на глубине более 50 м, сочетание глубины воды, увеличения высоты ветряных вышек и диаметра лопастей ротора создает нагрузки, которые усложняют проектирование фундаментов и, следовательно, увеличивают нагрузку для разработки более инновационных и экономически эффективных фундаментов и опорных конструкций.

Из-за наличия в России запасов природных ресурсов и относительно низкой их стоимости, альтернативной энергетике тяжело будет выйти на потребительский рынок. В ближайшее время имеет смысл развитие малой альтернативной энергетике, тем самым давая начало для ее роста. В России развитию ветроэнергетики, и альтернативной энергетике в целом должно поспособствовать именно государство.

Преимущество оффшорных ветряных турбин заключается в том, что они вырабатывает большое количество энергии в значительной степени, не мешают людям. Тем не менее, оффшорная ветряная энергия более дорогая и имеет ряд дополнительных недостатков. Ветряные турбины в море всегда будут менее доступны для обслуживания. Проблемы с морской жизнью еще могут возникнуть, и до сих пор неясно, насколько большие группы турбин повлияют на перелетных птиц.

Несмотря на тенденцию к использованию наземных ветряных установок на сегодняшнем рынке, существует несколько ограничивающих (потенциально серьезно ограничивающих) факторов, связанных с береговыми фермами: ветер на суше гораздо менее надежен, силен и постоянен, чем на море; аренда помещений и земли; жалобы на шум и визуальное загрязнение от близлежащих населенных пунктов [4].

Поскольку население мира продолжает расти, а доступное пространство на суше уменьшается, может показаться, что как только затраты на установку морских ветряных электростанций снизятся, они превзойдут наземный ветер как наиболее жизнеспособную, эффективную и рентабельную версию производства энергии ветра [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Азимов Т. А., Безнощук Л. Ю. Ветроэнергетика в России: анализ актуальности и перспективы развития // Молодой ученый. 2016. № 10 (144). С. 2.
2. Farnsworth A. Growth of offshore wind depends on affordable, reliable support infrastructure // WARTSILA. 2020. P. 2.
3. Fernández-Guillamón A., Kaushik D. Offshore Wind Power Integration into Future Power Systems: Overview and Trends // Journal of Marine Science and Engineering. 2019. № 7(11). P. 23.
4. Benedette C. Offshore vs. Onshore Wind Farms // AZO Cleantech. 2018. <https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=704>.
5. Brunel. <https://www.brunel.net/en/blog/renewable-energy/onshore-offshore-wind>. – Дата доступа: 05.03.2023.
6. Engie. <https://www.engie.com/en/en/activities/renewable-energies/wind-energy/offshore-wind-energy>.
7. Giles J., Menezes R. Offshore wind farm development // Fowind. 2018. P. 79.
8. Maritime Zone [Электронный ресурс]. <https://maritime-zone.com/news/view/offshore-wind-energy>.
9. Gowdar R.D. Problems and Prospects of Wind Energy Systems: Investors Perspective // Smart reviews. 2016. P. 6.
10. O'Sullivan R., Ramirez L. Offshore Wind in Europe. Denmark: WindEurope, 2021. 39 p.

Оценка токсичности наноматериалов по отношению к калифорнийским червям

Калюжный М. А., Лемешко П. В., студ. 3 курса

Науч. рук. – Болотин С. Н., канд. хим. наук, доц.

Кубанский государственный университет, г. Краснодар
paulinalemeshko@gmail.com

Магнитные наночастицы имеют большие перспективы в биомедицинских применениях, включая гипертермию, биосенсоры, магнитно-резонансную томографию (МРТ) и доставку лекарств [1]. На протяжении многих лет магнетит (Fe_3O_4) был наиболее изученным магнитным NPS. В последнее десятилетие стало легче разрабатывать новые и более эффективные типы магнитных наночастиц. Наночастицы феррита шпинели с общей формулой MFe_2O_4 (где М – двухвалентный катион Zn, Ni, Mn, Mg или Co) являются очень важными материалами из-за их интересных магнитных и электрических свойств с хорошей химической и термической стабильностью. Однако их биомедицинское применение в конечном счете может быть ограничено из-за ограниченных знаний о биологическом ответе этих наночастиц. Поэтому необходимо изучить биологическую судьбу и возможную токсическую реакцию магнитных наночастиц для их успешного применения в биомедицинской области.

В связи с этим целью работы является оценка воздействия наноматериалов на биологические объекты методом биотестирования.

В качестве материалов исследования были выбраны синтезированные образцы нано- и микроразмерного никель-цинкового феррита состава $\text{Ni}_{0,25}\text{Zn}_{0,75}\text{Fe}_2\text{O}_4$ (рис. 1), металлсодержащие нанопорошки оксида железа (II, III) (Fe_3O_4), феррита кобальта (II) (CoFe_2O_4) и феррита магния-кобальта ($\text{Mg}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4$).



Рис. 1. Нано- и микроразмерные образцы никель-цинкового феррита ($\text{Ni}_{0,25}\text{Zn}_{0,75}\text{Fe}_2\text{O}_4$) соответственно

Вопрос оценки токсичности металлсодержащих наночастиц активно решается методами биотестирования с использованием тест-организмов [2]. В нашем исследовании тестовыми объектами являлись калифорнийские черви (*Eisenia fetida* (Savigny, 1826)) (рис. 2).

Таблица 1

Характеристики образцов					
№ пробы	Формула порошка	Вид порошка	Цвет материала	Концентрация, мг/кг	Производитель
1	$\text{Ni}_{0,25}\text{Zn}_{0,75}\text{Fe}_2\text{O}_4$	Микропорошок	Умбра	2500	НОЦ КубГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов»
2				5000	
3		Нанопорошок	Шоколадный	2500	
4				5000	
5	Fe_3O_4	Нанопорошок	Черный	2500	
6				5000	
7	CoFe_2O_4	Нанопорошок	Терракота	2500	
8				5000	
9	$\text{Mg}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4$	Нанопорошок	Темно-коричневый	2500	
10				5000	

Методика исследования воздействия микро- и наноматериалов на тест-объекты заключается в наблюдении за калифорнийскими червями (*Eisenia fetida*), размещенных в стеклянных сосудах объемом 1000 мл в почве с pH от 5,5 до 7 массой 400 г. В каждую пробу были добавлены по 10 г тест-объектов.

В сосуды с почвой были добавлены микро- и нанопорошки с концентрациями 500 мг/кг и 2500 мг/кг (табл. 1); один сосуд оставался без внесения наночастиц. Почва в каждой пробе поливалась куриным бульоном по 40 мл в течение всего эксперимента. Каждые 24 ч мы проверяли массу калифорнийских червей и вели статистическую таблицу. Температура и влажность грунта измерялись при помощи анализатора почвы МEGEON 35300. Емкости проб находились в затемненном месте на протяжении всего наблюдения. Продолжительность опыта – 14 дней.

В результате проведенного опыта было выявлено, что калифорнийские черви набирали вес в среднем по 12 г в день под воздействием нано- и микрочастиц $Ni_{0,25}Zn_{0,75}Fe_2O_4$ на тест-объекты (рис. 2). В пробе, где не использовались образцы никель-цинкового феррита, тест-объекты набирали вес в среднем по 10 г в день. Летальных случаев не зафиксировано.

Пробы с содержанием наноматериала $CoFe_2O_4$ не имеют летальных исходов. Через 7 дней после начала эксперимента было выявлено, что калифорнийские черви набирали вес в среднем по 0,3 г в день.

Нанопорошок с составом Fe_3O_4 оказал негативное воздействие. В пробе с концентрацией 5000 мг/кг вес тест-объектов снижался в течение 4 дней. Критической точкой стала масса равная 7,91 г (рис. 3). Погибли 2 тест-объекта. В последующие дни наблюдался рост веса у калифорнийских червей и летальных случаев не было зафиксировано.

Наноматериал состава $Mg_{0,5}Co_{0,5}Fe_2O_4$ также оказал негативное воздействие. В пробе с концентрацией 5000 мг/кг вес тест-объектов снижался в течение 4 дней. Критической точкой стала масса равная 6,71 г (рис. 3). Погибли 3 тест-объекта. В последующие дни наблюдался рост веса у калифорнийских червей и летальных случаев не было зафиксировано.

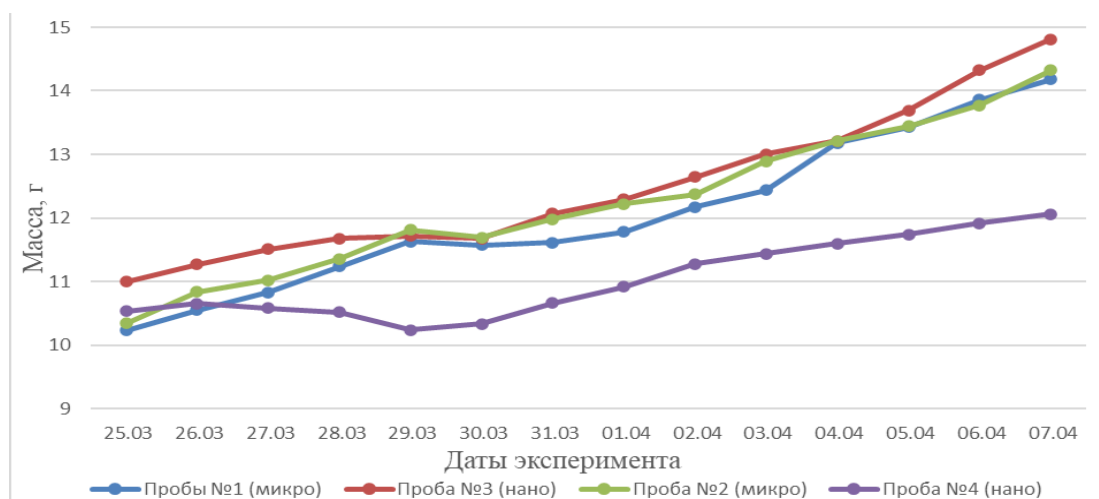


Рис. 2. Изменение массы тест-объектов под воздействием $Ni_{0,25}Zn_{0,75}Fe_2O_4$

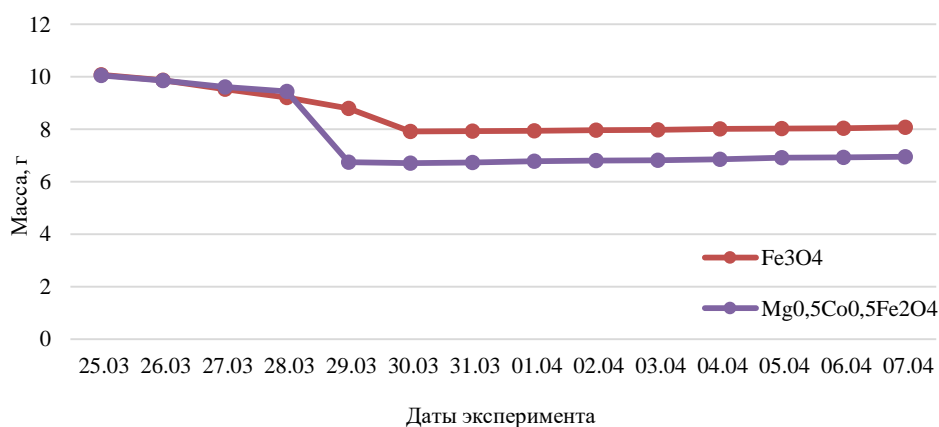


Рис. 3. Изменение массы тест-объектов под воздействием Fe_3O_4 и $Mg_{0,5}Co_{0,5}Fe_2O_4$

Исходя из проведенных исследований, можно подвести итог, что нано- и микропорошок никель-цинкового феррита состава $Ni_{0,25}Zn_{0,75}Fe_2O_4$, $CoFe_2O_4$ не оказывают негативного влияния на выживаемость и жизнедеятельность калифорнийских червей (*Eisenia foetida*) в отличие от Fe_3O_4 и $Mg_{0,5}Co_{0,5}Fe_2O_4$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Томила И. И., Гремячих В. А., Гребенюк Л. П., Головкина Е. И., Клевлеева Т. Р. Токсикологическое исследование металлических и металлооксидных наночастиц // Труды ИБВВ РАН. 2017. Вып. 77(80). С. 105–123.
2. ГОСТ 33036-2014. Межгосударственный стандарт. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение острой токсичности для дождевых червей.

Экологический мониторинг: оценка состояния качества воды методом биологической индикации

Калыгина Т. А., Крапивникова О. В., Меркулова М. А.

Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, г. Рязань
krapivnikova2012@yandex.ru

Оценка качества воды на сегодняшний день остается одной из острейших проблем охраны природы и экологии человека, так как тот этого напрямую зависит не только текущее состояние здоровья человека, но и состояние его генетического материала и генофонда популяций человека. Загрязнение водных ресурсов в настоящее время столь сложно по своему составу, что вызывает естественное опасение населения по ряду аспектов. Во-первых, это питье воды, но для данного аспекта важнее предпринимаемы государством меры очистки промышленных вод и контроля этой деятельности предприятий. Во-вторых, качество водопроводной воды для различных нужд. Однако есть другие моменты, связанные с частной деятельностью людей, каждого отдельного человека: купание в водоемах, постройка жилья, садоводство и огородничество, рекреационные мероприятия и отдых, которые вызывают не меньшее, а возможно большее беспокойство населения.

Следует отметить, что понимание данной проблемы на уровне государственных и муниципальных органов власти сформировано на определенном уровне. Несмотря на постоянную критику, вложения в охрану природы и ее восстановление предусмотрены в местных бюджетах [3]. Сравнение структуры данных вложений в регионах Центрального Федерального округа (ЦФО) показало, что в большинстве областей важнейшие по объему расходы заложены в охрану и восстановление лесов и водных ресурсов. В ряде областей очистка воды – основная статья расходов в области природопользования.

Таким образом, просматривается проблема оценки качества воды, причем не только физико-химическими методами, которые требуют специального оборудования, реактивов, квалификации персонала, но и экспресс-методами. Именно они дают возможность быстро и доступно произвести оценку качества воды не только в промышленных масштабах, но и проанализировать небольшие водоемы, используемые локально в небольших населенных пунктах для купания и отдыха. Кроме того, подобное исследование привлекает интерес не только экологической общественности, но и студенчества, научных работников кафедр университетов различного профиля. Это позволяет привлечь к научным исследованиям молодежь, что имеет важнейший образовательный и воспитательный аспект. Прямое отношение к экологическим исследованиям имеет медицинское образование, так как от качества воды напрямую зависит здоровье человека.

Цель настоящей работы – исследование качества воды различных водоемов методом биологической индикации (определение индексов Вудивисса и Майера).

В основе нашей работы лежит принятое в экологии представление, что любая водная экосистема, находясь в равновесии с факторами окружающей среды, имеет сложную систему подвижных биотических связей, которые нарушаются при действии неблагоприятных факторов среды. Влияние различных видов загрязнений отражается на видовом составе водных сообществ и соотношении численности слагающих их видов. Исследуя видовой состав, соотношение различных видов организмов, их динамику, можно уже на качественном уровне сделать вывод об экологическом благополучии водного биогеоценоза.

Контроль состояния водных экосистем осуществляется по физико-химическим характеристикам, но в последнее время более широкое распространение получают методы оценки биологических показателей: особенности структуры сообществ, соотношение отдельных видов фауны. Именно на это нацелены применяемые нами индексы Вудивисса и Майера.

Первый позволяет оценить степень загрязнения по видовому разнообразию и показательному значению таксонов в биологических индексах, которые определяются по таблицам [1] и в значительной мере основываются на индикаторном значении личинок насекомых. Это один из надежных и достоверных, широко

используемых методов биологической оценки качества воды. Метод учитывает одновременно два параметра: общее разнообразие беспозвоночных и наличие в воде водоемов организмов индикаторных групп. Под термином индикаторной группы понимается наличие организмов макрозообентоса, которые определяются до систематического таксона рода или более крупной систематической категории. Индекс может быть использован лишь для исследования рек умеренного пояса и дает оценку их состояния по пятнадцатибальной шкале. Для реализации метода Вудивисса проводятся как дночерпательные пробы, так и пробы, отобранные с помощью сачка.

Исследование проведено в летний период, взяты пробы воды и грунта реки Дырочная Калужской области, характеризующейся пологими берегами и илистым дном. Отбор грунта производился через каждые 10 м береговой линии при помощи металлической банки с диаметром дна 14 см, сборы водных организмов производили на камнях и корягах, поднятых со дна водоема. Обнаруженных животных помещали в чашки Петри, выборку производили визуально; для определения видового состава использовали «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части страны» и атлас сапробных организмов из унифицированных методов исследования качества воды.

Во время исследования реки Дырочная в пробах были обнаружены представители чувствительных к загрязнению индикаторных групп – нимфы поденок (одного вида Ephemeroptera) и личинки ручейников (Trichoptera).

Кроме видового состава оценивалось общее разнообразие найденных организмов путем определения количества обнаруженных в пробах групп животных. За группу принимался каждый известный вид водных животных. Были отмечены представители 8 различных групп: личинки насекомых (поденок, ручейников, комаров рода *Culex*, комара-звонца, стрекоз), представитель равноногих ракообразных водяной ослик, различные виды брюхоногих моллюсков, водяной клоп водомерка.

Определив количество групп и видовой состав животных в пробах, по таблицам находится индекс Вудивисса. Если водоем получает 0–2 балла, это свидетельствует о его сильном загрязнении, данный водоем относится к полисапробной зоне. Водное сообщество в таком водоеме находится в сильно угнетенном состоянии. Оценка в 3–5 баллов говорит о средней загрязненности водоема (альфа-мезосапробный водоем), а в 6–7 баллов – незначительной загрязненности (бета-мезосапробный); чистые реки (олигосапробные) обычно имеют оценку в 8–10 баллов.

В своем исследовании мы получили индекс, равный 6 баллам, что свидетельствует о принадлежности водоема к бета-мезосапробной зоне. Наличие в пробах поденок и ручейников – групп наиболее чувствительных к загрязнению организмов, подтверждает умеренно загрязненное состояние реки, которое возможно связано с попаданием сточных водоочистных сооружений, находящихся рядом с рекой.

Нами применен также индекс Майера [2], представляющий собой доступную методику, при которой нет необходимости определять беспозвоночных с точностью до вида. В основе метода лежит принцип обитания различных групп беспозвоночных в водоемах с определенным уровнем загрязнения. Организмы-индикаторы отнесены к одному из трех разделов (табл. 1).

Таблица 1

Индекс Майера в оценке качества воды

Обитатели чистых вод	Организмы средней степени чувствительности	Обитатели загрязненных водоемов
Нимфы веснянок	Бокоплав	Пиявка
Нимфы поденок	Речной рак	Водяной ослик
Личинки ручейников	Личинки стрекоз	Личинки мошек
Личинки вислокрылок	Личинки комаров-долгоножек	Личинки комаров-звонцов
Двустворчатые моллюски	Моллюск-кагушка	Моллюски прудовики
	Моллюск-живородка	Малощетинковые черви

Для вычисления индекса Майера мы отметили, какие из приведенных организмов обнаружены в пробах воды. Количество обнаруженных групп первого раздела умножено на 3, а количество групп второго раздела – на 2, третьего раздела оставить без изменений. После суммирования получено число, которое и является индексом Майера (характеризующее степень загрязненности). Если полученная сумма более 21, водоем относится к 1 классу качества, 17–21 – ко второму классу качества. Первые два класса качества характеризуют олигосапробный водоем. Сумма в 11–16 баллов говорит о третьем классе качества (бета-мезосапробном водоеме). Все значения ниже 11 характеризуют водоем как загрязненный (альфа-мезосапробный или полисапробный).

С помощью индекса Майера нами проведено исследование проб воды, взятых из пруда города Узловая Тульской области глубиной 3–4 м, длиной около 400 м и шириной около 100 м. Берег пруда пологий, дно илистое. В водоеме водятся несколько видов рыб (карась, плотва, пескарь, уклейка), прудовая лягушка, тритон обыкновенный, ондатра.

Пробы гидробионтов отбирались с помощью сачка со дна, водной растительности, коряг, камней. Для повышения достоверности данных пробы брались в разных частях водоема в количестве 6. Пойманные организмы помещались в чашки Петри и кюветы.

Видовой состав обнаруженных организмов представлен в таблице 2.

Количество обнаруженных групп организмов перемножены согласно выше изложенным правилам, в результате чего индекс Майера имеет значение 17, что свидетельствует о втором классе качества воды.

Таким образом, при помощи методики нахождения индекса Майера установлено, что пруд города Узловая Тульской области имеет второй класс качества воды и может быть охарактеризован как олигосапробный, практически не загрязненный. Антропогенная нагрузка на водоем незначительная. Обращает на себя внимание и тот факт, что город Узловая – небольшой по численности населения, возможно, именно этот факт объясняет высокое качество воды в городских водоемах. Однако, величина города – не основной показатель того, что его водные ресурсы должны быть незагрязненными. Чистота водных ресурсов – интегральный показатель, включающий и работу предприятий, и наличие очистных сооружений, и, что не менее важно, человеческий фактор, экологическое воспитание, стремление сделать город чистым.

Таблица 2

Организмы-индикаторы, обитающие в пруду г. Узловая

Обитатели чистых вод	Организмы средней степени чувствительности	Обитатели загрязненных водоемов
Личинки ручейников	Речной рак	Пиявка
	Личинки стрекоз	Личинки мошек
	Личинки комаров-долгоножек	Личинки комаров-звонцов
	Моллюск-кагушка	Моллюски прудовики
	Моллюск-живородка	

Описанные методы оценки качества воды вполне доступны и применимы для оперативной оценки антропогенной нагрузки по реакции на нее живых организмов и их сообществ и позволяет судить вполне достоверно о качестве воды. Эти методы не только дополняют физико-химические методы оценки качества воды водоемов, но в ряде случаев являются основными методами экологического мониторинга.

Полученные данные могут быть применены для комплексной оценки влияния абиотических факторов технологических процессов на живые организмы в естественных условиях. В данной работе методы применены для описания малых рек, однако в дальнейшем определяется перспектива исследования эффективности очистных сооружений, а также оценка качества воды в более крупных водоемах, расположенных вблизи промышленных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кушникова Л. Б. Модификация биотического индекса Вудивисса для водотоков бассейна верхнего Иртыша // Гидрометеорология и экология. 2010. № 1. С. 163–169.
2. Матюкас К. Определение качества воды по донным организмам. Клайпеда, 2005. 87 с.
3. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический бюллетень. М., 2021. 110 с.

О роли животных в жизни людей эпохи неолита

Киреева О. А.

НП Творческий центр «Доверие», г. Москва
ekotvorec@yandex.ru

На протяжении многих веков человек заботился о животных и задействовал их в своей жизнедеятельности. И чем суровее были климатические условия, в которых приходилось существовать человеку, тем чаще он обращался к помощи животных. Но и сегодня, в эпоху информационных технологий, мы по-прежнему остро нуждаемся в представителях фауны, используя их практически во всех сферах жизни.

В настоящее время межвидовое взаимодействие «человек-животное» – активно исследуемая проблематика; ее изучают с точки зрения зоопсихологии, экопсихологии, социальной и исторической экологии, зоокультуры, и других междисциплинарных научных направлений. В данном исследовании взаимовлияние людей и животных рассматривается в русле исторической экологии, которая изучает воздействие человека на экосистему в ретроспекции.

Целью работы является выявление значимости животных в первобытном обществе в период нового каменного века (неолита).

Разные культуры вступили в этот период развития в свое время. Например, на значительной части Европейского континента неолит наступил около 6–5 тыс. лет до н. э., а в регионе Ближнего Востока – около 9500 лет до н. э. Период неолита характеризуется важнейшими изменениями в жизнедеятельности первобытного человека – в самом его начале был осуществлен переход от присваивающего типа хозяйствования к производящему. В конце периода отмечено появление металлических орудий труда и оружия. Для того, чтобы проследить изменения роли животных в жизни первобытного человека, нам представляется уместным далее обобщать основные характеристики исследуемого периода.

Потребности первых людей не были так разнообразны, как у наших современников, и все же некоторые из них, витальные, существовали всегда. Для выполнения повседневных дел человек должен быть сыт; иметь одежду – чтобы не мерзнуть, и надежное укрытие – чтобы не опасаться за свою жизнь.

Анализ археологических находок и научных источников дает представление о существовании первобытного общества в период неолита. Борясь за выживание, первые люди уже должны были различать виды животных, знать их образ жизни, повадки и места обитания [1]. Но стихийная охота, равно как и собирательство, лишь отчасти удовлетворяли потребности человека в пище – это явилось предпосылкой для приручения диких зверей.

Считается, что покорение животных человеку проходило четыре стадии (Г. К. Отрыганьев). Вначале пойманный зверь содержался в загоне, но продолжал оставаться диким; далее начиналось его приручение, знаменующее начало межвидового взаимопонимания.

Плененные животные, рожденные дикими, в неволе почти не размножались, ведь условия, созданные человеком, были неестественны и противоречили физиологии, потребностям зверей. Поэтому домашними назвать их было нельзя.

На третьей стадии отмечается привыкание, приспособление животного к неволе и, что очень важно, – последующее за этим размножение в искусственных условиях.

Заключительная стадия «начинается с возникновения у прирученного животного потребности в постоянной заботе человека, в определенных питательных кормах и особых условиях содержания» [2, с. 15].

Дополнить картину одомашнивания (одомашнивания) животных помогает обращение к зоокультуре. Так, О. С. Габузов пишет о четырех ступенях зоокультуры, которые соответствуют «различным степеням проявления заботы человека о диких животных»: «1 – регламентация использования; 2 – улучшение условий обитания и размножения в естественной среде; 3 – содержание в неволе или полувольных условиях при интенсивной заботе человека (содержание, кормление, разведение, сохранение здоровья); 4 – разведение одомашнированных животных» [3].

Точное время одомашнивания братьев наших меньших определить довольно сложно, а имеющиеся по этой теме результаты исследований основаны, в основном, на археологических находках и расшифровках ДНК (секвенировании генома).

Считается, что первыми одомашненными животными на территории Евразии стали собаки. Случилось это еще в эпоху палеолита – по одним источникам в 13–34 тыс. лет назад [4], по другим – 15–10 тыс. лет назад [3], когда от некоего общего предка собаки и волка (как считал К. Линней) или от диких волков и шакалов (по теории К. Лоренца) отделились собаки, и прирученные, стали служить человеку. Почему именно они?

Во-первых, и волки, и собаки считаются т.н. эврибионтами («греч. *Eври* – «широкий» и *βιον* – «живущий») – т.е. наделенными способностью выдерживать значительные изменения условий окружающей среды, быстро адаптироваться к неблагоприятным условиям жизни. Во-вторых, человек довольно быстро оценил по достоинству ум, чутье, выносливость, возможные сторожевые качества, даже шерсть *Canis familiaris* – и научился извлекать для себя пользу. Не исключено также, что первые земледельцы заводили собак ради употребления в пищу, а охотники – для помощи в преследовании добычи.

Далее с небольшой разницей во времени были одомашнены: овца, коза, свинья и корова (9000–8300 лет до н.э.) [4] – и по сей день составляющие основу животноводства.

Доместикация повсеместно поставила прирученных животных в зависимое от человека положение в плане питания и размножения, ведь они почти перестали скрещиваться с дикими сородичами, а также демонстрировали изменение ряда анатомических и физиологических признаков [4]. Но это была обоюдная зависимость: благодаря домашним животным, люди были сыты и одеты, могли успешно отразить нашествие недругов и т.д.

Известно, что неолит – апогей развития матриархата, когда роль женщины была необычайно высока и в ее руках были сосредоточены земля, поля, урожай [5]. Разумеется, как более физически слабая от природы, женщина нуждалась в помощи на изнурительных полевых работах. И мужчины, видимо, немало способствовали облегчению ее труда – ведь именно тогда появились плужные орудия, которые использовались

для упряжи животных при обработке земли. Таким образом, рабочий скот преимущественно был задействован на работах, связанных с земледелием, а также использовался как транспортное средство.

Для ряда зон ведущим видом хозяйства становится не только собирательство, охота на зверя и рыболовство, но и животноводство, что дало возможность людям кочевой образ жизни сменить на оседлый. В свою очередь, развитие домашнего животноводства улучшило качество питания, и как следствие – увеличило продолжительность жизни первых людей.

В. В. Ставицкий делает поправку на то, что в лесных зонах «демографический рост неолитического населения, увеличение численности было, прежде всего, обусловлено благоприятными природными условиями атлантического оптимума», а в культурах Юга – «совершенствованием орудий и способов добычи пищи» [6, с. 171]. Действительно, было выявлено совпадение между ранним вхождением носителей культуры в период неолита с районами распространения широколиственных (и отчасти широколиственно-хвойных подтаежных) лесов. Это связано с «большим количеством массовых видов птиц и млекопитающих по сравнению с другими ландшафтными зонами» [7, с. 11].

Забываясь о диких животных, человек одновременно получил ощутимую помощь в хозяйстве, что делало возможным меньшими усилиями удовлетворить основные потребности: в итоге человек мог посвящать больше времени иной, в том числе, культуротворческой деятельности.

На основе анализа этнографических источников и описанных археологических находок попробуем представить *собирательный* образ человека неолита. Для получения пропитания неолитянин все еще охотится на оленей, косуль, бизонов, лис, кабанов. Одомашненный скот, в зависимости от климатических условий держит в специальных загонах или хранилищах с кормом. Для пошива одежды человек использует кожу и мех животных. Так, североамериканский индеец носит одежду и обувь из дубленой кожи и замши [8]. Из клыков кабана человек может сделать нож, из кости – наконечники для дротиков; из рога оленя – киркоподобные мотыги, которые использовал и ранее [7]. Однако есть и усовершенствование: впервые появились «мотыги из трубчатых костей с лезвием, поставленным поперек отверстия для рукояти» [7, с. 24].

Уже освоены многие ремесла: обработка кожи и меха; резьба по кости (например, известно, что население иеневской культуры обрабатывало дерево, кость и шкуры каменным инвентарем [7]); ковроткачество из войлока и другие. Считается, что одной из предпосылок технологии ткачества послужило изобретение рыболовных сетей.

Валяние войлока, основным сырьем для которого служит овечья (верблюжья, козья) шерсть, становится возможным ближе к концу неолита – значит, человек может хорошо утеплить и себя, и жилище. Например, азиатские племена при изготовлении юрты стены ее утепляли белым войлоком [8, 9], «поверх перевязывали красивыми плетеными шерстяными веревками из конского хвоста» [9, с. 305]. Земляной пол застилали войлочными ковриками, которые украшались обшитой цветной тканью (там же).

Постепенно оформились самостоятельные направления искусства: монументальная (наскальная) живопись, мелкая пластика, прикладное искусство – которые имели различия у земледельцев и охотников-рыболовов, собирателей. Между тем сильное влияние животных на творческую деятельность человека можно назвать некоторым объединяющим началом.

Из материалов животного происхождения человек создает полезные в быту изделия; украшает утварь и жилище. Так, сохранились персидские керамические горшки, в орнаменте которых использованы мотивы птиц и млекопитающих (энеолитическая керамика 5000–3500 гг. до н.э.) [10], месопотамский серебряный преклоненный бык с сосудом (3000 лет до н.э.) (там же).

Животные служат вдохновением для первых художников и музыкантов: в китайском Провинциальном институте археологии Ляонин, г. Шеньян, сохранилось ювелирное украшение (подвеска) «Свинья-дракон» датируемая 3800 г. до н.э. [10]. В долине Желтой реки (Китай) были найдены «33 флейты цзяху, вырезанные из костей крыльев журавлей» (7000–5700 до н.э.). Они входят в число старейших музыкальных инструментов в мире [10].

Неолитянин изучает целебные свойства сырья животного происхождения, изготавливая из него лекарства. Например, шумерские знахари использовали в своей практике: «молоко, внутренние органы водяных змей, панцирь черепахи, шерсть» [11, с. 44]. Там же, в Месопотамии, изучают анатомию человека посредством рассечения жертвенных животных.

Наблюдения за животными в немалой степени служат развитию у первобытного человека мифологического сознания – оно помогает из хаотичной мозаики знаний создать более цельную картину мира. Представители фауны выполняют важную роль в развитии у людей системы верований в сверхъестественные божества. Представления, связанные с тотемизмом и анимизмом первые люди передают из поколения в поколение. По-прежнему охотясь на животных, одновременно почитают их, наделяя некоторых из своих божеств зооморфным обликом.

Таким образом, в период неолита животные представляли для человека ценнейший ресурс; в той или иной степени, представители фауны участвовали во всех сферах жизнедеятельности человека, реализуя товарно-сырьевую, грузовую, транспортную, охранную, оздоровительную, культурно-досуговую функции. Через наблюдение за жизнью диких животных, и последующие за этим приручение и domestикацию, *Человек заботящийся* со временем смог подняться на качественно иной уровень своего цивилизационного развития, что позволяет считать присутствие животных рядом с человеком их высокой миссией на Земле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сотникова Е. Б. Историческая экология. Часть I. Елец, ЕГУ И. А. Бунина, 2015. 72 с.
2. Отрыганьев Г. К. Как приручили животных. М., Колос, 1972. 128 с.
3. Габузов О. С. Зоокультура. М., ФГОУ ВПО МГАВМиБ им. К. И. Скрябина, 2003. 210 с.
4. Wallach O. Timeline: The Domestication of Animals // Agriculture. July 22, 2022. URL: <https://www.visualcapitalist.com/the-domestication-of-animals/> (дата обращения: 22.04.2023).
5. Буданова В. П. История мировых цивилизаций. М., Эксмо. 2005. 280 с.
6. Ставицкий В. В. К вопросу о единстве критериев неолитической эпохи для культур Севера и Юга // Самарский научный вестник. 2014. №3 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-edinstve-kriteriev-neoliticheskoy-epohi-dlya-kultur-severa-i-yuga> (дата обращения: 22.04.2023).
7. Археология. Неолит Северной Евразии. Под ред. Б. А. Рыбакова, С. В. Ошибкина. М., Наука, 1996. 379 с.
8. Материальная культура. Под ред. Ю. В. Бромлея, Г. Штробах. Вып.3. М., Наука, 1989. 224 с.
9. Шойдук Л. Ш. Юрта – древнее жилище тувинцев // Искусство Евразии. 2019. №3 (14). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/yurta-drevnee-zhilishe-tuvintsev> (дата обращения: 21.04.2023).
10. Коллинс Н. Искусство неолита. URL: <https://gallerix.ru/pedia/prehistoric-neolithic-art/?ysclid=lgr1z7xswz376584308> (дата обращения: 22.04.2023).
11. Сорокина Т. С. История медицины». М., Academia, 2008. 560 с.

Проблема сохранения и восстановления фонда лекарственных растений на территории Чувашии

Кириллов Н. А., Григорьев С. Н., Яковлева Л. М.

Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Чебоксары
kna27zergut@mail.ru

Чувашская Республика (ЧР) обладает существенными растительными природными ресурсами в виде лекарственного сырья. Тем не менее, из-за увеличения антропогенной нагрузки (ЧР входит в число регионов-лидеров по плотности населения) здесь велика угроза нарушения экологического баланса и стабильности ее экосистем в плане сохранения биологического разнообразия растительного и животного мира. На фоне негативного вмешательства человека в экосистему некоторым видам растений грозит уменьшение ареала или реальное исчезновение. Поэтому проблема рационального использования природных ресурсов остается актуальной и для ее решения необходимо принимать срочные меры по охране и восстановлению их запасов [1–2]. Только при научно-обоснованном планировании и организации проведения сбора естественной растительности, запасы дикорастущего сырья можно сохранить на неизменном уровне. Тем не менее, недостаток отечественных лекарственных средств заставляет увеличивать объемы заготавливаемого лекарственного для удовлетворения потребностей фармацевтического рынка России [3–4].

Сегодня из необходимых более чем 50000 тонн растительного сырья в России заготавливается менее двадцати тысяч тонн, а недостающая часть импортируется из других стран. Чтобы удовлетворить растущий спрос фармацевтических компаний в условиях введения санкций со стороны США и их союзников, и в то же время сохранить природные ресурсы, биоразнообразие для будущих поколений, необходимо развивать лекарственное растениеводство [1–2; 5–13]. На решение этой проблемы и направлено данное исследование.

Целью исследования стало совершенствование технологии возделывания важнейших видов лекарственных растений, использование которых в качестве лекарственного сырья может привести к сокращению ареалов их распространения. В число задач были включены и вопросы повышения эффективности заготовки и качества лекарственного сырья.

Объектами исследования стали наиболее востребованные виды лекарственных растений, встречающихся в диком виде на территории ЧР или способные произрастать в агроклиматических условиях Среднего Поволжья, а материалом – специальная литература и результаты собственных исследований.

Известно, что растения оказывают непосредственное влияние (стимулирующее или угнетающее) на соседние, защищая их от распространения болезнетворных инфекций и отпугивания вредных насекомых неприятным для вредителей запахом или же, подавляя их развитие через почву, непосредственный контакт

и воздушное пространство (например, через выделение фитонцидов). Предшествующие растений также влияют на развитие последующих через изменение физико-химических и биологических свойств почвы (обогащение ее или обеднение макро- и микроэлементами, разрыхление или уплотнение). Корни растений также осуществляют в почве разнообразную работу через непосредственное взаимодействие на почвенную микрофлору, изменение химико-физических параметров почвы и синтез широкого ряда органических соединений [2–5].

Деятельность корневой системы можно оценить общим весом корней, которая составляет от пяти до 10% от массы всего растения. В корневой системе накапливается запас витаминов, сахаров, органических кислот, ферментов, гормонов, фенольных соединений, что делает их ценным видом лекарственного сырья. Некоторые фенольные соединения, выделяемые корнями, определяют токсичность растений по отношению к другим растениям или организмам-вредителям. Способность выделять фитонциды человек научился применять для борьбы с насекомыми-вредителями и микроорганизмами. Так, чабрец и шалфей способны заглушить запах капусты, защищая тем самым овощное растение от вредителей; базилик – защитить бобовые культуры от бобовой зерновки; чеснок – розы от тли; петрушка – спаржу от поедания листогрызущими и сосущими насекомыми. Даже горькая полынь способна отпугивать муравьи, капустную и морковную муху, яблоневую плодоядку, земляных блошек, белокрылку, а мята перечная – тлю, земляных блошек, муравьев, гусениц капустницы и белокрылку. Пижма может защитить овощи от гусениц гусениц капустницы, чеснок – личинок капустной мухи и яблоневой плодоярки; котовник, кориандр, настурция, пижма и бархатцы – от колорадского жука. Даже мульча из листьев и коры дуба может защитить сады и огороды от нашествия слизней, гусениц и личинок садового хруща.

Это не полный список полезных свойств лекарственных растений, внедрение которых в составы севооборотов позволяет создать устойчивые агроэкологические системы, позволяющие выращивать экологически чистую продукцию без использования химических удобрений, пестицидов, регуляторов роста растений и ГМО для сохранения здоровья человека.

Тимьян ползучий (богородская трава, чабрец) входит в число лечебных трав, почитаемых жителями Чувашии в качестве компонента чая, лекарственного сырья, декоративного растения для создания лужайки, украшения альпийских горок и каменных садилов [3]. До последнего времени тимьян ползучий можно было встретить на территории Ибресинского района Чувашской Республики в диком виде вдоль реки Хома, но в ходе строительства автомобильной магистрали М-12 ареал распространения чабреца полностью был уничтожен и теперь его можно увидеть лишь в частных коллекциях любителей природы, в том числе, в коллекции лекарственных растений Чувашского аграрного университета.

Для сохранения этого ценного вида лечебной травы нами были отобраны наиболее жизнеспособные кустики (дернинки) до начала строительства дороги и перевезены на территорию Чебоксарского района для последующего культивирования и распространения по территории Чувашии. Ценность данного растения определяется содержанием в составе побегов тимола (0,212–1,013%), карвакрола (0,086–1,403%), фенолов (0,374–1,615%). В официальной медицине трава тимьяна разрешена к применению в качестве средства отхаркивающего, противомикробного, антифунгального и анальгетического средства. На основе экстрактов травы чабреца выпускается «Бронхипрет» в форме оральных капель, сиропа и таблеток.

Из-за активной хозяйственной деятельности сужаются и ареалы распространения душицы обыкновенной, в цветках, листьях и стеблях которой содержатся дубильные вещества, аскорбиновая кислота (до 565 мг%), горечи, флавоноиды и фитонциды. Обладая приятным запахом, душица входит в состав многих БАДов, грудных, ветрогонных и потогонных сборов, комбинированных лекарственных препаратов для лечения печени и желчного пузыря, почечных и печеночных коликов, улучшения сна, лечения депрессии и нервных расстройств. Экстракт душицы в составе препарата Уролесан (Urolesanum), применяется в урологической практике [6–9].

Для сохранения природных ареалов душицы экологами и любителями природы ведется непрерывная работа с населением республики. Так, нами для получения семян и посадочного материала для последующей реализации населению на территории Чебоксарского района организован коллекционный участок этого растения на площади 40 соток. Поводом для организации питомника послужила низкая всхожесть (менее 5%) семян душицы, представленная в специализированных магазинах и на рынке. Благодаря организации коллекционного участка у жителей республики появилась возможность приобретения семян и посадочного материала (рассады и кустов) душицы для последующего культивирования на приусадебных и дачных участках. Теперь это лекарственное растение можно встретить даже в городских скверах и парках, на многих дачных и приусадебных участках, и есть надежда, что и наши потомки будут любоваться и использовать чабрец для лечения и профилактики болезней разной этиологии.

К числу растений, занесенных в Красную Книгу ЧР, относится валериана лекарственная, которая встречается во влажных местах, пойменных лугах, опушках леса, канавах, на местах торфоразработки, тенистых оврагах нескольких районов Чувашии (например, Ибресинского, Ядринского, Алатырского и

Порецкого). На территории заказника республиканского значения в Порецком районе, заказника местного значения в Ядринском районе, Алатырском участке государственного природного заповедника «Присурский» и парке «Заволжье» валериана лекарственная входит в список охраняемых видов растений. Из-за угрозы полного исчезновения студентами Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева ведется планомерная работа по культивированию и реинтродукции валерианы лекарственной.

С учетом присущей валериане высокой экологической пластичности и спроса на семена и посадочный материал данной лечебной травы, нами проведены опыты по совершенствованию технологии ее возделывания на территории Чебоксарского района ЧР.

Известно, что валериана предпочитает увлажненные условия произрастания, хотя может вынести и долгую засуху благодаря способности корневой системы оставаться живыми без доступа воды. Почвы Чебоксарского района характеризуются тяжелым суглинистым составом и структурой, с низким содержанием гумуса. На таких почвах получать высокие урожаи корневищ проблематично, но они пригодны для возделывания в целях получения семян и посадочного материала.

Семена валерианы, как показали результаты опытов по прямому высеву непосредственно в поле, не отличаются высокой всхожестью. Поэтому нами был выбран рассадный способ культивирования. Подготовку почву под будущую рассаду лечебной травы начинали с осени, с внесения навоза из расчета 60 т/га под вспашку. Предшественником валерианы был выбран ранний картофель. Вспашку проводили на глубину 20–23 см, а весной перед пересадкой рассады производилась культивация с боронованием на глубину 12–15 см. Данный способ обработки почвы позволяет избавиться от появившихся проростков сорной растительности. Перед культивацией в почву вносилось минеральное удобрение из расчета $N_{45}P_{60}K_{45}$. Пересадку рассады на заранее подготовленные делянки производили в первой декаде июне с шириной междурядий в 60 см. В конце июля проводили подкормку полным минеральным удобрением ($N_{30}P_{30}K_{30}$).

Уход за растениями в течение лета заключался в удалении сорных растений путем проведения 2–4 культиваций и ручной прополки, а также поливов по мере засыхания почвы. На второй год вегетации уход за растениями начинали с ранневесеннего боронования, после которого через две недели проводили подкормку полным минеральным удобрением и культивацию междурядий. В дальнейшем, в течение всей второй вегетации, культивацию междурядий проводили по мере появления сорных растений (4–5 раз). Уборку корневищ производили с помощью картофелекопателя. Урожайность корневищ в нашем опыте составила 25,4 ц/га.

Таким образом, на основании проведенной работы можно заключить, что антропогенная деятельность человека, включая и неконтролируемую заготовку лекарственного сырья, может привести к истощению запасов или полному исчезновению отдельных видов растений в регионах с высокой плотностью населения. Поэтому для сохранения видового разнообразия лекарственных растений требуется участие экологов в проведении профилактических работ среди населения по способам культивирования наиболее востребованных видов лечебных трав на дачных участках и личных подсобных хозяйствах, а научно-образовательным учреждениям – организовать работу по возделыванию редких и исчезающих видов с последующей реализацией семян и посадочного материала населению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас лекарственных растений России / Под ред. В. А. Быкова. М.: РАСХН, ВИЛАР, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, 2006. 345 с.
2. Аутко А. А., Позняк О. В. Эффективность применения минеральных и органических удобрений при возделывании пряно-ароматических и лекарственных растений // Почвоведение и агрохимия. 2005. № 1. С. 157–161.
3. Бубенчикова В. Н., Старчак Ю. А. Изучение морфологического и анатомического строения измельченного сырья и порошка травы чабреца *Thymus serpyllum* L. // Традиционная медицина. 2012. № 4 (28). С. 47–50.
4. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: Ланар, 1995. 224 с.
5. Интродукция лекарственных растений. Лекарственное растениеводство. Обзорная информация. М.: ЦБНТИ Минмедпром, 1982. Вып. 4. С. 2–52.
6. Кириллов Н. А., Дмитриева О. Ф., Фадеева Н. А. Сроки посева при промышленном производстве лекарственных трав // Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации: Материалы Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 15 февраля 2022 года. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2022. С. 21–23.
7. Кириллов Н. А., Григорьев С. Н. Внедрение лекарственных растений в полевые севообороты // Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России: Материалы II Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 09 сентября 2022 года. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2022. С. 50–52.
8. Кириллов Н. А., Дмитриева О. Ф., Фадеева Н. А. Влияние сроков посева при выращивании лекарственных растений // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 15 ноября 2021 года. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2021. С. 108–112.
9. Кириллов Н. А., Александров В. В. Особенности культивирования лекарственных растений и использования их человеком. Чебоксары: ВФ МАДИ, 2018. 126 с.

10. Кириллов Н. А., Григорьев С. Н. Пути решения проблемы сохранения редких и исчезающих видов лекарственных растений // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2023. Т. 19. № 1. С. 80–87.
11. Петрова М. С., Кириллов Н. А. Перспективы использования лекарственных растений при изготовлении фармакологических препаратов // Студенческая наука – первый шаг в академическую науку: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10–11 классов. Чебоксары, 03–04 марта 2022 года. Часть 1. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2022. С. 585–587.
12. Фадеева Н. А., Кириллов Н. А. Лекарственные растения в аграрном бизнесе // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2022. № 4(23). С. 15–19.
13. Фадеева Н. А., Кириллов Н. А., Григорьев С. Н. Проблема подготовки специалистов в области интродукции и культивирования лекарственных растений // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции Чебоксары: ЧГАУ. 2022. С. 219–222.

Биоиндикация состояния воздушной среды в Кировском административном округе города Омска по состоянию морфологических признаков хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*)

Колесов А. В., студ. 3 курса

Омский государственный педагогический университет, г. Омск
sdasfin@gmail.com

Вследствие вовлечения техногенного процесса в жизнь людей, экологическая ситуация в мире с течением времени становится хуже. Окружающая среда непосредственно влияет на состояние как человека, так и экосистем, иногда вызывая непоправимые изменения, вплоть до разрушения целой экосистемы. Деятельность человека привела к изменениям, которые выражаются в нестабильности и непостоянстве привычных экологических систем [4].

Антропогенное влияние воздействует на все компоненты природных экосистем, наиболее выражено такое влияние в городских кварталах, расположенных близ фабрик, заводов и различных предприятий, которые каждый день производят огромное число отходов. В результате антропогенизации происходит выраженная деградация экосистем, вследствие воздействия поллютантов на эти системы [5].

В настоящее время особое внимание уделяется состоянию воздушной среды, так как каждый день в атмосферу выбрасываются тонны загрязняющих веществ, губительно влияющих на состояние здоровья человека, а также ухудшают его качество жизни. В настоящее время используются различные методы индикации состояния газодымовой нагрузки, одним из которых является метод биоиндикации. Этот метод является универсальным, так как он показывает реальное влияние загрязняющих компонентов на живые организмы [4, 6].

Данная работа актуальна, так как сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является универсальным биоиндикатором состояния воздушной среды. Хвоя сосны четко меняет свою морфологию, указывая на состояние окружающей природной среды. Это связано с сорбционной способностью хвои и накоплению в ней продуктов антропогенной деятельности человека.

Целью данной научной работы является проведение экологического мониторинга воздушной среды КАО г. Омска с помощью биоиндикационных методов анализа хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Биоиндикация – это оценка качества среды обитания и ее отдельных характеристик по состоянию ее биоты в природных условиях. В России биоиндикация начала приобретать тенденцию к концу 19 века, к концу 20 века интерес к экологическим проблемам современности значительно вырос и методы биоиндикации стали применяться намного чаще [1, 3].

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – это дерево высотой примерно 20–40 м, диаметр ствола колеблется от 0,5 до 2 м, ствол прямой. Крона у сосны поднята высоко, конусовидная, а далее округлая, широкая, ветви расположены горизонтально в мутовках. Хвоинки расположены по 2 в пучке, в среднем 3–8 см в длину, серо- или сизо-зеленоватые, слегка изогнутые.

Голосеменные растения очень чувствительны к загрязнению атмосферного воздуха, они аккумулируют выхлопные газы, выбросы заводов и фабрик в своих хвоинках, наиболее подвержены влиянию оксида серы. На загрязнения воздуха хвойные деревья реагируют уменьшением общей длины хвоинок (или отдельных хвоинок), появлением хлорозов, усыханий, дефолиаций. Установлено, что чем старше возраст хвоинок, тем больше поллютантов в них накапливается [2].

Сбор хвоинок осуществлялся в феврале-марте 2023 г. в 10 точках Кировского административного округа г. Омска. Также хвоинки были собраны на контрольной точке – территории ОмГАУ из-за наличия массивного древостоя на территории ОмГАУ, и как следствие более равномерного аккумуляции поллютантов деревьями. С каждого дерева сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) было отобрано оптимальное

количество хвоинок в размере 100 шт. Хвоинки упаковывались в герметичные пакеты, а затем были исследованы в лаборатории.

Методика исследования хвоинок заключалась в следующем: каждая хвоинка была исследована с помощью увеличительного стекла на предмет некрозов (усыханий) и хлорозов (пятен), также каждая хвоинка была измерена с помощью линейки.

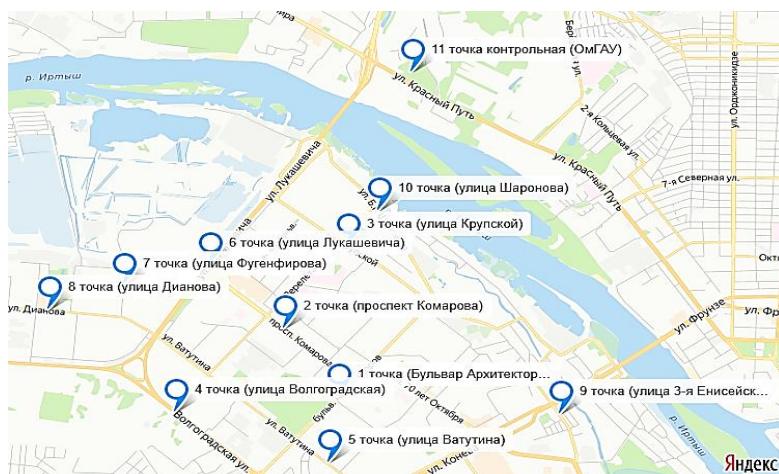


Рис. 1 Расположение мест сбора хвоинок

Сбор хвоинок осуществлялся в 10 точка Кировского административного округа города Омска, а также в контрольной точке: бульвар Архитекторов (точка 1), проспект Комарова (точка 2), улица Крупской (точка 3), улица Волгоградская (точка 4), улица Ватутина (точка 5), улица Лукашевича (точка 6), улица Фугенфировая (точка 7), улица Дианова (точка 8), улица 3-я Енисейская (точка 9), улица Шаронова (точка 10) и контрольная точка на территории ОмГАУ (точка 11). Расположение мест сбора хвоинок указано на карте (рис. 1).

По данным проведенных исследований морфологического состояния хвои была составлена сводная таблица 1. Так как в исследовании использовалось круглое число в размере 100 хвоинок, то процентное соотношение равно полученным данным в таблице 1.

В таблице 2 приводится статистика проявления хлорозов на исследуемой хвое.

Таблица 1

Морфологическая характеристика усыхания хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в разных частях КАО г. Омска

Точки сбора	Классы усыхания хвои (кол-во хвоинок)			
	Нет сухих участков	Усохли кончики хвоинки на 3-5 мм	Усыхание трети хвоинки	Полное усыхание хвоинки
1	89	10	1	0
2	95	4	1	0
3	85	9	6	0
4	90	5	5	0
5	88	11	1	0
6	74	18	5	3
7	76	17	4	3
8	81	16	2	1
9	83	11	4	2
10	77	14	5	4
11	97	3	0	0

Также было высчитано среднее значение длины хвоинок в каждой точке. Это очень важный показатель, так как длина хвоинки зависит от среды обитания, в которой произрастает сосна [5]. Длина хвоинки становится меньше средней, если на воздушную среду в области произрастания дерева оказывается наибольшее антропогенное воздействие.

По результатам эксперимента видна четкая тенденция нарушения морфологического состояния хвои. Наибольшее влияние на воздушную среду оказывается в северной части Кировского административного округа. А именно на улицах: Лукашевича, Фугенфировая, Дианова, Шаронова, проспекте Комарова, Крупской наблюдается самая высокая степень морфологических изменений хвои. Это может быть связано

с высокой антропогенной нагрузкой на северную часть КАО г. Омска, вследствие нахождения рядом некоторых промышленных предприятий, а также прохождения по этим улицам крупным автомобильно-дорожных магистралей.

Таблица 2

Проявление хлорозов на хвое

Классы повреждения хвои/точки	Хвоинки без пятен	Хвоинки с небольшим количеством желтых пятен	Хвоинки с черными пятнами
1	88	11	1
2	84	14	2
3	89	11	0
4	87	10	3
5	83	13	3
6	78	14	8
7	77	16	7
8	75	21	4
9	81	18	1
10	73	19	8
11	93	7	0

В данной научной работе была исследована хвоя в различных точках Кировского административного округа города Омска. С помощью метода биоиндикации по хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) были выявлены части КАО г. Омска на воздушную среду которых оказывается наибольшее антропогенное воздействие.

По результатам эксперимента самой загрязненной частью КАО является северная часть округа. На улицах Лукашевича, проспекте Комарова, Крупской хвоя оказалась самой поврежденной, вследствие масштабности этих улиц и постоянного потока автомобилей, также антропогенная нагрузка на воздушную среду этих улиц может быть обусловлена выбросами предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ботвич А. С. Биоиндикация и биотестирование как методы контроля и оценки состояния окружающей среды // Материалы II Межрегиональной научно-практической конференции. Отв. Редактор Л.В. Начева. Кемерово, 2019. С. 17–22.
2. Воронин В. М., Соболева С. В. Изучение биоиндикационной способности сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) // Материалы VI Междунар. Симпоз. Им. Б. Н. Уголева, посвящ. 50-летию Регион. Координационного совета по соврем. Проблемам лесоводства (10–16 сентября 2018 г., Красноярск). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. С. 56–61
3. Голянько И. И. Экологический мониторинг и биоиндикация для определения токсичности атмосферного воздуха // Мат. ВНИК «Актуальные проблемы химического и экологического образования». Полтава, 2016. С. 356–359.
4. Кубрина Л. В., Бокбаева С. А. Лиственные и хвойные виды древесных растений как биоиндикаторы природной среды города Омска // Безопасность городской среды: Материалы VI Междунар. Научн.-практ. Конференции / Под общ. Ред. Е.Ю. Тюменцевой. Омск, 2019. С. 408–412.
5. Кубрина Л. В. Изменение морфологических показателей хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) под влиянием выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В сборнике: Химия, экология и рациональное природопользование. Материалы Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет». 2021. С. 210–214.
6. Соболева С. В., Ченцова Л. И., Почекотов И. С. Исследование морфологических показателей насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в разных экологических условиях // Вестник КрасГАУ. 2018. № 1. С. 199–205.

Оценка биоэкологического потенциала крымской популяции *Juniperus foetidissima* Willd.

Коренькова О. О.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта
o.o.korenkova@mail.ru

В настоящее время род можжевельник (*Juniperus* L.) представлен 76 видами и является самым крупным родом в семействе кипарисовые (*Cupressaceae* Bartl.). При этом можжевельник отличается от других представителей кипарисовых высоким полиморфизмом. На основании чего систематики выделяют в нем 3 секции: секция *Caryocedrus* Endl., секция *Juniperus* (*Oxycedrus*) Endl. И секция *Sabina* Endl. [1].

На территории Крыма распространены природные популяции 5 видов (*Juniperus communis* L., *Juniperus excelsa* L., *Juniperus foetidissima* Willd., *Juniperus oxycedrus* L., *Juniperus sabina* L.). Два из них являются древовидными – можжевельник вонючий (*J. Foetidissima*) и можжевельник высокий (*J. Excelsa*) [1–3].

J. foetidissima (можжевельник вонючий) – вечнозеленый средиземноморский мезофанерофит, мезотерм. Включен в Красную книгу Российской Федерации и Республики Крым. В настоящее время в Крыму

известна одна популяция *Juniperus foetidissima* Willd., произрастающая на крутых склонах хребта Синаб-Даг (крутизна склона около 40 °) на территории Национального парка «Крымский». Здесь проходит северная граница его ареала. Крымская популяция удалена от основной части ареала почти на 250 км. *J. Foetidissima* включен в красную книгу Крыма в статусе – редкий вид. В настоящее время, остро стоит вопрос сохранения популяции раритетного вида в Крыму [4, 5].

За последние 20 лет площадь популяции *J. Foetidissima* в Национальном парке «Крымский» сократилась почти в два раза и на данный момент составляет 51,6 га, в результате чего снизилась многообразная защитная и экологическая роль можжевельника. В то же время, *J. Foetidissima* сам испытывает отрицательное воздействие таких процессов, как почвенная эрозия, камнепады, селевые потоки. Однако наиболее разрушительным для него является чрезмерная численность копытных в районе произрастания популяции, а также практически полное отсутствие естественного возобновления, прогрессирующие процессы деградации популяции. Самыми молодыми деревьями в популяции являются особи в возрасте 100 лет. Кроме того, не были отмечены средневозрастные особи, крайне мало преуспевающих, что свидетельствует об отсутствии возобновления в последние 90–100 лет (рис. 1а).

Как известно, лес является устойчивым сообществом лишь в тех случаях, когда на смену выбывшим деревьям верхнего яруса могут стать особи нижнего яруса. Можно сделать вывод, что наличие преемственности между поколениями леса – жизненно необходимое условие полноценного развития любого лесного сообщества. Особенное значение этот принцип приобретает в горных районах, где водоохранная и почвозащитная роль леса очень велика.

В то же время, процесс формирования нового полноценного можжевельового леса весьма растянут во времени и подвержен воздействию различного рода факторов. Одним из таких факторов являются биологические особенности *J. foetidissima*, препятствующие быстрому естественному возобновлению популяции. Так, срок созревания семян происходит в течение двух лет, на протяжении которых они повреждаются семяедами и клещами, и на долю полноценных семян приходится всего около 10%. Период прорастания семян древовидных можжевельников также весьма длителен и составляет около 2 лет. За это время семена могут также повреждаться вредителями.

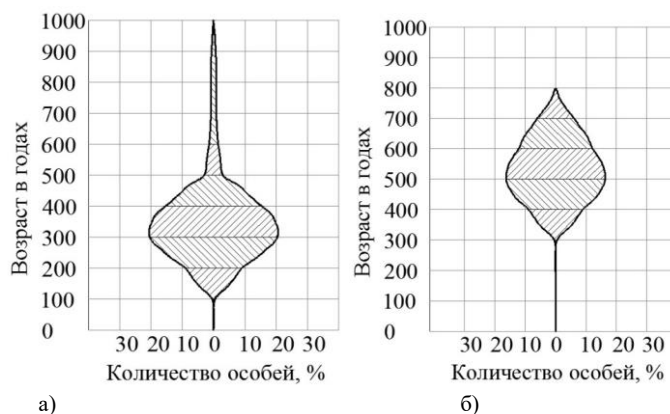


Рис. 1. Возрастная структура популяции *J. foetidissima* в Горном Крыму (а) возрастная структура в настоящее время; б) прогнозируемая возрастная структура.

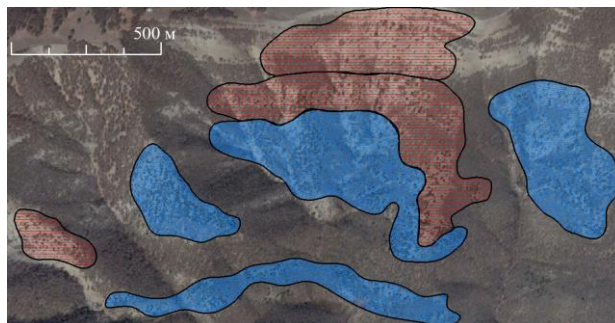
Таким образом, образуются лишь единичные всходы. На этом этапе выживание можжевельника определяется факторами внешней среды. Тяжелые почвенно-климатические условия района произрастания *J. foetidissima*, а также постоянный пресс копытных, затрудняют существование молодых проростков, что приводит к очень слабому возобновлению [6, 7].

На основании выше перечисленных факторов можно предвидеть, как будет выглядеть возрастная структура популяции при отсутствии мероприятий по сохранению и поддержанию особей. Уже сейчас известно, что существует возрастной провал в размере 100 лет. Таким образом, еще через 100–200 лет в популяции будут практически полностью отсутствовать жизнеспособные, образующие семена особи (рис. 1б).

Из рисунка 1б видно, что возобновление практически отсутствует, т.к. происходит снижение численности взрослых особей. Такую популяцию можно охарактеризовать как сокращающуюся, обреченную на гибель. При этом, необратимо будут происходить сукцессионные процессы. При благоприятных орографических и почвенных условиях можжевельник постепенно вытеснится более жизнеспособными породами.

В настоящий момент отмечено три участка, в пределах которых на долю здоровых жизнеспособных особей приходится всего около трети всех деревьев. Подавляющее большинство особей на этой территории

находятся в ослабленном и сильно ослабленном состоянии. Можем предположить, что при отсутствии мероприятий по сохранению и поддержанию популяции, через несколько десятков лет возможно полное исчезновение можжевельника на данных участках, то есть сокращение площади популяции приблизительно на 20 га (рис. 2), что приведет к снижению верхней границы распространения можжевельника, увеличению эрозийных процессов и оголению материнской породы.



○ - Предполагаемая площадь сокращения популяции ○ - Предполагаемая площадь популяции

Рис. 2. Модель развития площади популяции *J. foetidissima* на территории Национального парка «Крымский»

Таким образом, влияние популяции *J. foetidissima* на окружающую местность весьма велико. Заранее трудно представить всю цепь негативных последствий, возникших в результате ее исчезновения. Таким образом, крайне сложно надеяться на естественное возобновление популяции *J. foetidissima* в Горном Крыму. Для сохранения и предотвращения дальнейшего сокращения площади популяции необходимо проведение интенсивных лесохозяйственных мероприятий, с учетом заповедного режима территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adams R. P. The junipers of the world: The genus *Juniperus*. 3rd ed. Trafford Publ. Victoria. BC, 2011. 426 с.
2. Коренькова О. О. Исследование особенностей территориального распределения древостоев *Juniperus foetidissima* Willd. в урочище Синаб-Даг // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. 2014. Т. 27(66). № 2. С. 96–102.
3. Коренькова О. О. Особенности естественного возобновления крымской популяции *Juniperus foetidissima* Willd. // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. 2014. Т. 27(66). № 5. Спецвыпуск. С. 63–69.
4. Камелин Р. В. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.
5. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / отв. ред. д.б.н., проф. А. В. Ена и к.б.н. А. В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. 480 с.
6. Чуб А. В. Лесные культуры, интродукция и акклиматизация в поясе арчовых лесов Кыргызстана. Б., 2003. 118 с.
7. Бикиров Ш. Б., Кошумбаев П. Т. Многоцелевое использование арчовых лесов Кыргызстана // Вестник Иссык-Кульского государственного университета. 2002. № 6. С. 29–32.

Оценка кислотно-щелочного режима почвенного покрова г. Йошкар-Олы

Коршунов Н. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Алябышева Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственной университет, г. Йошкар-Ола
nik.korshunov.17@mail.ru

Актуальность. Почвы в большей степени, чем другие компоненты ландшафта, характеризуют экосистемы любого ранга, что позволяет оценить их устойчивость. В глобальных масштабах происходит закисление почв и вод, а в локальных, например, в городах, может происходить их защелачивание.

Состав и количество удерживаемых в почве элементов зависят от содержания и состава гумуса, кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий, сорбционной способности, интенсивности биологического поглощения [1].

Изменение кислотно-щелочных условий почвенного покрова приводит к угнетению его микрофлоры и растительности, изменяет характер миграции химических элементов и соединений, в том числе токсичных (Hg, Pb, As, Zn, Se и др.) [2].

Цель исследования – проанализировать кислотно-щелочной режим почв на территории г. Йошкар-Олы.

Методы исследования. Исследование проводили в июне – августе 2022 г., были проведены работы по сбору проб почв в разных функциональных зонах г. Йошкар-Олы (рекреационная, селитебная и южная промышленная). Отбор проб почвы был проведен с 21 улицы города согласно ГОСТ 17.4.3.01, ГОСТ 17.4.3.01, ГОСТ 17.4.4.02, ГОСТ 21667, ГОСТ 27593, ГОСТ 58595–2019 и МУ 2.1.7.730–99.

В пределах каждого участка точечные (единичные) пробы отбирали равномерно по маршрутному ходу через равные интервалы. Объединенную пробу составляли путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. В соответствии с ГОСТ 26423–85 «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки» готовили водную почвенную вытяжку и измеряли ее рН с помощью рН-метра. Результаты обработаны статистически с использованием программы Microsoft Excel и программа STATISTICA.

Результаты исследования. Подкисление и подщелачивание почв – процесс изменения кислотно-щелочной реакции почвы, нарушение почвенно-геохимических процессов, ведущих к понижению устойчивости экосистемы. Очень кислые и очень щелочные почвы неблагоприятны для большинства растений и микроорганизмов, они обладают плохими физическими свойствами, органическое вещество в них не закрепляется, почвы обеднены питательными веществами. В городских условиях почвы, как правило, подвергаются подщелачиванию в результате применения антигололедных реагентов, а также попадания строительной пыли, содержащей повышенные количества карбоната кальция.

Кислотно-основные условия принято характеризовать интервалами значений рН водной суспензии для верхних горизонтов почв или для всего профиля.

В ходе работы отмечено, что значение рН в отобранных почвенных пробах колебалось от 6,86 до 7,95 (рис. 1). Данные показатели свидетельствуют о том, что почвы являются нейтральными или слабощелочными, что характерно для дерново-подзолистых почв, которые преобладают на территории Республики Марий Эл.

В результате однофакторного дисперсионного анализа было установлено, что фактор – функционально-планировочная зона оказался статистически значимым при анализе значений рН водных почвенных вытяжек (табл.).

Таблица

Результаты однофакторного дисперсионного анализа данных

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	5,490898	20	0,274545	1,887442	0,041359695	1,825767157
Внутри групп	6,109267	42	0,145459			
Итого	11,60017	62				

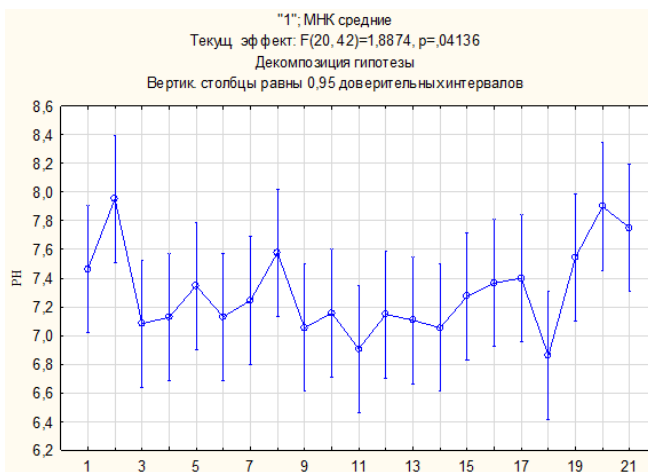


Рис. 1. Значения рН водных почвенных вытяжек

Обозначения: 1 – Центральный парк культуры и отдыха им. XXX-летия ВЛКСМ; 2 – К. Маркса; 3 – Ломоносова; 4 – Лермонтова; 5 – Строителей; 6 – Соловьева; 7 – Кирова; 8 – Я. Эшпая; 9 – Волкова; 10 – Пушкина; 11 – Анциферова; 12 – Машиностроителей; 13 – Рябины; 14 – Некрасова; 15 – Баумана; 16 – Павленко; 17 – Пролетарская; 18 – Зарубина; 19 – Дружбы; 20 – Первомайская; 21 – Петрова.

Анализ литературных источников показал, что в условиях антропогенного загрязнения рН почвы может сдвигаться как в кислотную, так и щелочную сторону. Так, С. С. Виноградова [3] пришла к заключению, что от периферии города к его центру снижается щелочность почв. Это обусловлено механическим нарушением почвенной структуры, внесением отходов строительства; применением химических реагентов (в зимнее время в центре города активно используется в качестве антигололедного препарата хлорид натрия).

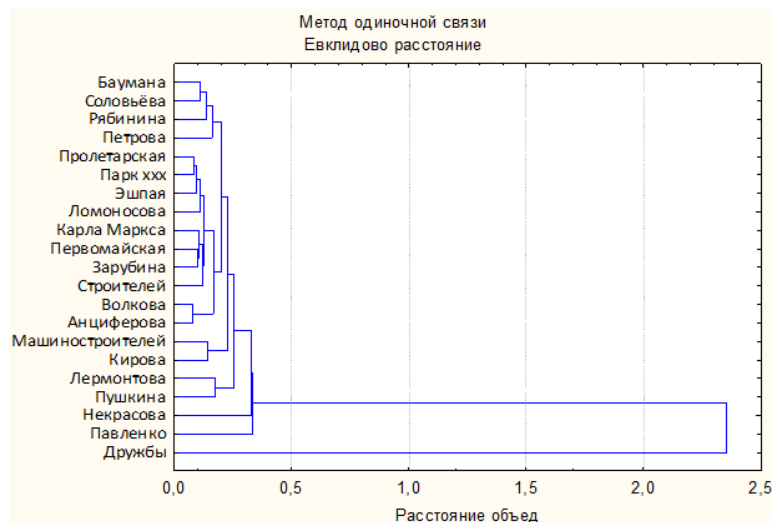


Рис. 2. Группировка почв г. Йошкар-Олы по параметру – плодородие почв

На территории рекреационной зоны города (Центральный парк культуры и отдыха им. XXX-летия ВЛКСМ) рН равнялось $7,057 \pm 0,020$ ед. В жилой зоне города значения водородного показателя водных почвенных вытяжек изменялись от $6,86 \pm 0,0412$ (ул. Пушкина) до $7,95 \pm 0,989$ (ул. Дружбы). В пробах почвы, отобранных на территории южной промышленной зоны города, рН незначительно изменялось от $6,91 \pm 0,027$ (Лермонтова) до $7,40 \pm 0,021$ (ул. Соловьёва).

Ряд авторов, при характеристике кислотно-щелочного режима почв, выделяют следующие градации почв: рН $H_2O = 6,5-7,0$ – почвы пригодные и плодородные; рН $H_2O = 7,0-7,5$ – почвы потенциально плодородные; рН $H_2O = 7,5-8,0$ – почвы малопригодные и слаботоксичные; рН $H_2O = 8,0-8,5$ – почвы средне пригодные и среднетоксичные; рН $H_2O > 8,5$ – почвы непригодные по химическим свойствам и сильно токсичные.

В дальнейшем, мы использовали данную классификацию для характеристики городских почв. При проведении кластерного анализа массива данных, нами было обнаружено, что почвы г. Йошкар-Олы являются плодородными или потенциально плодородными (рис. 2).

Таким образом, значения рН водных вытяжек проб почвы, отобранных на территории г. Йошкар-Олы, изменялись незначительно от 6,86 до 7,95 ед. При увеличении уровня антропогенного загрязнения кислотно-щелочной баланс городских почв в рекреационной, селитебной и южной промышленной зонах города смещался в щелочную сторону, что возможно в дальнейшем может привести к нарушению структуры почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Химический анализ почв. Вопросы и ответы / Л. А. Воробьева и [др.]. М., 2011. 186 с.
2. Ковалева Г. В., Старожилков В. Т., Дербенцева А. М., Назаркина А. В. Почвы и техногенные поверхностные образования в городских ландшафтах. Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2012. 159 с.
3. Виноградова С. С. Буферная емкость почв как их способность к подщелачиванию // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта 2013. Вып. 1. С. 8.

Возрастные особенности и профилактика травматизма на соревнованиях по спортивно-бальным танцам

Крючкова Д. В., Домингуш Санка Валтер, Комарова Д. В., Бочарова Ю. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Федоркина И.А., канд. экон. наук, доц.

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», г. Москва
i.a.fedorkina@mtuci.ru

Многие студенты в свободное от учебы время и выходные дни занимаются спортом или увлекаются каким-либо хобби, любительски или профессионально. Турниры и соревнования являются одними из рас-

пространенных мест получения различных повреждений конечностей, мышечного каркаса, растяжение связок у спортсменов. Спортсмены получают травмы, отрабатывая сложные элементы, опасные трюки, совместные поддержки в определенной постановке или вариации, а также исполняя свои танцевальные композиции на специальных турнирах и соревнованиях по спортивно-бальным танцам.

В бальных танцах существуют разные возрастные категории:

1. Дети. Возраст: 4–10 лет. Данная категория имеет характерную особенность – быстрый рост организма. Любое повреждение восстанавливается за короткий период.

2. Юниоры. Возраст: 11–15 лет. В данной категории организм почти полностью сформировывается, поэтому теряет способность к быстрому восстановлению.

3. Молодежь. Возраст: 16–18 лет. Эта категория является самой выносливой и менее склонной к повреждениям, но если спортсмен получил травму, то восстановление длится намного дольше, чем категория «Дети» и «Юниоры», так как эластичность мышц деревенеет.

4. Взрослые. Возраст: 18–35 лет. Получение любой травмы приводит к необратимым последствиям и трудному восстановлению.

5. Сеньоры. Возраст: 35 лет и более. Из-за возрастной особенности данной категории различные виды травм, полученные при тренировке или турнирной практике, имеют чаще всего долгую заживляемость и восстановление, в противном случае, остаются на всю жизнь.

Спортивные травмы классифицируются:

5 место: Ушибы.

Удар об твердую поверхность, нечаянное столкновение с парой или танцором-солистом сопровождается 4 степенями ушиба:

1. Легкие. К ним относятся небольшие ссадины и раны. Выздоровление такого вида ушибов происходит самостоятельно через 3–4 дня.

2. Средней тяжести. Данная степень характеризуется появлением на коже человека гематом и отеков, а также в редких случаях появлением кровяных образований под кожей. Лечение ушибов не предусматривается, но заживлением длится дольше, от 1 до 2 недель в зависимости от места поражения.

3. Повреждение и сильное сокращения мышц и сухожилий, вероятность получения вывиха. При таких травмах требуется осмотр специалиста для определения дальнейшего лечения спортсмена.

4. Ушибы с нарушением функционирования систем и органов человека. В таком случае врач определяет вид лечения и необходимость какого-либо оперативного вмешательства, возможно, операцией.

Чаще всего ушибы встречаются в категориях от Детей до Юниоров, так как еще не опытные спортсмены по спортивно-бальным танцам могут по неосторожности получить данные вид травмы. В год категория Дети может получить порядка 20 ушибов в танцевальный сезон.

4 место: Растяжения.

Более опасная и не менее распространенная травма на соревнованиях. Неправильно выставленные стопы, руки или корпус ведут к повреждениям мышечного каркаса. Самыми популярными растяжениями являются:

1. Ног и стоп. Ощущения сильной и ноющей боли, особенно при травме в ахилловой части или большой мышцы бедра.

2. Рук. Не рассчитав силы, партнер или партнерша могут дернуть расслабленную руку, что приводит к растяжению бицепса и трицепса, в редких случаях плечелучевой мышцы. Также сопровождается дискомфортными и ноющими болями в области повреждения.

3. Шейного отдела. Одни из самых капризных мышц являются шейные мышцы. Часто такими растяжениями страдают партнерши из-за танцевальной позиции «шейп». В большинстве случаев повреждения происходят в трапецевидной мышце и лестничных мышцах (средней и задней).

3 место: Травмы колена.

Как показывает турнирная практика: чрезмерное старание согнуть колени сильнее или неправильное направление колена приводит к серьезным травмам коленных суставов и мышц. Категории старших классов («Молодежь», «Взрослые», «Сеньоры») в 75% случаев страдают данной проблемой из-за истощающегося ресурса боковых и крестообразных связок, а также менисков коленного сустава. Такие повреждения не остаются бесследны на протяжении всей жизни. Многим спортсменам по спортивно-бальным танцам приходится бороться с болью с помощью замораживающих, анестезионных, противовоспалительных средств, а также операций.

2 место: Грыжа межпозвоночных дисков.

Частичная или полная утрата работоспособности позвонков из-за специфической деформации или разрушения его отдельных компонентов приводит к грыже межпозвоночных дисков, что сопровождается постоянными или периодическими болями в спине, чаще всего из-за усиления наклонных действий. Данная травма опасна тем, что способствует развитию болевых ощущений в иных областях тела: головная

боль, головокружение, онемение конечностей, появление слабости. Частая ошибка возникновения – перегрузка поясничного отдела. Следствием является плохое удержание мышц пресса, таза и разгибания в тазобедренном суставе. Как и при коленных заболеваниях, межпозвоночная грыжа остается большим отпечатком в теле на всю жизнь. Борьба с данной проблемой решается в лечебных учреждениях операционными вмешательствами, а также правильной закачкой мышц живота и спины.

1 место: Плоскостопие и артроз стоп.

Многие люди рождаются с плоскостопием, либо имеют предрасположенность на генетическом уровне, как результат недоразвитых мышц стоп. Врожденное плоскостопие встречается в данный момент довольно часто, но имеет не высокую степень (чаще всего вторая). Правильная постановка стоп очень важна танцорам, так как стопы являются фундаментом и опорой танцора. Часто встречаемый у детей является статический вид плоскостопия из-за слабости мышц, а также в неверном распределении нагрузки. Мышцы-супинаторы, которые являются главными в стопе, при выполнении неправильной работы могут способствовать опусканию свода стопы, а также смещению кости стопы в голени. В результате стопа удлиняется и расширяется в средней части, а пятка отклоняется наружу. Из-за танцевальной обуви спортсмены по спортивно-бальным танцам часто сталкиваются с плоскостопием, так как происходит неравномерное распределение нагрузки.

Артроз стоп – это приобретенное заболевание стопы, при котором повреждается и разрушается хрящевая ткань сустава. В основу такого заболевания у спортсменов по спортивно-бальным танцам входит износ суставных поверхностей. В бальных танцах чаще всего поражается плюснефаланговый сустав большого пальца стопы.

Во избежание факторов риска, спортсмены по спортивно-бальным танцам выполняют перед турнирным выступлением и тренировочным процессом различные профилактики:

1. Во избежание травм и повреждений коленей спортсмена по спортивно-бальным танцам любого возраста нужно выполнить хороший разогрев как перед турниром, так и перед тренировкой, так же поможет правильно подобранная танцевальная обувь и тренерский контроль для соблюдения правильного выполнения техники и акробатических элементов.

2. Ошибки в различных базовых и профессиональных фигур в технике исполнения вариаций на турнирах по спортивно-бальным танцам приводит к травматизации спортсменов по спортивно-бальным танцам. Решение данного фактора риска является совершенствование техники с помощью классифицированных педагогов по спортивно-бальным танцам на всех этапах подготовки к соревнованиям по танцевальному спорту.

3. Неправильная и изношенная подобранная обувь спортсмена по спортивно-бальным танцам приводит к травмам коленей и позвоночника, плоскостопию. Во избежание нарушений осанки и деформации стоп используют специально подобранную обувь, изготовленную по индивидуальным особенностям спортсмена по спортивно-бальным танцам.

4. Для предотвращения растяжения мышечных тканей нужно проводить полную разминку, а также растягивать мышцы до и после физических нагрузок. Для более эффективного результата обращаются к специальным массажистам и врачам.

5. Ежедневное выполнение упражнений на гибкость, разгрузку, укрепление позвоночника способствуют правильной работе спины, что немало важно в танцах. Так же для профилактики необходимо закачивать мышцы брюшного пресса: поперечные мышцы, внутренних косых.

6. Для борьбы с плоскостопием и уменьшением болевых ощущений, вызванных артрозом стопы, применяют профилактику в виде прокатывания жестких ортопедических роликов, ношение подобранных анатомических стелек, а также хорошую подготовку мышц и связок стоп перед тренировкой.

В качестве эксперимента был проведен опрос среди пар разных возрастных категорий спортсменов по спортивно-бальным танцам, участвующих в соревнованиях по спортивно-бальным танцам, и узнали количество приобретенных травм. На основании полученных экспериментальных данных сделали следующие выводы, которые представлены в таблице 1.

Анализ таблицы 1 показывает, что:

1. Дети. Из-за недостаточного опыта, неуклюжести, дети чаще всего получают ушибы, что видно по таблице 1. Данная травма может быть получена при любом столкновении с какой-либо поверхностью, человеком. В большинстве случаев гематомы появляются на ногах и руках. Юные танцоры из-за хорошей эластичности мышц и быстрого заживления очень редко получают более серьезные травмы, однако именно в этом возрасте нужны правильные рекомендации и тренировки, которые помогут избежать неприятностей в дальнейшем танцевании или долгом лечении.

2. Юниоры. С каждой возрастной категорией элементы становятся сложнее, тем самым увеличивая риск получения различных травм. Чаще всего в данной категории встречаются такие травмы как растяжения и ушибы. Если учитывать, что ушибами являются синяки, которые быстро и безболезненно заживают,

то растяжения, полученные спортсменами по спортивно-бальным танцам, имеют долгий процесс заживления. В некоторых случаях растяжения могут привести к повторному получению травмы в том же месте, где была получена ранее, что опасно для здоровья.

3. Молодежь и Взрослые. Данные категории характеризуется уже более опытными спортсменами по спортивно-бальным танцам, знающими свое тело, распределение нагрузок, и правильные навыки разогрева и ухода за мышцами. Однако, травмы полученные ранее могут отразиться на организме в самых неожиданных местах из-за плохого накопительного эффекта, например, грыжа межпозвоночных дисков, артроз или травмы коленей. С такими повреждениями спортсменам по спортивно-бальным танцам могут бороться только врачебным вмешательством. Согласно опросу, взрослые танцоры также могут получить незначительные травмы (ушибы), которые заживают менее болезненно.

4. Сеньоры. Возрастная группа, которая имеет уже большое количество опыта, но менее крепкое здоровье. Любая травма имеет долгий срок заживления, в некоторых случаях даже очень болезненный. Возрастные спортсмены по спортивно-бальным танцам, по данным опроса, редко получают ушибы или растяжения, а также более серьезные травмы.

Таблица 1

Характеристика возрастных категорий в соответствии с регламентом спортивно-бальных танцах от количества полученных травм

Возрастная категория	Статистика полученных травм в период танцевального сезона (9 месяцев)				
	Ушибы	Растяжения	Травмы колена	Грыжа межпозвоночных дисков	Плоскостопие и артроз стоп
Дети (4–10 лет)	30	3	0	0	0
Юниоры (11–15 лет)	40	10	0	0	0
Молодежь (16–18 лет)	25	6	2	1	1
Взрослые (19–34 лет)	20	4	3	1	1
Сеньоры (35 и более)	12	2	2	1	1

Таким образом, на основании вышеизложенного, можно сделать вывод, о том, что спортивно-бальные танцы – это энергичный вид спорта, в котором неотъемлемой частью является физическая подготовка и техника выполнения элементов, сложных поддержек, чтобы избежать риск травматизма.

Каждому спортсмену необходимо следить за своим здоровьем, проходить ежегодные или полугодовые осмотры в спортивных диспансерах, следить за питанием и наблюдаться у спортивных врачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлова С. В., Салимгареева Е. Г. Теория и методика танцевального спорта. Иркутск ООО «Мегапринт», 2011. 94 с.
2. Полятков С. С. Основы современного танца. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. 77 с.
3. Матвеев Л. П. Теория и методика физической культуры (общие основы теории и методики физического воспитания; теоретико-методические аспекты спорта и профессионально прикладных форм физической культуры). М.: Физкультура и спорт, 1991. 543 с.

Площадь и масса листа березы повислой и их связь с усыханием кроны в условиях автотранспортного загрязнения воздуха

Кузнецов М. Д., асп., Лисицына О. С., аспир., Саранцев Е., студ. 4 курса

Науч. рук. – Ерофеева Е. А., д-р биол. наук, проф.

**Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского, г. Нижний Новгород
ele77785674@yandex.ru**

В условиях города на растения воздействуют различные поллютанты, среди которых значительный вклад в загрязнения окружающей среды вносят загрязняющие вещества выхлопов автотранспорта [1]. Береза повислая часто встречается на городских территориях и ряд показателей листа этого вида используется или рекомендуется для целей биоиндикации. Однако показатели листа, связанные с процессами его роста до сих пор остаются в этом плане малоизученными, в том числе масса и площадь листа. В связи с этим целью работы являлось изучение влияния газообразных поллютантов выхлопов автотранспорта на массу и площадь листа березы повислой, произрастающей на территории г. Нижнего Новгорода, и выявление связи этих показателей с усыханием кроны.

Материалы и методы. Зрелые листья березы повслой были собраны в июле на 6 загрязненных участках, расположенных вблизи автодорог нагорных районов г. Н. Новгорода. Контрольный участок был расположен вблизи поселка Киселиха в 20 км от г. Нижнего Новгорода. На каждом участке собирали 20-25 листьев с каждого из 10 деревьев участка. Максимальный разовый выброс поллютантов выхлопов (оксиды углерода, серы, азота, формальдегид, бенз(а)пирен, углеводороды) был рассчитан в программе Автомагистраль на основе данных о потоке автотранспорта.

Сырую массу листа определяли, взвешивая листья в день сбора на лабораторных весах с точностью до 1 мг. Далее пронумерованные маркером листья высушивали сначала при комнатной температуре, затем в термостате при $+60^{\circ}\text{C}$ до абсолютно сухого состояния и взвешивали снова. Сырые листья также сканировали и определяли в программе Leafarea площадь листа в мм^2 . Далее площадь листа делили на сухую массу листа и получали удельную площадь листа (SLA – specific leaf area) [2]. Процент усыхания кроны деревьев оценивали в мае после распускания почек, когда еще не начался рост побегов.

Статистический анализ результатов исследований проводили с помощью программ Statistica 10 и БИОСТАТИСТИКА 4.03, используя критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони для множественных парных сравнений, поскольку с помощью критерия Шапиро-Уилка было установлено соответствие выборочных распределений нормальному распределению. Для анализа зависимостей изученных показателей от уровня загрязнения использовали регрессионный анализ, а также корреляционный анализ для выявления связи показателей листа с усыханием кроны.

Результаты и их обсуждение. С помощью регрессионного анализа было установлено, что сырая и сухая масса листьев зависела от уровня загрязнения. У березы при возрастании автотранспортного загрязнения масса листьев увеличивалась на трех наиболее загрязненных участках. На рисунке представлена в качестве примера зависимость для сырой массы листа от выброса диоксида серы автотранспортом (рис. 1). Аналогичные данные были получены для сухой массы листьев.

Для березы была изучена зависимость площади листа и удельной площади листа от уровня загрязнения. Было установлено, что у березы при возрастании автотранспортного загрязнения данные показатели сначала снижались, потом не отличались от контроля или были выше этого уровня, а на наиболее загрязненном участке снова отмечалось снижение (данные не представлены на рисунке).

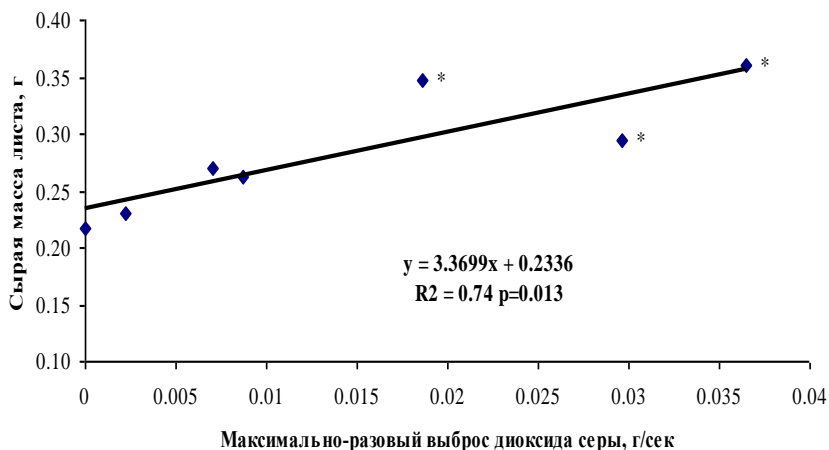


Рис. 1. Зависимость сырой массы листьев березы повислой от выброса диоксида серы автотранспортом.

Примечание: * – статистически значимо отличается от контроля при $p < 0,05$.

Было установлено, что среди изученных показателей листа березы только масса листа была скоррелирована с усыханием кроны (табл. 1). Возможно, это было связано с тем, что при высоких уровнях газообразных поллютантов происходит значительное усыхание кроны деревьев после периода зимнего покоя. Это вызывает весной развитие побегов, которые имеют более крупные листья, что компенсирует уменьшение суммарной фотосинтетически активной поверхности листьев дерева, необходимой для обеспечения дерева ассимилянтами фотосинтеза. По-видимому, площадь листа не связана с усыханием кроны, так как значение для компенсации уменьшения суммарной фотосинтетически активной поверхности имеет значение не только поверхность листа, а также толщина фотосинтетической ткани листа мезофилла, что влияет на массу листа.

Таким образом, среди изученных показателей листа его масса может быть потенциально использована для целей биоиндикации в условиях урбанизированной территории.

Таблица 1

Корреляционный анализ связи массы и площади листа березы повислой с усыханием кроны

Показатели листа	Коэффициент корреляции по Пирсону	Значение р (с поправкой Бонферрони)
Сырая масса листа, г	0,90	0,002
Сухая масса листа, г	0,85	0,020
Площадь листа, мм ²	0,02	0,121
Удельная площадь листа, мм ² /г	0,12	0,701

ЛИТЕРАТУРА

1. Rossi R., Ceccato R., Gastaldi M. Effect of road traffic on air pollution. Experimental evidence from COVID-19 lockdown // Sustainability. 2020. V. 12(21). P. 1–13.
2. Уткин А. И., Ермолова Л. С., Уткина И. А. Площадь поверхности лесных растений: сущность, параметры, использование. М., 2018. С. 292–309.

Информационное общество и безопасность личности

Кузнецов С. Е., Бонсэйн Йоалнгар, Сангаджиев Б. Н., Анищенко Д. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Жукова Ж. С., ст. препод.

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», г. Москва
assamblee@mail.ru

рушая традиционныПандемия и десинхронизация общественных отношений, а также многовекторные изменения глобального характера в современном обществе затрагивают сферу безопасности, определяют аксиологическое содержание общественных отношений. Человечество вступило в фазу поиска новых стратегий цивилизационного развития и ценностей, анализируя предшествующие жизненные смыслы, способные направить развитие цивилизации в будущем. Умышленное разжигание розни, кибербуллинг, низкий уровень медиакультуры и широкий набор различных инструментов воздействия на информационное общество формируют вербальные и логические модели мышления современного человека, что ослабляет социальный контроль, порождает конфликт интерпретаций тех или иных событий, усложняя морально-этический выбор личности и сводя к минимуму позитивное общение и эмоционально-смысловое единство субъективной и объективной реальности. В информационной системе, манера общения в сети является первоочередным фактором для осуществления успешного межкультурного взаимодействия и коммуникации, когда все стороны общаются с взаимоуважением и не унижают достоинство друг друга. Структурные трансформации сферы безопасности в условиях пандемии и мирового кризиса порождают дегуманизацию и разделение членов общества с помощью технологий манипулирования информацией, являющихся результатом деятельности злоумышленников в медиа и интернет-пространстве, которое в свою очередь действует как основополагающий фактор развития информационного общества. Это информационное общество представляет собой многоуровневую систему общественных отношений и в настоящее время полностью зависит от обновляющегося медиаконтента. В результате, сформировавшееся ранее научное мировоззрение и рациональное мышление целенаправленно замещается средствами массовой информации мифами разного рода и лженаукой. Все это существенно повлияло на изменение системы координат массового сознания, постепенно уходящего от традиционных ценностей. Именно поэтому, во время пандемии и локальных конфликтов происходит интенсивная маргинализация общества (отказ от доверия государству, межэтническая неприязнь), приводящая к дегуманизации общественных отношений и социально-политической нестабильности. В связи с этим, возникает когнитивный диссонанс, характеризующийся с одной стороны, доминированием психологии потребления и насилия в информационном обществе (информационное насилие) и появлением цифровой опасности, а с другой стороны деформацией ценностной матрицы личности.

Информационное насилие в результате целенаправленного воздействия нелегитимной информации и использования технологий манипулирования провоцируют преимущественно негативную рефлексию (кибератаки, идеологическое давление, деструктивные коммуникации). СМИ и медиaprостранство становятся агрессивной цифровой средой и в процессе изменения стереотипов поведения человека создают ценностный вакуум, влияющий на словесно-логические модели мышления, мировоззренческие смыслы и ментальную среду человека. Пропаганда реификации, а также внедрение в общественное сознание антиценностей инициирует сегодня агрессивное отношение человека ко всему, что происходит в информационном обществе. Такое отношение может привести к самым негативным последствиям, таким как:

страх, ненависть, насилие, нервозность и даже суицид. Структурные трансформации сферы безопасности связаны с тем, что традиционные ценности уступают место искусственным стереотипам, не способствующим взаимодействию между людьми. Сфера безопасности в наше время становится особо приоритетной в связи с преобладанием цифровой среды в информационном обществе и масштабами распространения информационного насилия. В результате воздействия современных технологий манипулирования информацией также изменяются международные отношения. Здоровый информационный имидж государства и общества становится основным фактором для международного сотрудничества.

Бытие человека состоит из двух взаимосвязанных систем: органической и неорганической, которые в свою очередь подчинены общим принципам. Неорганическая (неживая природа) создает условия для жизни, а органическая (живая природа) воспроизводит жизнь в ее разнообразии. Органическая система состоит из многих структурных уровней (видов). Главной целью любого из этих видов является собственное выживание за счет создания вокруг себя безопасной среды. В связи с этим, создание подобной безопасной среды в информационном пространстве также необходимо.

Сфера безопасности информационного общества ориентирована, с одной стороны, на выяснение конкретных источников опасности и угроз разного рода, а с другой, с раскрытием структурных элементов системы, обеспечивающих ее стабильность и поступательное развитие в меняющейся социальной реальности. То, каким будет воздействие государства на информационное общество, является чрезвычайно важным вопросом для создания правильного регулирования общественных отношений. Государство должно законодательно и через изменение финансовых потоков регулировать параметры деятельности своих органов обеспечения безопасности, основываясь на сигналах о потребностях и интересах, поступающих от различных социальных групп информационного общества. Иными словами, необходимо стимулировать появление безопасного и ориентированного на поддержку традиционных ценностей контента в интернете, путем поощрения авторов и создания собственных «рупоров» правильных идей для всех групп населения. Помимо этого, необходимо также фильтровать вредный и деструктивный контент в СМИ и интернет-пространстве. Государство является главным регулирующим институтом информационного общества при условии, что в обществе существуют конкурентные отношения. Именно так обеспечивается информационная безопасность, в которой нуждается как общество, так и государство. При этом же, государство выступает в роли арбитра для любых взаимоотношений в информационном пространстве.

Но, в связи с этим, также возникает вопрос: является ли сфера безопасности информационного общества неограниченной для государственного влияния и вмешательства, или власть должна быть как-то ограничена правами и свободами граждан в медиа и интернет-пространстве. К сожалению, общественно-политический арбитраж государства не всегда идеален, и поэтому необходимо выстроить взаимодействие между властями и крупными компаниями, предлагающими услуги в интернете. Эти компании в наше время являются неотъемлемыми участниками создания благоприятной информационной среды. Между государством и обществом существуют связи, происходит обмен информацией, поэтому, когда речь идет о государстве как объекте регулирования безопасности, мы не имеем в виду все проявления и свойства государства, а только те, которые связаны с целеполаганием, воздействием определенного типа на общество и сферу безопасности. Однако, не исключены ситуации, когда один и тот же орган государственной власти может и должен функционировать одновременно в системе регулирования и управления безопасностью. И в то же время, сегодня нет ответа на вопрос, готово ли правительство любого современного государства к грамотной и постоянной деятельности, направленной на развитие и становление безопасного, позитивного и удобного для всех членов общества интернет-пространства. Возможно, государство лишь будет насаждать политическую волю правящего руководства. В результате получается, что ответить на эти социальные вопросы очень сложно.

Такой подход к развитию информационной среды должен минимизировать деструктивное воздействие информации на человека, особенно в условиях пандемии или международных кризисов. Также, функция социального прогнозирования потребностей граждан в информационном пространстве необходима для разработки стратегии устойчивого развития, достижения достаточного уровня безопасности и состояния стабильности в информационном обществе.

Интерес к структурным трансформациям сферы безопасности обусловлен тем, что сегодня в информационном обществе доминирующее медиа-интернет-пространство и мифологизированное измерение социальной реальности порождают ситуацию ценностной депривации, которая форматирует аксиологическую проекцию личности. Актуализируя вопросы интроспективной психологии, отметим, что они связаны с использованием технологий манипулирования информацией и конверсией связей с общественностью в информационно-технологическом обществе.

Структурные преобразования сферы безопасности, инициируют четыре типа воздействия государственных структур на общество в информационном обществе: мобилизационный тип государственного регулирования, определяющий способность информационного общества в определенный момент времени

аккумулировать ресурсы (материальные, человеческие, информационные), концентрируя их на приоритетном направлении для более эффективной стратегии устойчивого развития; распределительный тип государственного регулирования, способствующий размещению ресурсов, имеющихся в информационном обществе, в соответствии с потребностями современной личности с учетом социально-политических, финансово-экономических и культурно-информационных интересов; контролирующий тип государственного регулирования, объясняющий деятельность различных социальных институтов, групп и современной личности; коммуникационный тип государственного регулирования, позволяющий активно использовать информационные технологии для распространения гуманистических идей в обществе с целью повышения эффективности регулирующих воздействий властных структур, влияющих на информационную безопасность личности.

Новые направления научных разработок в области безопасности, направленные на инновационное мышление и гуманизацию общественных отношений, нуждаются в дальнейшем совершенствовании. Максимальная синхронизация, прозрачность многомерных процессных преобразований, происходящих в сфере безопасности, является первоочередной задачей государственных структур. Основопологающим является человеческий ресурс информационного общества, развитию которого способствуют медицина, образование и наука (интеллектуализация сферы безопасности).

Следует признать, что невозможно обеспечить поступательное развитие системы регулирования общественных отношений в сфере безопасности только административными методами, поэтому важно акцентировать внимание государственных структур на регулятивных принципах участия гражданского общества, исключающих деление общества на реформаторов и реформируемых. Сложные геополитические процессы провоцируют различные кризисы, которые более четко очерчивают границы цивилизационного разлома, изменяющего международные отношения, затрагивающие сферу безопасности. А в процессе современных трансформаций, возникает дисбаланс и дискомфорт, усиливающий информационную войну.

Следовательно, предлагаемые варианты безопасного существования личности, общества и государства проецируются в двух плоскостях: во-первых, в сущностных характеристиках и особенностях информационного общества, которое пока не готово к реализации системных решений в вопросах безопасности, и, во-вторых, в готовности политической элиты реально интегрироваться, минимизируя брутально-агрессивные методы трансляции информации (информационное насилие). В дальнейшем реализация направлений позволит не только влиять на эффективность сферы безопасности, но и диагностировать динамику развития сферы безопасности.

Таким образом, можно утверждать, что мы охарактеризовали основные функции государственного регулирования, что связано с трансформационным кризисом и обусловлено ресурсами прежних общественных отношений, а также неоднозначностью модернизационных процессов, интенсивностью цифровизации в контексте реформирования всех сфер общества, в том числе и сферы безопасности. Подводя итог, можно утверждать, что в обществе объективно происходят структурные изменения в сфере безопасности, поскольку разрушаются национальные экономики, социальные институты, форматируется система координат массового сознания, а значит, снижается адаптационный потенциал социальной системы, разе ценности и деформируя аксиологическую матрицу личности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудеквич Е. Ю. Аксиологическая безопасность: сущность, цели, стратегия // Система ценностей современного общества. 2008. С. 285–290.
2. Роберт И. В. Информационная безопасность личности: Материалы Межд. симпозиума «Надежность и качество». Т. 1. 2001. С. 3–6.
3. Суровцев В. В., Поляков А. Е. Информационная безопасность личности в социальных сетях: Матер. сб. трудов «Безопасность информационного пространства». 2018. С. 212–216.
4. Антипов А. А., Гришианова Е. М. Информационное право, как важный фактор безопасности и защиты информации // Экономика и качество систем связи. 2017. С. 2–6.

Изучение воздействия шума на зону жилой застройки Карасунского округа

Кузнецова К. К., студ. 3 курса

Науч. рук. – Болотин С. Н., канд. хим. наук, доц.

Кубанский государственный университет, г. Краснодар
ksenia1809111@mail.ru

В настоящее время шум – одна из главных причин негативного влияния на окружающую среду и состояния организма человека. В современных городах люди непрерывно сталкиваются с отрицательным

влиянием шумового загрязнения на свое здоровье. Зачастую это является следствием того, что урбанизированные территории представляют собой районы со старой застройкой, которая не рассчитана на шумовую нагрузку от возрастающего количества автомобильного транспорта. Длительное влияние шума влечет за собой развитие многих физических болезней, снижение производительности работы вследствие повышения утомляемости, снижение качества жизни, наблюдается отрицательное воздействие на психическое состояние людей [1]. Прежде всего, необходимо проводить плановый мониторинг урбанизированной территории, который позволит проследить динамику развития шумового загрязнения по зонам. Мониторинг предоставляет данные не только по оценке состояния окружающей среды, прогнозов ее развитие, а также играет не маловажную роль в решении множество социально-экономических и управленческих задач.

Цель работы – изучение воздействия шумового загрязнения в пределах жилой территории Карасунского округа.

Исследование проводилось с января по февраль 2023 года в г. Краснодар на территории, расположенной на пересечении ул. Ставропольской и ул. 2-ой Пятилетки. Помимо многоквартирных домов район отличался наличием общеобразовательного учреждения (МБОУ Гимназия № 40) и двух учреждений дошкольного образования (МБДОУ детский сад № 98, МБДОУ детский сад № 101).

Для проведения измерений шума используется специальное оборудование – шумомер. При начале работы с таким прибором в первую очередь необходимо выполнить его настройку. Все стандарты, касающиеся данного этапа исследования, содержатся в ГОСТ Р 53188.1-2019 [2]. Предельно допустимые уровни (ПДУ) звука для различных зон и в разное время суток устанавливаются согласно санитарным нормам (СанПиН 1.2.3685-21) [3]. С целью проведения дальнейшей обработки данных, по ниже приведенным формулам, были зафиксированы и уровни звука и шумовые характеристики от двух дорог в различных точках на территории жилой застройки. Необходимые данные для исследования отбирались на протяжении целого месяца в будние и выходные дни утром, днем и вечером. Полученные в результате расчетов средние значения, отображены в таблице 1.

Определяемая по ГОСТ 20444-2014 [4], шумовая характеристика автомобильного потока L_{A5} , является параметром для расчета эквивалентного уровня звука на расстоянии 7,5 м от оси ближней полосы движения транспорта до измерительной точки [5]. Определяется по формуле:

$$L_{A5} = 10 \lg Q + 13,3 \lg V + 4 \lg(1 + r) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2} + 15 \quad (1)$$

где Q – интенсивность движения, ед./ч; V – средняя скорость потока, км/ч; r – доля средств грузового и общественного транспорта в потоке; ΔL_{A1} – поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы, дБА; ΔL_{A2} – поправка, учитывающая продольный уклон улицы, дБА.

Таблица 1

Значения, характеризующие транспортный поток

№	Q, ед/ч	ΔL_{A1}	r, %	V, км/ч	ΔL_{A2}	Время
1	548	0	5,3	47	1	7:30–8:30
2	214	0	3,7	39	1	
1	562	0	5,7	50	1	13:00–14:00
2	259	0	2,7	45	1	
1	596	0	4,4	49	1	18:30–19:30
2	253	0	3,2	41	1	

Таблица 2

Усредненные практические и расчетные данные для всех точек в зоне исследования

№ точки	Среднее практических данных, дБА	№ точки	Среднее расчетных данных, дБА
1	85,90	1	69,73
2	85,43	2	70,06
3	87,74	3	70,65
4	80,08	4	65,71
5	74,20	5	63,73
6	70,74	6	62,05
7	76,51	7	64,84
8	72,34	8	61,97
9	65,59	9	60,37
10	75,25	10	64,20
11	71,22	11	60,38
12	64,94	12	58,48
13	74,27	13	64,04

По ниже приведенным формулам 2 и 3 были посчитаны значения необходимые для моделирования карт шума. Полученные практические и расчетные результаты далее сводились к среднему, они отображены в таблице 2.

Ожидаемый эквивалентный уровень звука $L_{Aэ,тер}$, создаваемый автомобильным транспортом непосредственно в зоне измерения находится следующим образом:

$$L_{Aэ,тер} = L_{Aэ} - \Delta L_{A3} + \Delta L_{A4} \quad (2)$$

где ΔL_{A3} – снижение уровня шума в зависимости от расстояния от оси ближайшей полосы движения транспорта до расчетной точки, дБА; ΔL_{A4} – поправка, учитывающая влияние отраженного звука, дБА.

$$L_{Aэ,тер} = 10 \lg(10^{0,1L_{Aэ,1}} + 10^{0,1L_{Aэ,2}}) \quad (3)$$

Для определения влияния шума на жилой сектор были смоделированы две карты шума. На рисунках 1 и 2 мы можем увидеть распространение шумового загрязнения по исследуемой зоне.



Рис. 1. Практическая шумовая карта



Рис. 2. Расчетная шумовая карта

На карте, содержащей практические измерения (рис. 1) выделена кривая черного цвета. Это говорит нам о том, что на более чем половине территории исследуемого района наблюдается превышения шумовой характеристики относительно максимального возможного уровня шума (70 дБА) в зоне жилой застройки. На карте, содержащей расчетные измерения (рис. 2) также отображена черная линия, обозначающая превышения допустимого уровня шума. Для проведения анализа и приведения выводов рекомендуется использовать карту по практическим измерениям, так как она демонстрирует более достоверные результаты проведенной работы.

Проведя мониторинг на протяжении месяца в районе исследования, можно сказать, что шумовое загрязнение превышает допустимые нормы по СанПиН в дневное время на более чем половине территории, захватывая, как и жилой сектор, так и гимназию с детскими садами. Для предотвращения негативных последствий необходимо применять шумозащитные мероприятия.

ЛИТЕРАТУРА

5. Устинова О. И. Азбука здоровья. Естественное восстановление функций организма. СПб.: Спорт и культура-2000, 2012. Кн. 1. 120 с.
6. ГОСТ Р 53188.1-2019 «Шумомеры. Часть 1. Технические требования»: утвержден и введен в действие 23.04.2019.
7. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: утверждены 28.01.2021; введены в действие 01.03.2021.
8. ГОСТ 20444-14. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. 2015-07-01.
9. Болотин С. Н., Пикалова Н. А. Экология городской среды. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2021. 66 с.

Мониторинг атмосферного воздуха на территории г. Йошкар-Олы

Куклина В. Е., магистр

Науч. рук. – Ягдарова О. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола
kuklina.victoria-lady@yandex.ru

Одним из способов оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах, является мониторинг их состояния. Наблюдение за уровнем загрязнения атмосферного воздуха в республике Марий Эл и в городе Йошкар-Оле осуществляется ГУП РМЭ «Территориальный центр «Маргеомониторинг» на постах наблюдений.

В атмосферном воздухе города Йошкар-Олы проведено определение содержания следующих загрязняющих веществ: диоксида азота, оксида азота, оксида углерода, диоксида серы, формальдегида, пыли (взвешенных частиц). Результаты мониторинга атмосферного воздуха на территории г. Йошкар-Олы в 2021 г. показали, что среднегодовые концентрации по основным загрязняющим веществам (СО, SO₂, NO₂, NO, пыль, НСНО) не превышали уровня ПДК и соответствовали санитарным нормам (табл. 1). Места сбора материала осуществлялся на маршрутных постах г. Йошкар-Олы (рис. 1).

Таблица 1

Средние концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Йошкар-Ола

Определяемый показатель	ПДК мг/м ³	2020 г. Ср., мг/м ³	2021 г. Ср., мг/м ³
СО	5,0	0,93	0,51
SO ₂	0,5	0,0040	0,014
NO ₂	0,2	0,027	0,060
NO	0,4	0,014	0,014
Пыль	0,5	0,070	0,083
НСНО	0,05*	0,0035	0,0012
КИЗА		0,61	0,64

Примечание*: (ПДК = 0,035 мг/м³ до 17.06.2014 г.; ПДК = 0,05 мг/м³ с 17.06.2014 г.) – ГН 2.1.6.1338-03; СО – оксид углерода; SO₂ – диоксид серы; NO₂ – диоксид азота; NO – оксид азота; НСНО – формальдегид; CH₃SH – метилмеркаптан; КИЗА – комплексный индекс загрязнения атмосферы.

В воздухе города содержание оксида углерода (II) выше, чем любого другого загрязнителя. Авто-транспорт является крупнейшим источником оксида углерода в городах.

В результате наших исследований среднегодовая концентрация угарного газа не превышала ПДК и соответствовала санитарным нормам. Максимальное значение содержания СО в атмосферном воздухе приходилось на 2020 году и составило 0,93 мг/м³, а в 2021 г. – 0,51 мг/м³, что почти в 2 было ниже с предыдущим годом.

Содержание угарного газа во всех поста статистически не различался как в 2020, так и 2021 г. Уровень загрязнения по содержанию оксида углерода может характеризоваться, как «низкий». Увеличение содержания СО в городе очень часто связано с повышением автомобильного транспорта (образование из-за неполного сгорания топлива в случае недостатка или слишком низких температур горения, а также когда топливо испаряется). Результаты содержания SO₂ на территории города в 2021 г. показали, что среднегодовая концентрация диоксида серы не превышала ПДК и соответствовала санитарным нормам.

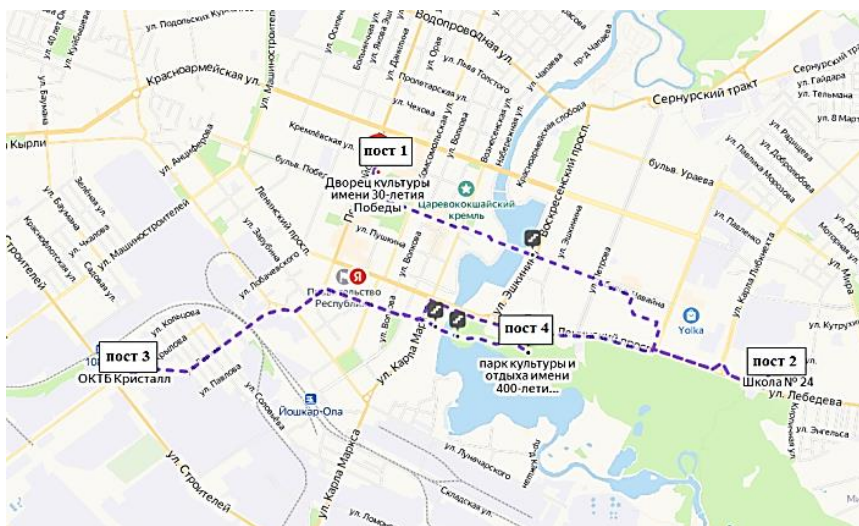


Рис. 1. Площадки отбора материала

Примечание*: ПОСТ № 1 (рекреационная зона) – Центральный парк, район ДК им. XXX-летия Победы; ПОСТ № 2 (селитебная зона) – микрорайон «Нагорный», ул. Кирпичная, школа № 24; ПОСТ № 3 (промышленная зона) – район завода ОАО «ОКТБ Кристалл», ул. Строителей-ул. Крылова; ПОСТ № 4 (контроль) – район водозабора г. Йошкар-Олы, правый берег реки М. Кокшага.

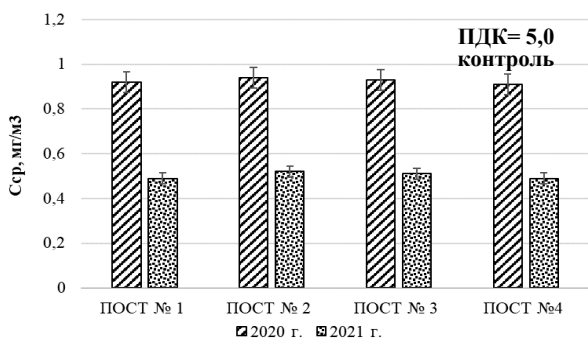


Рис. 2. Определение содержания CO в г. Йошкар-Оле

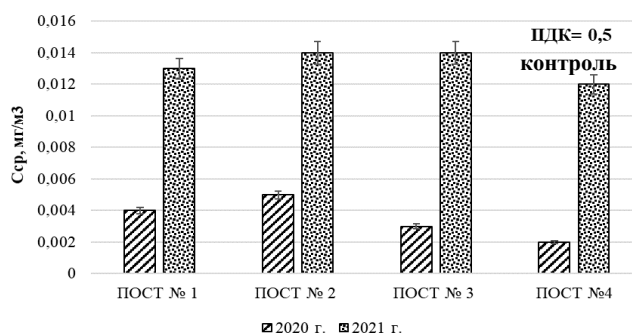


Рис. 3. Содержание SO₂ в изученных районах города

Содержание SO₂ в атмосферном воздухе на территории г. Йошкар-Олы было разнообразно в изученных годах. По сравнению с 2020 г. содержание SO₂ в 2021 г. увеличилось почти в 1,5 раза. Так, максимальные значения данного показателя были на 2 и 3 постах (ул. Кирпичная, общеобразовательная школа № 24 и ул. Строителей – ул. Крылова соответственно) в 2021 г., и составило 0,014 мг/м³, что, скорее всего, связано с большой пропускной способностью дорог автотранспортом (рис. 3).

Содержание SO₂ во всех постах статистически не различались по постам. Уровень загрязнения по содержанию диоксида серы может характеризоваться, как «низкий».

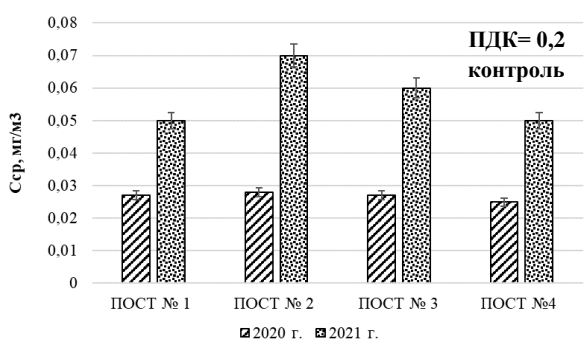


Рис. 4. Определение содержания NO₂ в городе

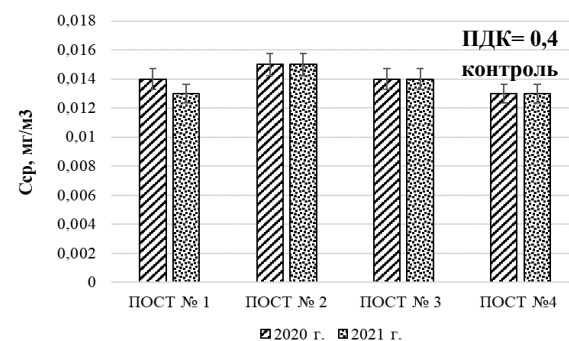


Рис. 5. Определение содержания NO в разных районах города

Результаты содержания NO₂ на территории города в 2021 г. показали, что среднегодовая концентрация по определяемому веществу не превышала ПДК и соответствовала санитарным нормам (ПДК – 0,2 мг/м³).

Содержание NO_2 в атмосферном воздухе на территории г. Йошкар-Олы в 2020–2021 гг. было разнообразно в изученные годы. Наименьшее содержание NO_2 было выявлено в 2020 г. на посту № 4 (контроль) составило $0,027 \text{ мг/м}^3$. На графике можно проследить резкое увеличение содержания NO_2 в 2021 г. ($0,060 \text{ мг/м}^3$), по сравнению с 2020 г. содержание NO_2 в 2021 г. увеличилось почти 2 раза (рис. 4). В результате наших исследований содержание NO в воздухе на территории г. Йошкар-Олы статистически не различалось на всех изученных постах. Результаты мониторинга за 2020–2021 гг. показали, что среднегодовая концентрация данного оксида не превышала уровень ПДК и соответствовала санитарным нормам (ПДК – $0,4 \text{ мг/м}^3$).

Содержание в воздухе NO варьировалось от $0,013 \text{ мг/м}^3$ до $0,015 \text{ мг/м}^3$ как в 2020 г., так и в 2021 г. (рис. 5). При работе автотранспорта от трения шин о поверхность дорожного покрытия образуется резиновая пыль. Также при работе дизельных и газотурбинных двигателей образуется сажа – все это является причиной ухудшения состояния атмосферного воздуха.

В результате исследований содержание взвешенных веществ (пыли) в воздухе в изученных районах исследования в 2021 г. было выше, чем в 2020 г. На посту № 4 район водозабора города Йошкар-Олы было наименьшее содержание пыли в атмосферном воздухе в 2020 г. ($0,060 \text{ мг/м}^3$), по сравнению со следующим годом. В 2021 г. показатель увеличился почти в 1,5 раза.

В остальных постах содержание пыли было на одном уровне и статистически не отличалось. Результаты исследований на территории города показали, что среднегодовая концентрация пыли не превышала ПДК и соответствовала санитарным нормам (ПДК – $0,5 \text{ мг/м}^3$) (рис. 6).

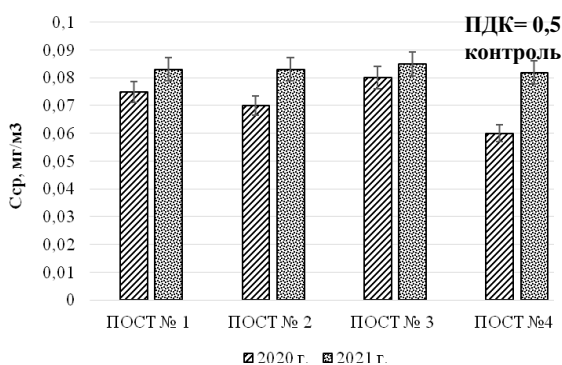


Рис. 6. Определение содержания пыли в городе

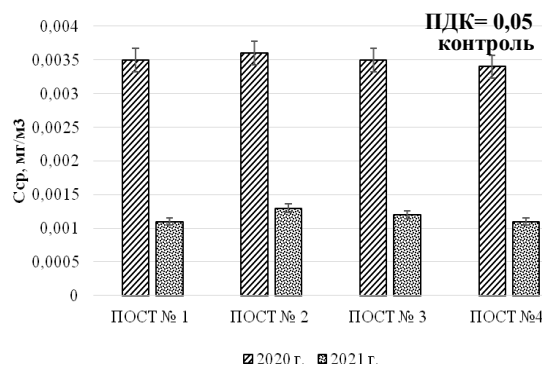


Рис. 7. Определение содержания в НСНО в городе

Источником формальдегида в атмосферном воздухе являются выхлопные газы, выделяемые автомобилями. Он оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье человека и природы в целом, наносящие ущерб природным компонентам, и впоследствии приводящие к деградации растительности.

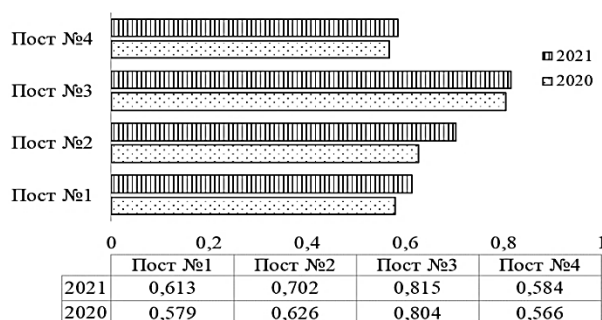


Рис. 8. Сравнительная характеристика по комплексному индексу загрязнения атмосферы на постах города

Содержание НСНО в атмосферном воздухе на территории г. Йошкар-Олы было разнообразно. Наибольшее значение показателя было выявлено в 2020 г. и составило $0,0036 \text{ мг/м}^3$ на посту № 2. По сравнению с 2020 г. содержание НСНО в 2021 г. наоборот уменьшилось почти 2 раза. Результаты мониторинга на территории города в 2020–2021 гг. показали, что среднегодовая концентрация НСН не превышала ПДК и соответствовала санитарным нормам ($0,05 \text{ мг/м}^3$) (рис. 7).

Исходя из результатов наблюдений, превышений по $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ и $\text{ПДК}_{\text{ср}}$ по всем определяемым примесям в изученных районах исследования за 2020–2021 годы не было обнаружено. Мониторинг содержания

атмосферного воздуха на территории г. Йошкар-Олы показал, что содержание оксида углерода, формальдегида в 2021 г. уменьшились, наблюдается увеличение концентраций по диоксиду серы и азота по сравнению с прошлым годом. Оксид азота держался на одном уровне.

В результате расчета среднего показателя КИЗА за 2020–2021 г. было выявлено, что максимальные значения этого показателя в 2021 г. приходилось на промышленную (пост № 3) и селитебную (пост № 2) зоны и составили 0,815 и 0,702 соответственно. В 2020 г. максимальные значения показателя также были на данных постах и составили 0,804 и 0,626 соответственно. Наименьшее значение КИЗА имел фоновый пост (пост № 4). Тем не менее, во всех изученных районах исследования показатель КИЗА имел допустимое значение по рассматриваемой совокупности примесей в целом. По комплексному индексу загрязнения атмосферы изученные нами посты характеризуются низкими значениями (КИЗА < 5).

Результаты мониторинга атмосферного воздуха на территории города в 2020–2021 гг. показали, что среднегодовые концентрации по каждому определяемому веществу не превышали уровня ПДК и соответствовали санитарным нормам. Уровень загрязнения может характеризоваться, как «низкий».

ЛИТЕРАТУРА

1. ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» (с изменениями на 31.05.2018).
2. ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.
3. РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». М., ГК СССР по гидрометеорологии, 1991 (с изм. на 20.10.2019).
4. РД 52.04.667-2005 «Руководящий документ. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию. М., Росгидромет, 2005.

Причины и последствия популяционных взрывов желтелых в Азовском море

Куприянов И. А., студ., Тимофеева Н. Д., студ.

Науч. рук. – Стрельцова Н. Б., канд. биол. наук, доц.

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ,
г. Новочеркасск
kupriyanovae@bk.ru

В настоящее время, в связи изменения климата и антропогенным прессингом во всем мире происходят кардинальные изменения в биоте, которые сопровождаются резкими колебаниями численности как автохтонных видов, так и популяционными взрывами инвазионных видов. Наиболее чувствительными к этим воздействиям оказались водные сообщества. Ярким примером таких процессов является изменение численности желтелых в Азовском море.

Азовское море в прошлом было самым продуктивным на планете. В 1930-е гг. совокупные уловы промысловых рыб Азовского моря достигали 400 тыс. т. До 1950-х годов, когда произошло зарегулирование стока рек Дона и Кубани, это был один из основных рыбопромысловых водоемов СССР, поставлявший ценные виды рыб и рыбной продукции. Причин резкого снижения продуктивности и деградации экосистемы моря множество, но особенно по значимости выделяется колебание такого лимитирующего фактора для гидробионтов как соленость воды [1].

Азовское море является мелководным, солоноватоводным водоемом с плавным градиентом солености от дельт рек к Керченскому проливу. Многолетние колебания объемов речного стока и поступления соленой черноморской воды через пролив под воздействием антропогенных и глобальных климатических факторов приводят к значительным изменениям солености вод. За последние пятьдесят лет динамики минерализации Азовского моря можно выделить два периода резкого повышения солености, которое приводило к перестройке биоты и значительным изменениям в численности и биомассе желтелых.

Первый период это 70–80 годы XX века, которые характеризуются резким увеличением солености до 14 ‰. Это связано не только с маловодностью периода, но и большими объемами безвозвратного водопотребления стока Дона и Кубани на нужды сельского хозяйства.

В этот период в состав желтелого планктона Азовского моря входило два вида медуз – корнерот (*Rhizostoma pulmo*) и аурелия (*Aurelia aurita*). Азовского моря не является местом постоянного обитания этих видов. Медузы каждый год мигрируют в Азовское море ранней весной через Керченский пролив из Черного моря и формируют в нем временные сезонные популяции. Не имея естественных врагов, рост численности медуз лимитируется только степенью благоприятности условий среды (высокая соленость

и температура воды) и развитием кормовой базы. В условиях низкой солености медузы не дают популяционного взрыва. Но в семидесятые годы оба вида медуз в результате осолонения моря в условиях отсутствия здесь других трофических конкурентов, кроме хамсы и тюльки стали резко увеличивать свою численность.

Появлялись оба вида медуз в пелагиали Азовского моря в апреле-мае и в этот период они концентрировались в наиболее соленых районах моря. Второй, более мощный, пик связан с размножением проходил в июне-июле и формировал самую высокую численность медуз в августе.

В юго-восточном и северо-западном районах собственно моря в августе концентрация медуз достигала 1000–1500 экз./улов [2]. Ареал медуз численностью от 61 до 1000 экз./улов охватывал всю акваторию собственно моря и западную часть Таганрогского залива. Осенью численность медуз снижалась.

Впервые небольшие скопления сцифоидных медуз в Азовском море были обнаружены в 1970 г., а с 1974 г., при солености немногим более 13,0 ‰, эти желетельные организмы стали постоянными видами зоопланктона. Наиболее высокий уровень роста популяции медуз отмечался в 1976–1978 гг., когда их биомасса в Азовском море достигала 6,0–13,5 млн т. Самый высокий запас их численности (7,0 млрд шт.) был зарегистрирован в августе 1978 г., а максимальный запас биомассы (13,5 млн т) отмечался в 1976 г. [2].

Таблица 1

Многолетняя динамика биомассы сцифоидных медуз в Азовском море [2]

Годы	Соленость ‰	Биомасса, млн. т сырой массы
1974	13,13	1,98
1975	13,37	3,60
1976	14,04	13,50
1977	13,75	7,30
1978	13,17	7,00
1979	12,46	5,89
1980	12,36	3,90
1981–1987	12,38–11,25	0,01–0,37
2018	14,25	0,14

В питании медуз в Азовском море доминировали копеподы, иногда личинки усонюгих раков и детритоподобная масса. Состав рациона, потребляемого обоими видами медуз, был идентичен спектру питания азовских планктофагов — тюльки, хамсы, сельди. Это создает трофическую конкуренцию между этими видами рыб и желетельными вселенцами, из которой победителями выходят медузы. Расчеты показали, что при средней биомассе 2,8 млн т медузы потребляли 42 % летней продукции зоопланктона.

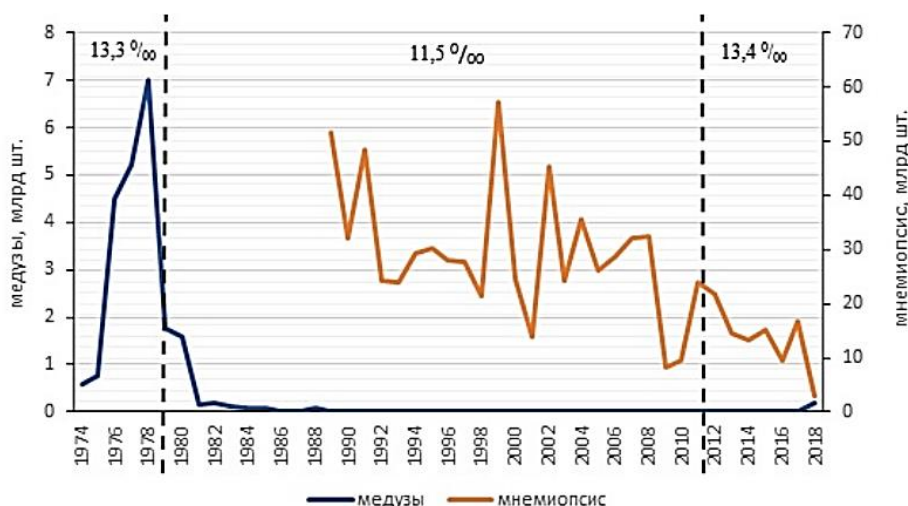


Рис. 1. Динамика численности медуз и мнемипсиса в зависимости от солености воды [3]

Серьезная пищевая конкуренция, которая повлияла на нагул и формирование популяций хамсы и тюльки. По данным исследователей биомасса этих видов рыб по сравнению с периодом до зарегулированного стока снизилась на 24 %.

С наступлением естественного многоводья в конце 1970-х и в 1980-е гг., которое привело к снижению солености моря до 11,9 ‰ интенсивное развитие медуз в Азовском море прекратилось.

При достаточной обеспеченности кормовой базы (концентрация кормового зоопланктона в летний период находилась на уровне 216,0–455,0 мг/м³) численность медуз составляла всего 0,02–0,18 млрд шт., биомасса изменялась в пределах 0,014–0,37 млн т. [3] Ареал медуз был менее обширным: сначала они перестали развиваться в западной части собственно моря, затем в центральном и на отдельных участках северного района. Численность животных в уловах в большинстве случаев составляла 1–5 шт. Исключением части моря близкие к Керченскому проливу, где их плотность иногда достигала 14–60 экз./улов.

Второй период функционирования экосистемы Азовского моря характеризуется снижением объема материкового стока, начавшегося в 2007 г., что привело к повышению солености воды в море. Причина снижения стока обусловлена с нарастающим изменением климата и резким снижением выпадения осадков. Роль антропогенного фактора в снижении водности рек не так велика. Если в 2006 г. соленость составляла чуть более 9‰, то к 2018 г. она возросла до 14‰ и превысила значения, наблюдаемые в период предыдущего цикла осолонения в 70-х гг. XX в.

В 2018 г. интенсивность развития сцифоидных медуз в Азовском море, несмотря на высокую соленость, была значительно слабее, чем в 70-х гг. XX века. Численность находилась на уровне 0,01 млрд шт., биомасса составляла 0,014 млн т. Объясняется это появлением более пластичного трофического конкурента медуз.

В этот период преобладающим в желетелом планктоне стал инвазионный вид гребневик *Mnemiopsis leiyi*, который был завезен с балансными судами из Атлантического океана в 1982 году. Первоначально гребневик обитал только в Черном море, в 1988 году был замечен в Азовском море. К 1989 году популяция в Черном море достигла наивысшего уровня, составляя около 400 особей на м³ воды в оптимальных условиях. Каждый год весной и в начале лета гребневик заносится в Азовское море из Черного и дает вспышку численности. Данный вид обладает высокой толерантностью к солености воды (3,4 – 20‰) и образует скопления даже в низко минерализованном Таганрогом заливе. Также мнемипсис адаптирован к изменениям температуры (2–32° С) и качеству воды [4].

Гребневики обладают способностью к самооплодотворению, поскольку они гермафродиты. От крупных особей в районах с обильной добычей образуется до 10000 яиц. Молодь быстро растет, и в свою очередь, приступает к размножению. Гребневик, может начинать размножаться по достижении длины 3 см. Вместе с тем некоторые личинки длиной 1,5–2,8 мм продуцируют жизнеспособные гаметы. В среднем гребневик выметывает яйца на 15-й день жизни. Такой высокий репродукционный потенциал позволяет гребневику резко увеличивать свою численность в течение нескольких недель.

Мнемипсис питается активно плавающими планктонными организмами. Это ветвистые и веслоногие рачки и другие мелкие зоопланктон, икра и личинки рыб (из-за этого гребневик является трофическим конкурентом для пелагических рыб) Из-за конкуренции произошло резкое сокращение популяций рыб, в частности, коммерчески важной хамсы. Его хищниками являются водные позвоночные и птицы. При больших концентрациях пищи суточный рацион может превышать в несколько раз массу самого гребневика. При наличии пищи масса организма может удваиваться за 2–3 суток [5].

Через десять лет после появления в 1980-х годах мнемипсиса, в Черное море был завезен еще один вид гребневику – *Beroe ovata*. Данный вид отличается от своих собратьев большей длиной (16 см) и менее активным размножением, но этому виду гребневику принадлежит в трофической сети морей особая роль. Берое является хищником и естественным регулятором численности гребневику мнемипсиса, каких не было до его вселения. Именно из-за берое в 1990-х годах произошло уменьшение популяции мнемипсиса (также к причинам относят тогдашнее локальное похолодание Азовского моря в 1991–1993 годах), но из-за более активного размножения мнемипсис очень быстро восстановил свою популяцию [6].

Осолонение Азовского моря в настоящее время привело к снижению численности популяции мнемипсиса, но являясь трофическим конкурентом медуз он сдерживает вспышку их численности. В конкурентных отношениях побеждает тот вид, который имеет преимущества. Большая пластичность по отношению к солености воды, большая репродуктивная способность, более широкий спектр питания дает преимущество позволяет гребневику даже в условиях осолонения иметь биомассу в Азовском море на порядок выше чем у медуз. В результате численность и биомасса медуз значительно меньше, чем в период предыдущего осолонения моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воловик Г. С., Воловик С. П., Косолапов А. Е. Водные и биологические ресурсы Нижнего Дона: состояние и проблемы управления. Новочеркасск: СевКавНИИВХ, 2009. 301 с.

2. Развитие популяций сцифоидных медуз *Rhizostoma pulmo* и *Aurelia aurita* в Азовском море / З. А. Мирзоян, М. Л. Мартынюк, Д. В. Хренкин, Д. Ф. Афанасьев // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 2. URL: <https://journal.azniirkh.ru/uploads/files/journal> (Дата обращения: 2.04.2023)
3. Корреляционный анализ запасов пелагических рыб и биомассы гребневика *Mnemiopsis leidyi a. agassiz*, 1865 в Азовском море / Д. Ф. Афанасьев, С. Н. Кульба, В. А. Шляхов, В. Н. Белоусов // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3. № 2. URL: https://journal.azniirkh.ru/uploads/files/journal/17-23_2_2020.pdf (Дата обращения: 2.04.2023)
4. Липская Н. Я., Луцкая Т. Н. Биология гребневика мнемипсиса // Рыбное хозяйство. 1990. № 9. URL: <http://ribovodstvo.com/books/item/f00/s00/z0000026/st015.shtml> (Дата обращения: 4.04.2023)
5. Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (А. Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / Под ред. С. П. Волвика. Ростов-н/Д.: Батайское книжное издательство, 2000. 500 с.
6. Луппова Н. Е. Черноморский гребневик-вселенец *Beroe ovata* (*Ctenophora, Atentaculata, Beroida*): репродукционный успех в зависимости от условий обитания // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chernomorskiy-grebnevik-vselenets-beroe-ovata-ctenophora-atentaculata-beroida-reproduktsionny-uspeh-v-zavisimosti-ot-uslovy/viewer> (Дата обращения: 6.04.2023)
7. Шляхов В. А., Гришин А. Н. Состояние планктонного сообщества и промысла пелагических рыб в Черном море после вселения гребневиков *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* // Рыбное хозяйство Украины. 2009. № 5. С. 53–60.

Закономерности распределения тяжелых металлов в системе «вода-донные отложения-гидробионты»

Курбатов С. А., аспир.

Науч. рук. — Зубкова В. М., д-р. биол. наук, проф.

Российский государственный социальный университет, г. Москва
mo-kurbatov@m-obvu.ru

Водные объекты испытывают различную антропогенную нагрузку, в зависимости от целевого использования и хозяйственного назначения. К числу основных загрязнителей природных вод, отражающих степень антропогенной нагрузки на водные экосистемы, относят тяжелые металлы (ТМ). Устойчивость тяжелых металлов к разложению в водных экосистемах определяет их высокую аккумуляционную способность гидробионтами. Повышенный уровень металлов в воде, донных отложениях и водных организмах объясняется быстрым ростом и развитием промышленности, урбанизированных территорий, рекреационных видов деятельности и т.д. Тяжелые металлы, попадающие в водные объекты из различных источников, наносят ущерб гидробионтам и негативно влияют на всю экосистему из-за токсичности, различающейся в зависимости от вида элемента. Такие ТМ как Cu, Zn, и Fe, не считаются опасными для качества воды, если только их концентрация не превышает допустимый уровень, поскольку они необходимы для метаболизма гидробионтов [1, 2].

ТМ в водных экосистемах существуют долго, они не разлагаются, переходят из ионной формы в связанную с тем или иным лигандом, накапливаются в гидробионтах в существенно большем количестве, чем в среде их обитания. В связи с этим водные организмы испытывают значительную антропогенную нагрузку и могут служить индикаторами экологического состояния водных бассейнов [1, 2].

Изучение микроэлементного состава водных организмов способствует пониманию процесса трансформации биологически доступных металлов по трофическим цепям. Концентрирование тяжелых металлов на нижних трофических уровнях способствует продвижению их по пищевой цепи. Растения выработали эффективный механизм поглощения металлов из водной среды; они могут растворять и накапливать металлы даже при их присутствии в более низких концентрациях, благодаря своей способности продуцировать органические кислоты и хелатирующие агенты. Рыбы в водной экосистеме находятся на вершине пищевой цепи.

Оценка характера накопления металлов, как в абиотических, так и биотических компонентах водных экосистем является ключевым методом для биомониторинга долгосрочного аккумулярования металлов. Гидробионты, являясь подходящим биоиндикатором для дифференциальной чувствительности к загрязнению водной экосистемы, широко применяются в данном методе исследований.

Накопление металла в различных тканях рыб в значительной степени зависит от трофического положения, количества пищи и концентрации металлов в окружающей среде [3]. Однако загрязнение водных объектов тяжелыми металлами, которые в конечном счете биоаккумулируются в гидробионтах, вызывает озабоченность не только из-за угрозы для рыбы, но и из-за рисков для здоровья, связанных с ее употреблением [4].

Целью данной работы является оценка содержания тяжелых металлов в абиотических и биотических компонентах экосистем Клязьминского водохранилища.

Отбор проб воды, донных отложений и гидробионтов (*Perca fluviatilis* L., *Carassius carassius* L., *Lemna minor* L., *Typha latifolia* L.) производили в 2022 г. по 4-м контрольным створам Клязьминского водохранилища

(створ 1 – г. Долгопрудный, вблизи ул. Набережная; створ 2 – вблизи п. Птицефабрики; створ 3 – вблизи с. Троицкое; створ 4 – д. Осташково) [2].

Качество воды оценивали по комбинированному действию группы загрязнителей с одинаковым лимитирующим показателем вредности.

Результаты исследования характеризуют качество воды Клязьминского водохранилища, как воду с высокой степенью загрязнения.

Содержание Fe, Mg, Cu в воде превышало ПДК_{рх}, а содержание Zn в отдельных створах было ему равно (рис. 1).

По суммарному действию соединений с токсикологическим показателем вредности вода Клязьминского водохранилища имеет следующее расположение по створам: Створ 1 > створ 2 > створ 3 > створ 4.

Донные отложения ввиду своей аккумулятивной способности к различным токсикантам выступают в роли индикаторов состояния водоемов, а способность накапливать ТМ делает их потенциальным источником вторичного загрязнения.

По суммарному показателю загрязнения донные отложения Клязьминского водохранилища характеризуются допустимой степенью загрязнения (рис. 2).

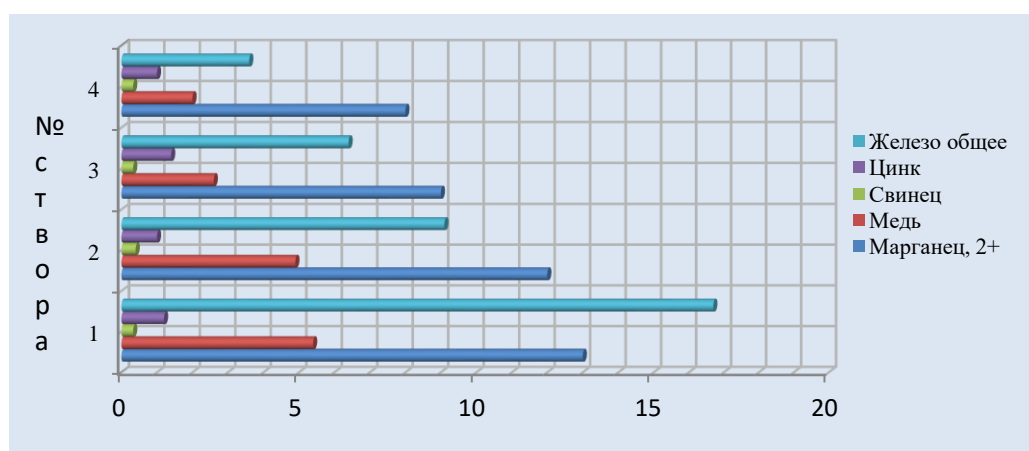


Рис. 1. Содержание ТМ в воде Клязьминского водохранилища, в долях ПДК_{рх}

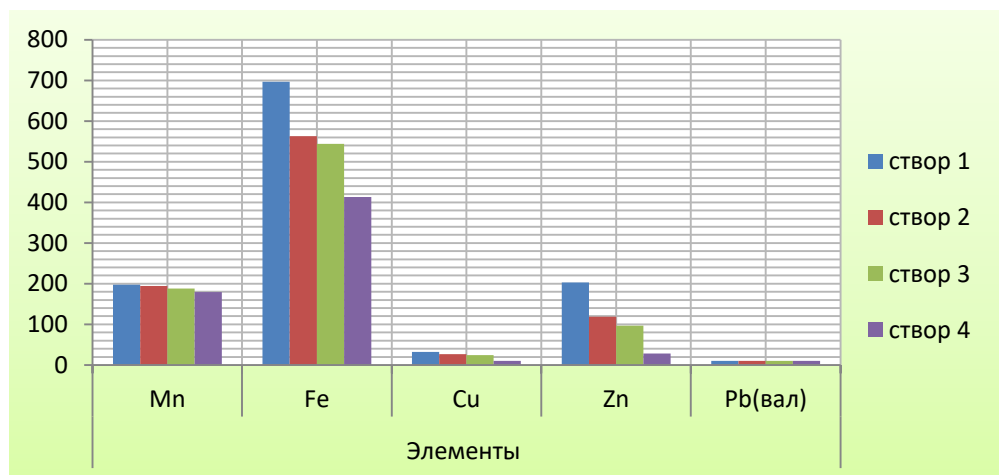


Рис. 2. Содержание ТМ в донных отложениях, мг/кг

Анализ результатов исследования содержания ТМ в макрофитах произрастающих в Клязьминском водохранилище, свидетельствует о том, что концентрация тяжелых металлов в них определялась в первую очередь видовой принадлежностью и местом произрастания.

Так наибольшие концентрации Mn, Fe, Zn отмечены у *Lemna minor* L. и *Typha latifolia* L. в створе 1. Содержание Mn, Zn у исследуемых растений уменьшалось в ряду: створ 1 > створ 2 > створ 3 > створ 4.

Обеспеченность гидробионтов элементами, зависит не только от их содержания в среде, но и от его взаимоотношений с другими элементами. Разноплановость в содержании элементов может быть обусловлена антагонистическими или синергическими воздействиями других элементов.

Степень выраженности и направленность явлений синергизма и антагонизма в наших исследованиях варьируют по видам растений в связи с изменением содержания изучаемых элементов как в воде, так и в донных отложениях в различных створах.

Корреляционный анализ позволил выявить антагонистические отношения (слабую обратную связь) между содержанием меди и свинца, свинца и цинка в *Typha latifolia* L., а также высокую обратную связь между железом и свинцом. Высокая и заметная прямая связь выявлены для марганца со всеми элементами в *Lemna minor* L. Железо вступает в синергические отношения с медью, медь – с цинком (табл. 1).

Механизмы устойчивости ВВР к избытку ТМ могут проявляться по разным направлениям: одни виды способны накапливать высокие концентрации ТМ, но проявлять к ним толерантность; другие стремятся снизить их поступление путем максимального использования своих барьерных функций.

Таблица 1

Корреляционная матрица взаимосвязи между микроэлементами в различных растениях

<i>Lemna minor</i> L.						<i>Typha latifolia</i> L.					
	Mn	Fe	Cu	Zn	Pb		Mn	Fe	Cu	Zn	Pb
Mn	1					Mn	1				
Fe	0,76	1				Fe	0,95	1			
Cu	0,69	0,96	1			Cu	0,80	0,94	1		
Zn	0,75	0,46	0,58	1		Zn	0,94	1,00	0,95	1	
Pb	0,91	0,72	0,77	0,94	1	Pb	0,23	-0,05	-0,39	-0,10	1

По способности накапливаться в *Typha latifolia* L. и *Lemna minor* L. во всех исследуемых створах из воды выделяются такие элементы как Mn, Cu, Zn, Fe. *Typha latifolia* L. из воды в створе 1 в наибольшем количестве накапливала Mn, Zn. Высокая накопительная способность *Lemna minor* L. по отношению к Mn, Fe, Cu отмечалась в створе 4 (табл. 1).

В первую очередь к токсическому воздействию на растения Клязьминского водохранилища может привести высокое содержание в воде железа и марганца. Постоянное превышение ПДК по этим элементам приводит к накоплению их в растениях.

По способности концентрировать ТМ изучаемые растения относятся к сверхконцентраторам.

В исследуемых видах макрофитов отмечены значительные величины концентраций физиологически необходимых металлов – Mn, Fe, Zn. Незначительные уровни содержания в *Typha latifolia* L. и *Lemna minor* L. отмечены по Pb – метал, с неустановленной ролью в обменных процессах.

Различия в степени биоаккумуляции тяжелых металлов в исследованных растениях вызваны видоспецифичностью растений (разная физиологическая потребность в элементах), влиянием условий среды, принадлежностью по типу произрастания к разным экологическим нишам.

Акумуляция ТМ в тканях и органах рыб зависит от абиотических факторов, занимаемой экологической ниши. Независимо от видовой принадлежности изучаемых рыб в тканях и органах рыб отмечается высокое содержание Fe, в отдельных образцах наблюдаются превышения ПДК этого элемента более, чем в 8 раз.

Органом концентратором для Fe, Pb, Zn является печень; Mn – мышцы и жабры. В динамике накопления Zn, Fe и Pb прослеживаются видовые особенности.

Существенных различий по характеру накопления тяжелых металлов в мышечных тканях не наблюдается. Отличие значений содержания ТМ в органах *Carassius carassius* L. может быть связано с чувствительностью вида к токсичным элементам.

Содержание различных тяжелых металлов в рыбе существенно различается, но в целом независимо от места обитания по средневзвешенному содержанию элементов ряды поглощения их выглядят одинаково для всех створов, как для окуня, так и для карася: Zn > Fe > Mn > Cu > Pb.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить особенности накопления тяжелых металлов и микроэлементов, а также характер их распределения в организмах гидробионтов, которые являются универсальными объектами исследования, позволяющими установить степень влияния на живой организм различных факторов, в том числе токсикантов.

Повышенное содержание ТМ в организме исследуемых рыб свидетельствует о значительной их концентрации в водной среде, аккумуляции их в пищевых цепях и функциональных нарушениях во всех звеньях гидроэкосистемы.

Рыбы обладают повышенной способностью накапливать ТМ. По содержанию ТМ в их организме можно судить о загрязнении водоема.

Загрязнение ТМ распространяется на все компоненты водной экосистемы, независимо от вида гидробионтов, ряд приоритетных загрязнителей остается постоянным, различны лишь степени концентрирования.

При этом необходимо отметить, что ТМ накапливаются в различных органах рыб и могут проникнуть в организм человека, повреждая почки, вызывая умственную отсталость, рак.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаханюк Ж. С., Зубкова В. М., Розумная Л. А. Миграция тяжелых металлов в системе «Береговой грунт-донные отложения-растения» реки Ходца в период летней межени 2019 года // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. №. 2. С. 67–74.
2. Курбатов С. А., Зубкова В. М., Гапоненко А. В. Миграция и биоконцентрирование тяжелых металлов в системе «вода – донные отложения – растения» Клязьминского водохранилища // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2022. №12/2. С. 29–36.
3. Лысенко Е. В., Чернова Е. Н. Перенос тяжелых металлов по трофической цепи планктон – моллюски-фильтраторы в солоноватоводных лагунных озерах побережья Японского моря // Известия ТИНРО. 2016. Т. 187. С. 197–204.
4. Сибиркина А. Р., Москвина А. В. Оценка содержания тяжелых металлов в системе «снег-вода-рыба» (на примере некоторых озер Челябинской области) // Состояние и перспективы научно-технологического развития рыбохозяйственного комплекса. 2019. С. 270–277.

Изучение водоемов Лысьвенского городского округа методом биотестирования инфузориями

Липатникова А. В.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень
arinalipatnikova077@gmail.com

Лысьвенский городской округ богат водными ресурсами. Поэтому экологическое состояние города можно оценить по экологической оценке водоемов. Водоемы Лысьвенского городского округа подвержены интенсивному влиянию предприятий и населения. По данным Отдела водных ресурсов Камского водного бассейнового управления Федерального агентства водных ресурсов в 2019 году объем сброса сточных вод в реку Лысьва от предприятий-водопользователей составил 6,99 млн. куб. м, динамика отведения сточных вод в водные объекты за пятилетний период представлена на рисунке 1.

Биотестирование заключается в установлении уровня токсичности среды через специальные тест-объекты [2]. Для исследования была выбран такой тест-объект как инфузория, так как она не только очищает среду вокруг себя, но и имеет ярко выраженные защитные свойства. К таким свойствам относятся уплывание, сжатие, выделение отпугивающих или вредных для врага веществ [3].

Целью работы является изучение качества водоемов Лысьвенского городского округа методом биотестирования инфузориями. В соответствии с поставленной целью в рамках исследования решаются следующие **задачи**:

1. Изучить литературу про методы биоиндикации с помощью инфузорий, а также про водоемы Лысьвенского городского округа.
2. Подобрать методику изучения качества водоемов с помощью инфузорий.
3. Провести исследования по заданной методике и оценить результаты исследований.
4. Сделать выводы и дать рекомендации.

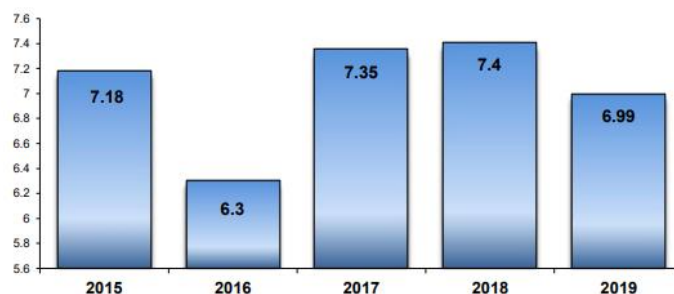


Рис. 1. Динамика валового сброса сточных вод от предприятий-водопользователей г. Лысьва за 2015–2019 годы, млн. куб. м [1, с. 12]

Методология. Исследования были проведены на территории Лысьвенского городского округа с июня по июль 2022 года. В экспериментах использовалась цифровая лаборатория, велись фото- и видеосъемки с помощью программы «Levenhuk». Получить культуру простейших организмов можно, используя старое, желательно луговое сено. Заполнить сеном 1/3 часть сосуда и залить водой. Через 2–3 дня из спор

развиваются сенные палочки, служащие пищей для инфузорий [4].

Результаты исследований. По сравнению результатов с изученной литературой, можно сделать вывод, что река Лысьва действительно является самым благоприятным водоемом (табл. 1–5, рис. 6).

Таблица 1

Результаты биотестирования Ярославского пруда

<i>Ярославский пруд</i>			
<i>Время и дата</i>	<i>Средняя активность</i>	<i>Средние размеры</i>	<i>Количество</i>
13:04 26/10	Средняя активность	Невозможно определить, слишком малы	Немного
11:13 29/10	Средняя активность	Невозможно определить, слишком малы	Немного
12:30 30/10	Средняя активность	Невозможно определить, слишком малы	Немного
12:00 31/10	Средняя активность	17,69 рх	Немного
11:00 1/11	Средняя активность	15,00 рх	Стало больше
12:05 2/11	Средняя активность	8,00 рх	Стало больше

Таблица 2

Результаты биотестирования реки Болотной

<i>Болотная река</i>			
<i>Время и дата</i>	<i>Средняя активность</i>	<i>Средние размеры</i>	<i>Количество</i>
13:00 26/10	Средняя активность	19,10 рх	Много
11:09 29/10	Средняя активность	Крупная 218,24рх Остальные 19,00рх	Много, появились крупные
12:15 30/10	Средняя активность	Крупные 126,00рх Остальные 18,00рх	Стало больше
12:05 31/10	Высокая активность	Крупные 98,00рх Остальные 18,79рх	Осталось столько же
11:05 1/11	Высокая активность	10,00рх	Осталось столько же, но крупных не найдено
12:10 2/11	Средняя активность	9,00 рх	Стало меньше

Таблица 3

Результаты биотестирования реки Лысьва

<i>Река Лысьва</i>			
<i>Время и дата</i>	<i>Средняя активность</i>	<i>Средние размеры</i>	<i>Количество</i>
12:55 26/10	Крупные малоподвижны, Мелкие подвижны	30,15рх	Очень много
11:03 29/10	Средняя активность	11,05 рх	Стало больше
12:10 30/10	Малоактивны	18,00рх	Стало больше
12:10 31/10	Средняя активность	19,10рх	Стало больше
11:10 1/11	Средняя активность	27,00 рх	В меру много
12:15 2/11	Средняя активность	13,00рх	Стало меньше

Таблица 4

Результаты биотестирования Лысьвенского пруда

<i>Лысьвенский пруд</i>			
<i>Время и дата</i>	<i>Средняя активность</i>	<i>Средние размеры</i>	<i>Количество</i>
12:50 26/10	Средняя активность	2,24рх	Очень плотно
11:01 29/10	Низкая активность	15,00рх	Очень плотно, появились крупные
12:02 30/10	Более активны	9,00рх	Очень плотно, стало больше крупных
12:15 31/10	Низкая активность	9,22рх	Очень плотно
11:15 1/11	Очень активны	14,00рх	Очень плотно
12:20 2/11	Активность уменьшилась	15,00рх	Очень плотно

Таблица 5

Результаты биотестирования Травянского пруда

<i>Травянский пруд</i>			
<i>Время и дата</i>	<i>Средняя активность</i>	<i>Средние размеры</i>	<i>Количество</i>
12:40 26/10	Средняя активность	5,10рх	Очень много
10:57 29/10	Низкая активность	18,03рх	Очень много
12:20 30/10	Более активны	12,65рх	Очень много
12:20 31/10	Более активны	10,00рх	Очень много
11:20 1/11	Средняя активность	12,70рх	Очень много
12:25 2/11	Активность уменьшилась	13,42рх	Стало больше

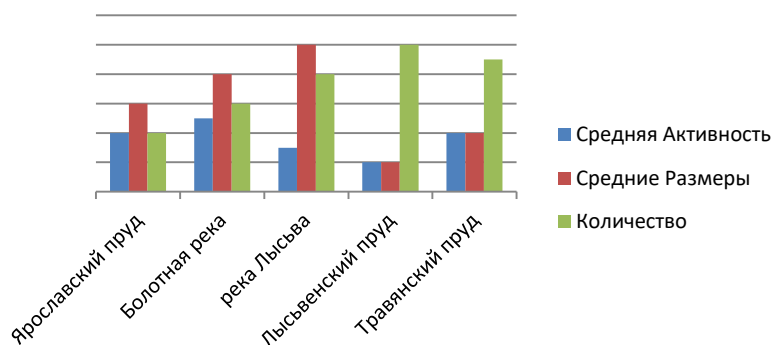


Рис. 2. Результаты биотестирования водоемов города Лысьва

Заключение. Метод биотестирования с помощью инфузорий показал, что качество воды в реке Лысьва выше, чем в других водоемах. На основе данных исследований рекомендуем жителям Лысьвенского городского округа использовать реку Лысьва в качестве источника воды и других жизненных потребностей. Гипотеза подтвердилась, река Лысьва действительно является самым экологически чистым водоемом Лысьвенского городского округа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вовчок С. В. Экология Лысьвенского городского округа в 2019 году. Лысьва, 2021. 49 с.
2. Процедура и методы биотестирования, порядок проведения, протокол. URL: <https://clck.ru/342EZZ>
3. Микулина А. Е. Разведение инфузории-туфельки. URL: <http://www.aqua-set.ru/forum.php?t=129>
4. Культивирование инфузорий на различных средах. URL: <https://arctikfish.com/index.php/vyrashchivanie-ryby/korma/770-korm05>

***Medicago media* в опытных посевах на золоотвале Южноуральской ГРЭС**

Лукина Н. В., Глазырина М. А., Филимонова Е. И., Чибрик Т. С.

Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург
natalia.lukina@urfu.ru

При проведении биологической рекультивации нарушенных земель очень важным и актуальным является подбор видов для создания устойчивых хозяйственно ценных культурфитоценозов. Для установления ассортимента многолетних растений, способных в короткий срок адаптироваться к необычным условиям среды и создать прочный дерновый покров, сотрудниками лаборатории промышленной ботаники биологического факультета Уральского государственного университета с 1959 г. было апробировано более 200 видов многолетних, однолетних травянистых и древесно-кустарниковых растений. Одной из 30 наиболее устойчивых и перспективных культур наряду с *Bromus inermis* Leyss., *Festuca pratensis* Huds., *Festuca rubra* L., *Dactylis glomerata* L., *Elymus fibrosus* (Schrenk) Tzvelev, *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC., *Melilotus albus* Medik., *Melilotus officinalis* (L.) Lam. и др. оказалась *Medicago media* Pers. [1].

Опытные посева *M. media* были проведены сотрудниками лаборатории в Коркинском угольном разрезе, на золоотвалах Нижнетуриной, Верхнетагильской, Красногорской, Южноуральской и Южнокузбасской ГРЭС, Березниковской и Красногорской ТЭЦ и др. [2–7].

Целью наших исследований было изучение опытных посевов *Medicago media* созданных на золоотвале Южноуральской государственной районной электростанции (ЮУГРЭС).

Medicago media Pers. (или *Medicago varia* Mart.) (люцерна синегридная) – многолетнее травянистое растение сем. Fabaceae Lindl. *M. media* является гибридным видом, полученным при скрещивании *Medicago sativa* L. и *Medicago falcata* L. [8]. Гибридные люцерны хорошо приспособлены к более суровым условиям [9]. Отличаются засухо-, зимо- и морозоустойчивостью. Не требовательны к плодородию и структуре почвы. Хорошо растут на разных типах почвы лесостепной и степной зон, включая солонцовые и солончаковые почвы, непригодные для других культур.

M. media считается хорошей почвовосстанавливающей культурой, а также культурой, благоприятной для структурообразования и фитомелиорации. Виды рода *Medicago* очищают почву от возбудителей многих болезней, используются для рассоления почв, закрепляют почву от губительного действия водной и ветровой эрозии, улучшают физико-химические и биологические свойства почв и повышают их плодородие [10].

Исследования проводили на золоотвале ЮУГРЭС, расположенном рядом с г. Южноуральском на юге Челябинской области в лесостепной зоне. Климат района умеренно континентальный, по степени увлажнения недостаточно влажный, летом нередко засухи. Средняя годовая температура воздуха $+1,2^{\circ}\text{C}$, среднеиюльская $+18,6^{\circ}\text{C}$. При среднем годовом количестве осадков 441 мм за теплый период (апрель – октябрь) выпадает 312 мм. Почвенный покров представлен зональными оподзоленными, выщелоченными и типичными черноземами [11].

Золоотвал вплотную примыкает к территории электростанции, его площадь составляет 68 га. На золоотвале были проведены посевы *M. media* на 5 (5×5 м) опытных площадках (ОП) с покрытием золы 2-х см слоем черноземной почвы. Контрольные посевы *M. media* (КП) были проведены на черноземной почве в 3-х км от золоотвала.

Зола Челябинского угля рыхлая, бесструктурная, представляет собой мельчайшую фракцию пыли с большой примесью измельченного шлака. Транспортировка золы на золоотвал производилась методом гидрозолоудаления под напором горячей воды с добавлением щелочи. В связи с этим из нее вымывались растворимые соединения. Для золы характерна низкая влагоемкость и слабая теплопроводность. Агрохимический анализ золы показал, что азота в ней практически не содержится, P_2O_5 – 2,5 мг на 100 г золы, K_2O – 10,0 мг на 100 г золы, pH – 7,8.

Наблюдения, проведенные за посевами *M. media* показали, что первые всходы на ОП появлялись на 10 день после посева, на КП – на 3–5 дней раньше. Рост растений в высоту на золоотвале происходил постепенно, достигая максимума к концу вегетационного периода. Максимальная высота растений первого года жизни на ОП составляла 24 см. На КП наблюдался более интенсивный рост растений, к концу вегетации их высота достигала 70 см. Наблюдения за растениями *M. media* второго года жизни показали, что отращивание растений на золоотвале происходило медленнее, чем на почве. Максимальной высоты растения достигали в фазу полного цветения. На ОП высота растений достигала 49 см, а на КП – 75 см. *M. media* характеризуется высокой побегообразовательной способностью, зависящей от погодных-климатических условий и возраста растения. В первый год жизни одно растение формирует 3 стебля, на второй год – 15–17, третий – свыше 20 [12]. На ОП в первый год жизни у *M. media* побегообразования не наблюдалось, во время, как на КП к концу вегетации растения образовывали до 3-х побегов. Во второй год жизни на ОП растения формировали до 8 побегов (из них 3–5 генеративных), на КП – до 17 (из них 6–7 генеративных). По данным Н. Н. Догужовой [13] на одном растении *M. media* может сформироваться 8,2 генеративных побегов. Некоторые морфологические характеристики *M. media*, произрастающей на ОП и КП, представлены на рисунке 1.

Соцветие у *M. media* – цилиндрическая головчатая довольно рыхлая кисть 1,5–7,5 см длиной с 11–23 цветками. Результаты наших наблюдений показали, что в условиях золоотвала на ОП длина соцветия у растений варьировала в пределах от 2,0 до 7,0 см. Плод *M. media* – многосемянный боб. Семена мелкие, почковидные. Масса 1000 семян в природных условиях варьирует от 1,8 до 2,5 г. На ОП вес 1000 семян составлял 1,4–1,8 г, на КП – 1,7–2,3 г.

Корневая система *M. media* – стержневая, разветвленная, с развитым главным корнем и несколькими боковыми корнями. В среднем у одного растения развивается 5–7 боковых корней. Основная масса корней и боковых ответвлений (70–90 %) сосредоточена в верхних горизонтах почвы 0–50 см [9, 14]. Глубина проникновения корней определяется толщиной промачивания, горизонтом скопления солей.

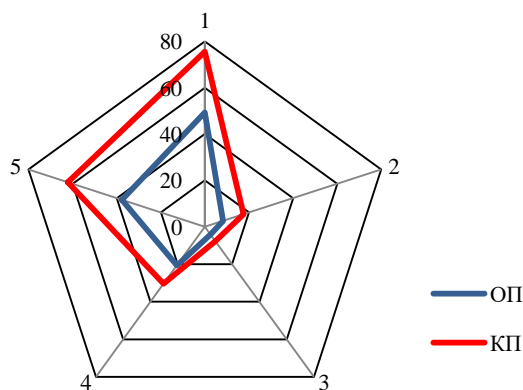


Рис. 1. Некоторые морфологические характеристики *M. media*, произрастающей на золоотвале Южноуральской ГРЭС (ОП) и в контроле (КП): 1 – высота растения, см; 2 – количество побегов, шт.; 3 – количество генеративных побегов, шт.; 4 – число ветвей на одно растение, шт.; 5 – вес надземной части одного растения, г.

Изучение корневой системы *M. media*, произрастающей на ОП показало, что в первый год жизни корни растений проникали на глубину 14–16 см. Во второй и третий годы жизни основная масса корней растений в условиях золоотвала залегала на глубине 20–40 см. Длина корней растений второго года жизни достигала 27,4 см, а третьего – 70,0 см. На одно растение в среднем приходилось по 3–5 боковых корней, средняя длина которых составляла 39–44 см. Достигнув сухих уплотненных слоев золы на глубине 20–30 см корни начинали загибаться и расти параллельно поверхности золоотвала. На этой же глубине обнаружено усиленное развитие тонких корней. Активно разрастаясь, тонкие корни образовывали густой войлок, толщина которого достигала 5–7 см. Аналогичные результаты развития корневой системы *M. media* в условиях золоотвала были получены С. Я. Беспрозваной [15]. Это объясняется тем, что способность подземной массы видов рода *Medicago* очень плотно разрастаться обусловлена ее дыханием. При дефиците кислорода возможность дыхания подземной массы крайне ухудшается, а это способствует уменьшению усвоения элементов питания из глубоко расположенных почвенных слоев. Снижению деятельности корней, находящихся в глубоких слоях, способствует недостаток элементов минерального питания, недостаток воды, а также низкая температура почвы, что в свою очередь провоцирует ослабление деятельности аэробов.

M. media накапливает большое количество корневых остатков, что способствует накоплению органического вещества и имеет большое значение в улучшении физических и химических свойств почвы. После двух-, трехлетнего возделывания *M. media* в почве остается около 10–12 т/га корней и пожнивных остатков [10]. По данным С. Я. Беспрозваной [15] на золоотвале ЮУГРЭС корневая насыщенность *M. media* составляла 13,5 т/га.

Многолетние бобовые травы за счет симбиотической азотфиксации способствуют обогащению почв азотом, сокращают применение промышленных азотных удобрений в земледелии и улучшают экологическую обстановку в агроценозах [9]. На корнях *M. media* развиваются клубеньки, в которых находятся бактерии, фиксирующие азот из воздуха. Различные сорта *M. media* накапливают азота в поземной массе в слое 0–20 см от 65,6 до 71,3 кг/га.

На ОП, расположенных на золоотвале ЮУГРЭС, на корнях одного растения *M. media* было обнаружено в среднем по 6–8 клубеньков, на некоторых особях их число достигало 30 штук.

В работе И. В. Синявского и Ю. З. Валиахметовой [16] показано, что одно растение *M. media* на зональных почвах в Челябинской области образует около 42 штук жизнеспособных клубеньков, работа которых позволяет обеспечить растения азотом до 55 % от необходимого его количества.

Таким образом, проведенные исследования показали, что *M. media* проходит полный цикл развития в условиях золоотвала. Уменьшение морфологических показателей в посевах на золоотвале свидетельствует о пластичности вида и способности адаптироваться к неблагоприятным условиям техногенной среды. Посевы *M. media* приводят к улучшению свойств субстрата, способствуют накоплению азота и улучшению минерального питания.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема FEUZ-2023-0019.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарчевский В. В. Биологические методы консервации золоотвалов тепловых электростанций Урала // Растения и промышленная среда: сб. науч. трудов каф. ботаники. Свердловск, 1964. С. 70–115.
2. Беспрозвана С. Я. Наблюдения за ростом и развитием люцерны синегрибридной на золоотвалах // Зап. Свердл. отд-ния Всесоюз. ботан. о-ва. Свердловск: РИСО УФАИ, 1964. Вып. 3. С. 149–151.
3. Беспрозвана С. Я. Бобовые культуры на золоотвале Южноуральской ГРЭС // Растительность и промышленные загрязнения: Охрана природы на Урале. Свердловск: РИСО УФАИ СССР, 1970. Вып. 7. С. 136–139.
4. Пикалова Г. М., Серая Г. П., Пасынкова М. В., Левит С. Я., Шубин Ф. М., Комов С. В. Некоторые особенности формирования культурфитоценозов на золоотвалах ТЭЦ Урала // Растения и промышленная среда. Свердловск: УрГУ, 1974. С. 69–96.
5. Пасынкова М. В. Продуктивность агрофитоценозов на золоотвалах // Почвообразование в антропогенных условиях: сб. науч. тр. Свердловск: УрГУ, 1981. С. 5–39.
6. Чибрик Т. С. Характеристика опытных посевов многолетних трав на нарушенных промышленностью землях // Рост, развитие и семенная продуктивность травянистых кормовых растений: сб. науч. тр. Свердловск: УрГУ, 1987. С. 169–178.
7. Глазырина М. А. Структура ценопопуляции люцерны пестрогрибридной (*Medicago media* Pers.) в экспериментальных посевах Коркинского угольного разреза // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы Междунар. совещ., Екатеринбург, 26–29 августа 1996 г. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 67–77.
8. Лебедев П. В., Углов Н. П. Биология и агротехника лугопастбищных трав. Биология и агротехника лугопастбищных трав. Свердловск: Свердлов. кн. изд-во, 1961. 171 с.
9. Волошин Е. И., Аветисян А. Т. Руководство по удобрению многолетних бобовых трав (люцерна, клевер, донник, эспарцет): метод. рекомендации [Электронный ресурс]. Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2017. 31 с.
10. Агротехника возделывания сортов люцерны селекции ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса на семенные и кормовые цели. (Рекомендации). М.: ФГУ РЦСК, 2008. 39 с.
11. Шакиров А. В. Физико-географическое районирование Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 617 с.

12. Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство / Под ред. В. С. Никляева. М.: «Былина», 2000. 555 с.
13. *Догузова Н. Н.* Семенная продуктивность различных сортов люцерны для предгорной зоны Северного Кавказа // Аграрная наука. 2020. Т. 342. № 10. С. 64–67.
14. *Лазарев Н. Н., Пятинский Д. В.* Продуктивное долголетие новых сортов люцерны (*Medicago sativa* L.) при интенсивном скашивании // Известия ТСХА. 2016. Вып. 5. С. 39–54.
15. *Беспрозвана С. Я.* Формирование корневых систем бобовых растений в зависимости от свойств золы // Растения и промышленная среда: сб. второй // Ученые зап. Урал. у-та. Сер. биологическая. Вып. 5. 1970. № 94. С. 113–128.
16. *Синяевский И. В., Валиахметова Ю. З.* Активность бобово-ризобияльного аппарата и продуктивность люцерны синегрибридной при разных уровнях минерального питания в условиях лесостепной зоны Челябинской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2008. № 2(18). С. 33–35.

Современные тенденции экологических проблем в сельском хозяйстве (загрязнение почвы и воды, вырубка лесов и деградация биоразнообразия) и инновационные методы для решения этих проблем

Максименко А. А., магистр., Сайфетдинов А. Р.

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар
dandelionstudy@mail.ru

Введение. Сельское хозяйство является важным сектором экономики, поставляющим продукты питания для всего мира. Тем не менее, эта отрасль оказывает огромное влияние на окружающую среду, что ставит под угрозу экологическое равновесие планеты. Сельское хозяйство играет ключевую роль в формировании экологических проблем, таких как загрязнение почвы, деградация биоразнообразия и вырубка лесов. В этой статье мы рассмотрим причины возникновения экологических проблем в сельском хозяйстве и представим инновационные методы и технологии, которые могут помочь устранить эти проблемы.

Загрязнение почвы – одна из важнейших экологических проблем в сельском хозяйстве. Оно возникает в результате использования химических удобрений и пестицидов, а также применения различных препаратов, которые могут нанести вред окружающей среде. Эти токсичные вещества, попадая в почву, могут негативно повлиять на растения, которые выращиваются на этих землях, а также на животных, которые питаются ими. Загрязнение почвы сокращает урожай и в будущем может привести к неудовлетворительному использованию земель.

Главные причины загрязнения почвы:

1. Использование удобрений и пестицидов.
2. Обработка почвы механически.
3. Использование подземных вод для орошения земель.
4. Промышленное загрязнение водных ресурсов.

Для решения проблемы загрязнения почвы необходимо применять новейшие технологии и инновации.

Инновации для решения проблем загрязнения почвы:

1. Использование точного земледелия, которое позволяет минимизировать применение удобрений и пестицидов, а также сокращать эрозию почвы.
2. Применение инновационных технологий биотехнологической регенерации почв для лучшего восстановления и улучшения качества почвы.
3. Сокращение устаревших методов обработки почвы, таких как орошение, которое было популярно на рубеже XX и XXI веков [1].

Актуальный вопрос сохранения окружающей среды и биоразнообразия поставил перед сельским хозяйством серьезные задачи. Одной из самых насущных проблем является вырубка лесов, что провоцирует ухудшение условий жизни животных и растительности. Другим важным вопросом является загрязнение почвы, которое возникает из-за практики использования удобрений и пестицидов, а также применения других химических препаратов. Деградация биоразнообразия – еще одна актуальная проблема, связанная с сокращением общего числа животных и растительности в конкретном районе.

Инновационные методы и технологии в сельском хозяйстве позволяют более эффективно использовать доступные ресурсы и минимизировать отрицательное воздействие на окружающую среду. Одним из примеров таких методов является точное земледелие или *precision agriculture*. Эта технология основывается на использовании современных методов наблюдения и анализа данных, чтобы оптимизировать использование удобрений и воды на полях. Благодаря этому, фермеры могут уменьшить использование химических удобрений и пестицидов, а также снизить затраты на эти материалы, к которым привлекаются большие расходы.

Другими методами, используемыми в сельском хозяйстве, являются биотехнологическая регенерация почв и использование живых заборов. Биотехнологическая регенерация почв применяется для восстановления качества почвы, которое было ухудшено из-за таких факторов, как эрозия и употребление химических удобрений. Этот метод основывается на использовании микроорганизмов, которые способствуют быстрому восстановлению здоровой почвы. Использование живых заборов, созданных из растительности или животных, помогает защитить поля от ветров и сохранить естественную флору и фауну в районе [2]

Органическое земледелие также является важной частью экологических методов в сельском хозяйстве. Органические фермерские хозяйства используют природные методы выращивания культур и продажи продуктов, без применения химических удобрений и пестицидов. Органическое земледелие обеспечивает высококачественную продукцию, которая безопасна для здоровья человека и не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду.

Также, интеграция современных методов управления водными ресурсами является важной частью нового подхода к сельскому хозяйству. Существует большое количество технологий и методов, которые позволяют более эффективно использовать доступные ресурсы воды и снизить потери природных водных источников. Некоторые из них – использование эффективных систем орошения и улучшение методов дренажа, что позволяет сохранить воду в почве и использовать ее наиболее эффективно.

Повышение экологического образования играет важную роль в решении экологических проблем в сельском хозяйстве. Работы по экообразованию опираются на информирование человека о проблемах, которые порождает сельское хозяйство, а также о том, как снизить негативное влияние на окружающую среду. Эти кампании по оповещению об экологической проблематике должны быть направлены на то, чтобы люди знали о важности сохранения биоразнообразия и эффективного использования природных ресурсов. Повышение осведомленности также означает оценку рисков, связанных с земледелием, и оптимизацию использования земли, чтобы уменьшить спрос на вредные действия.

В общем, при современном подходе к сельскому хозяйству инновации, новые методы и технологии необходимы для уменьшения воздействия на окружающую среду и обеспечения продукции высокого качества. Эти новые подходы помогают свести к минимуму использование химических удобрений и пестицидов, сократить площадь земель, занимаемых сельскохозяйственными предприятиями, используя эффективные и техничные методы выращивания и управления. В результате прогрессивные методы ведения сельского хозяйства приводят к улучшению качества жизни людей и успешной сохранности экологического баланса в сельском хозяйстве.

Еще одним важным аспектом нового подхода к сельскому хозяйству является устойчивое использование земельных ресурсов. Это может включать в себя использование современных методов по снижению загрязнения почвы и воды, а также следование принципам устойчивого лесного и сельского хозяйства. Устойчивое использование земельных ресурсов также включает в себя поддержку коммунального землепользования и государственной политики в области планирования и управления земельными ресурсами [3].

Важной частью нового подхода к сельскому хозяйству является также интеграция между секторами и участниками производства в целях повышения эффективности использования ресурсов и улучшения экологических условий. Например, интеграция между сельскохозяйственным и лесопромышленным секторами может привести к упрощению удобрений, использование древесных отходов в качестве топлива и повторное использование мусора для производства удобрений. Другие виды сотрудничества могут включать в себя кооперативную сельское хозяйство или пастбищную систему, где владельцы земель в разных областях могут объединиться, чтобы увеличить свою выручку и использование ресурсов.

Безусловно, новый подход к сельскому хозяйству требует значительных усилий со стороны правительств, производителей и инноваторов. Это включает в себя разработку новых технологий, улучшение инфраструктуры и рыночных систем, а также обучение фермеров и работников сельского хозяйства новым методам и технологиям.

Однако внедрение этого нового подхода к сельскому хозяйству также может привести к значительным эффектам и преимуществам. Например, устойчивое земледелие может привести к повышению доходов сельского населения и сокращению бедности в развивающихся странах. Это также может увеличить доступность здоровой и натуральной пищи для людей во всем мире и снизить затраты на здравоохранение и лечение тех, кто страдает от болезней, вызванных загрязнением окружающей среды.

Небольшие фермерские хозяйства могут получать большую выгоду от использования новых методов и технологий. Такие производители могут использовать дополнительные источники доходов, улучшать условия жизни, а также работать в более чистой и эффективной среде. Это также может привести к поддержке местных экономических систем и созданию новых рабочих мест.

Новый подход к сельскому хозяйству также может стать важной составляющей мер по борьбе с изменением климата. Например, использование устойчивого земледелия может привести к повышению углеродного

запаса в почве, улучшению качества воздуха и уменьшению выбросов парниковых газов. Это в свою очередь может привести к снижению отрицательного влияния на окружающую среду и сохранению биологического разнообразия.

Выводы. Новый подход к сельскому хозяйству – это путь к устойчивому и эффективному использованию ресурсов, созданию органических продуктов высокого качества, улучшению экологических условий и повышению жизненного уровня людей. Чтобы достичь этих целей, нужно внедрять инновации и технологии, обучать фермеров новым методам и поддерживать сотрудничество между различными секторами. Кроме того, необходимо повышать осведомленность об экологических вопросах и о важности здоровой экосистемы для производства качественной и здоровой пищи. Общество должно признать, что изменение старого, неэффективного подхода к сельскому хозяйству является необходимостью, а не роскошью, и принять необходимые меры для перехода к новому, устойчивому подходу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белова Н. В., Макаров О. Ф., Николаева Е. В. Экологические проблемы в сельском хозяйстве и инновации в их решении // Вестник Российской академии сельского хозяйства им. К. А. Тимирязева. 2018. № 1 (29). С. 100–106.
2. Сайфетдинов А. Р. Анализ современных подходов и инструментов прогнозирования инновационного развития сельского хозяйства // Год науки и технологий 2021: Сборник тезисов по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 09–12 февраля 2021 года / Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. С. 237.
3. Лобанова О. Г., Волков В. И., Булгакова Л. М. Инновационные методы решения экологических проблем в сельском хозяйстве // Труды международной научно-практической конференции, 2019. С. 270–276.

Предпосылки ноосферы – садово-парковые ландшафты

Мехтиева Л. А., Иванова В. М., Кириенко Ц. В.

Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь
milamehti@yandex.ru

Ноосфера – область взаимодействия природы и человека, в рамках которой разумная деятельность людей становится главным фактором развития. Или «сфера разума», по В. И. Вернадскому, когда человек, превратился в «огромную геологическую силу».

Владимир Вернадский обратил внимание на мощное воздействие человека на окружающую среду и преобразование современной биосферы, но он не создал учение о ноосфере, в отличие от учения о биосфере, общепринятого мировой научной общественностью. Для В. Вернадского ноосфера была прежде всего новейшей и последней стадией эволюции биосферы. Термин и понятие «ноосфера» ввел в научный оборот французский ученый и философ Ле Руа (1927) [1].

Российский ландшафтовед В. Б. Сочава называл ландшафты «доминионами ноосферы» – сферы разума и бережного сотворчества человека с природой. Функция человечества заключается в развитии ноосферы. Данное представление согласуется с понятием «ноосфера» П. Тейяр-де-Шардена, Леруа [2].

Из всех видов деятельности человека, которые связаны с удовольствием и духовными интересами наиболее безукоризненным является искусство. Именно искусство как форма познания действительности, которая воспроизводит истину в конкретных художественных образах, воплощает характерное в неповторимо-индивидуальных формах.

Сады и парки всегда имели огромное значение в жизни человека. Они были не только произведениями искусства, а и своеобразным отражением философских взглядов, воплощением разнообразных религиозных и этических концепций. Важное значение восточные народы предавали обустройству садов, свидетельствует тот факт, что высаживание деревьев в Персии считали священным делом. Персию даже называли Гюлистан – «Сад роз», так как именно она считается родиной роз. Под влиянием традиций садоустройства Персии возникли знаменитые мавританские сады Испании, сады Турции и татарских ханов Крыма. Наиболее известным примером воплощения персидской философии сада является сад Тадж-Махала в Индии.

Издревне человек стремился обогатить местный ассортимент растений введением в культуру разнообразных экзотических видов. Легенды и мифы о первом саде и поныне живут в памяти многих народов. Например, ассирийский царь Тиглат Палассаф во время походов приказывал выкапывать новые растения, которые встречались на пути их следования, и даже большие деревья. Эти растения вместе с землей, упакованные в корзины, перевозили в Ассирию для того, что бы посадить в царских садах. Или другой пример, ассирийский царь – Саргон (по-ассирийски – Шаррукин) означает «царь Законный» разбил у себя горный сад, по типу ботанического: «Я устроил город и дал ему имя Шурурукина. Вокруг

него я разбил огромный парк на местности, похожий на горную местность Хамана, где были посажены разнообразные деревья из разных горных мест» [3].

При раскопках в Куянджике был найден барельеф с изображением парка, похожего на «висячие сады» Навуходоносора. На этом барельефе изображен искусственный холм, усеянный деревьями, на вершине которого стоит могущественный храм. Также видна плоская терраса на арках, а на ней растут пальмы и лиственные деревья.

С понятием «сад», у древних восточных народов было связано представление про вершину человеческого благосостояния. Так в древности на Ближнем и Дальнем Востоке сад – «парадиз» – место нахождения духов, богов, райского наслаждения; символическое изображение природы; место углубленного внутреннего созерцания; символ роскоши и могущества. Стремление к гармонии с природой обусловило то, в странах Европейского Средиземноморья сады рассматривали как живой организм, который был тесно связан с природой и человеком.

Монастырский сад эпохи Средневековья – это рай на земле. Сад в эпоху Возрождения – это преобразованная, «улучшенная» человеком и поэтому идеальная природа. Во времена расцвета барокко должны были вызывать удивление, восхищение, впечатлять разнообразием роскошных развлечений, рассказывать про богатство и вкус хозяина. В стиле французского классицизма – это величие, грандиозность, прославление абсолютной власти монарха. В XVIII ст. сад – предмет экзальтированного увлечения красотой природы; связанное с возникновением большого количества легенд, античных мифов, исторических ассоциаций. В Китае – это обостренная чувственность, способность окунуться в мир микровосприятия, «текучий, временный характер жизни». Китайская пословица говорит – «Внутри сада есть еще сад» [4].

Со временем приходит понимание садов и парков как самостоятельных ценностей природы. На данный момент это место комфортабельного отдыха и развлечений, физических и культурных занятий. Но, одновременно развивается взгляд на сады как на музеи природы, место их сбережения и познания. Садово-парковый ландшафт становится средством преодоления отрыва современного человека от природы.

Следует указать, что в разные исторические эпохи сады называли парадизами. И это не случайно. Если вернуться во времена первобытного строя, то прообразами современных садов и парков были сакральные урочища. Их считали местами пребывания духов, тщательно охраняли и сохраняли в неприкосновенном состоянии. Сакральные урочища выбирали уникальные и необычайно красивые природные территории. Поэтому в странах с разной культурой, географически отдаленных одна от другой, сады ассоциировались с раем на земле. Например, Карл Линней в своих трудах использует понятие «Сад Парадиз» (Paradisus), что в прямом смысле означает рай. В «Bibliotheca Botanica» дает характеристику такую: Парадиз у нас – сад, в котором растут почти все виды деревьев, с удивительной старательностью собраны и расположены [5].

Сад – это способ идеально-реальной гармонизации, реализации окружающей среды и отношения человека с этим миром, когда мир преобразуется из дикого, враждебного, хаотического на мир освоения, который создается как простор человеческого существования, человеческое жилье, дом. Это форма мира, данная человеку в человеческом (историко-культурно-практическом) измерении; относительно независимая часть Бытия, соизмерима уже не только природе, а и человеку, где она выступает как будто соавтором

Сад – это место зарождения и объединения разных форм материи – от физической до социальной, без господства одной из них с целью угнетения или подчинения других.

Согласно словарю О. Даля, «парк» – это «большой сад или посаженная роща с аллеями, цветниками и прочим»; «чистая роща с дорожками, под уходом для гуляний, а иногда для содержания дичи; обычно огораживается» [6].

Понятия «сад» и «парк» образуют синонимический ряд. С. Ожегов отмечает, что парк – это большой сад. Такое сходство этих терминов связано с тем, что и «сад», и «парк» использовались в садово-парковом искусстве в разные исторические периоды для обозначения территорий, которые отличались особой красотой и были назначены для демонстрации богатства и роскоши своего владельца или для создания ассоциативного настроения [7].

Слово «сад» общеславянского происхождения и является производным от «садити» (что в буквальном переводе – «заставить сесть»), глагол «садити», в свою очередь, восходит к индоевропейскому корню *sed* (*sod*). Таким образом, изначально «сад» – «насаждение, то, что насажено» а «парк» – заимствовано из английского языка от латинского *parcicus* – отгороженное место [8].

Все творения садово-паркового искусства до XVIII ст. называли садами. В связи с развитием пейзажного стиля начали использовать слово «парк», которое вначале противопоставлялось регулярному саду как достаточно большая, природная роща с живописными аллеями, полянами, водоемами или просто охотничьи угодья, лес для прогулок. Со временем смысловые отличия этих терминов стали менее значительными. Под словом «парк» начали просто понимать большую территорию, упорядоченную и украшенную скульптурами,

маленькими архитектурными формами, предназначенные для отдыха под открытым небом, а под словом «сад» – небольшой по площади объект озеленения [3].

Термин «ландшафт» имеет огромное международное признание. В научную литературу впервые термин с определенно очерченным содержанием был введен в 1805 г. немецким географом А. Гоммсейером. Сегодня теоретические концепции ландшафтоведения достигли достаточно высокого уровня, но общепринятого понятия «ландшафт» так и нет. При всех различиях определений ландшафта между ними есть сходство в самом главном – признаками ландшафтных взаимосвязей между элементами природы в реально существующих на земной поверхности комплексах.

Ландшафт – это совокупность взаимообусловленных и взаимосвязанных предметов и явлений природы, что проявляется перед нами в виде тех или иных исторически сформированных, непрерывно развивающихся, географических комплексов; конкретная территория, однородная по происхождению и истории развития, неделимая по зональным и а зональным признакам, с единым геологическим фундаментом, однотипным рельефом, общим климатом, одинаковыми гидротехническими условиями, почвами, биоценозами и, соответственно, одно характерным набором простых географических комплексов (фаций, урочищ); обобщающее понятие для определения территориально отдаленных участков географической оболочки, имеющих между собой много общих черт. Природный ландшафт – это пространственная среда, в пределах которой основные ландшафтные компоненты сформировались и существуют без участия человека. В. Кучерявый рассматривает этот термин с двух позиций «физико-географической и ландшафтно-архитектурной». Для географа и эколога ландшафт – это однородная по условиям развития природная система, основная категория территориального разделения географической оболочки, которая складывается из морфологических частей, или элементов (местности, урочищ, фаций) и компонентов (рельеф, горная порода, грунтовой слой, гидрология, климат, растительный и животный мир). Для ландшафтного архитектора ландшафт – это объект гармоничного объединения природного и антропогенного начала с целью создания культурного ландшафта и ухода за ним.

Самое прекрасное в натуральном ландшафте, которое является результатом природных процессов и создается природой случайно, человек своим вмешательством преобразует в закономерность. Синтезируется все самое интересное – яркие контрасты, гармоничные соединения, на сравнительно небольшой территории собираются лучшие природные объекты этой местности, а иногда и региона.

Ценные качества натурального ландшафта остаются, а те, которые негативно влияют на его декоративно-художественные и санитарно-гигиенические преимущества, уничтожаются.

Садово-парковый ландшафт – культурный ландшафт, который создает человек и поддерживает в процессе продолжительного функционирования; взаимосвязанное архитектурно-художественное объединение растительности, рельефа, почв, воды, обслуживающих сооружений, архитектурного декора.

А главный принцип рационального использования ландшафтов заключается в том, что использование природных ландшафтных ресурсов не должно приводить к резкому изменению потенциала природных ресурсов, нарушать устойчивые связи между компонентами и межсистемами в ландшафте, ухудшать экологическое состояние территории, а также ухудшать условия жизни людей. Ландшафт как многофункциональное образование пригоден для различных видов природопользования и должен выполнять функции, наиболее соответствующие его природным свойствам и потенциалу, т. е. использовать его рационально. Проблема рационального использования потенциала ландшафтов выделяется как проблема ландшафтной оптимизации, т.е. наилучшего использования этого потенциала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. И.: Айрис-Пресс, 2013. 640 с.
2. Сочава В. Б. Проблемы геоботаники и географическое познание Земли // Известия Всесоюзного географического общества. 1944. Т. 76. Вып. 4. С. 169–177.
3. Кригер Н. В. Садово-парковое искусство [Электронный ресурс] / Н. В. Кригер, Н. В. Фомина; Красноярский государственный аграрный университет. Красноярск, 2021. 376 с.
4. Курбатов В. Я. Всеобщая история ландшафтного искусства. Сады и парки мира. М.: Эксмо, 2007. 736 с.
5. Скворцов А. К. У истоков систематики. К 300-летию Карла Линнея // Природа: журнал. 2007. Вып. 4. URL: http://vivovoco.astronet.ru/VV/JOURNAL/NATURE/04_07/LINNAEUS.HTM
6. Даль В. Толковый словарь живого великорусского языка: в 4-х т. – СПб., М.: Издание книгопродавца-типографа М. О. Вольфа, 1882. Т. 3. С. 18; Т. 4. С. 127–129.
7. Семёнов А. В. Этимологический словарь русского языка. Серия «Русский язык от А до Я». М.: Издательство «ЮНБЕС», 2003. 704 с.

Влияние полиметаллического загрязнения почв на водный обмен травянистых растений

Миннигалиева К. О., Жуйкова Т. В.

Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)
Российского государственного профессионально-педагогического университета, г. Нижний Тагил
hbfnt@rambler.ru

Введение

В последнее время высокая концентрация промышленных предприятий на территории индустриально развитых районов Среднего Урала основная причина загрязнения атмосферного воздуха, почвенного и растительного покрова тяжелыми металлами, полициклическими ароматическими углеводородами и другими высокотоксичными веществами [1–2]. Антропогенное воздействие коренным образом изменяет сложившееся стабильное состояние природных экосистем вплоть до уничтожения почвенного покрова и растительности. Один из параметров физиологических процессов, который в числе первых реагирует на интоксикацию растений промышленными выбросами – водный обмен. Это динамический процесс, зависящий от характеристик растения, прежде всего сопротивления движению воды и ее запасов в разных частях водопроводящей системы, и от факторов внешней среды [3, 4]. Растения, произрастающие в условиях промышленного загрязнения, испытывают недостаток влаги на фоне влияния загрязнения.

В настоящей работе представлены результаты изучения содержания воды в организме разных видов травянистых растений, произрастающих на фоновых и техногенно трансформированных территориях.

Обсуждается следующая гипотеза: техногенная трансформация среды приводит к снижению содержания воды в растении. Разные виды растений могут проявлять различную реакцию на загрязнение почвы тяжелыми металлами, в том числе связанную с нарушением водного обмена.

Материал и методы

Исследования проведены в 2021–2022 гг. на территории Притагильской зоны Среднего Урала. Материал собран с пяти участков, четыре из которых подвержены техногенному нарушению, связанному с загрязнением почвы тяжелыми металлами, один участок фоновый. Подробное описание почв и растительности на исследуемых территориях представлено ранее [5]. Известно, что тип почвы на всех участках дерново-подзолистый, разновидность тяжелых суглинков с различной степенью оподзоленности. Содержание тяжелых металлов в почве варьирует (мкг/г): по Zn от 17,5 до 850,4; по Cu от 12,6 до 951,5; по Cd от 0,2 до 2,8; Pb от 8,1 до 38,8; Co от 6,5 до 124,2; Ni от 7,4 до 12,0; по Mn от 291,6 до 2364,9; по Cr от 7,1 до 51,9; по Fe от 841,1 до 3573,01. Суммарная токсическая нагрузка на участках изменялась от 1,00 до 30,00 отн. ед. В соответствии с уровнем загрязнения участков они были отнесены к фоновой (1,00 отн. ед.), буферной (3,33 отн. ед., и 6,19 отн. ед.) и импактной (22,78–30,00 отн. ед.) зонам.

В качестве объектов выбраны *Tussilago farfara* L., *Plantago major* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Melilotus albus* M., *Trifolium medium* L. Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.) – семейство Астровые (*Asteraceae*), род одуванчик (*Taraxacum*). Мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara*) – семейство Астровые (*Asteraceae* Dumort), род мать-и-мачеха (*Tussilago* L.). Донник белый (*Melilotus albus*) относится к семейству Бобовые – (*Fabaceae*), род донник (*Melilotus* Mill). Клевер средний (*Trifolium medium* L.) – семейство Бобовые (*Fabaceae*), род клевер (*Trifolium* L), подорожник большой (*Plantago major* L.) относится к семейству подорожниковые (*Plantaginaceae* Juss.), род подорожник (*Plantago* L.).

Материал собирали с 10 растений каждого вида в пределах каждого фитоценоза. Собранные листья помещали по отдельности в чистые боксы, у которых предварительно был определен вес, с указанием номера растения. В лаборатории бокс с листом взвешивали. После боксы ставили в термостат нагретый до 100–105 °C для высушивания до постоянного веса. Далее рассчитывали содержание воды в листе в %.

Статистический анализ результатов выполнен с учетом среднего арифметического (M) и его ошибки (m). Для оценки различий содержания воды в листе у растений одного вида, произрастающего на разных по уровню загрязнения участках, использовали однофакторный дисперсионный анализ с вычислением F -критерия. Различия между видами также оценивали однофакторным анализом. Статистическую обработку и построение графических иллюстраций выполняли с помощью статистического пакета STATISTICA 13.3.

Результаты исследования

Известно, что тяжелые металлы, содержащиеся в почве в избыточных количествах, могут приводить к нарушению водного обмена [6]. Представляло интерес, изучить изменение содержания воды в листьях у растений *Taraxacum officinale* L., *Tussilago farfara* L., *Melilotus albus* L., *Trifolium medium* L. и *Plantago major* L., произрастающих на участках с разным уровнем загрязнения почвы тяжелыми металлами.

При анализе содержания воды в листе *Taraxacum officinale* было установлено, что показатель варьирует от 77,03 % до 87,07%. Химическое загрязнение почвы приводит к снижению значений исследуемого показателя (рис. 1а). Влияние токсической нагрузки (5 градаций фактора) на исследуемый признак

статистически значимо, что подтверждено однофакторным дисперсионным анализом ($F = 17,61$; $df = 4$; 45 ; $p \ll 0,001$).

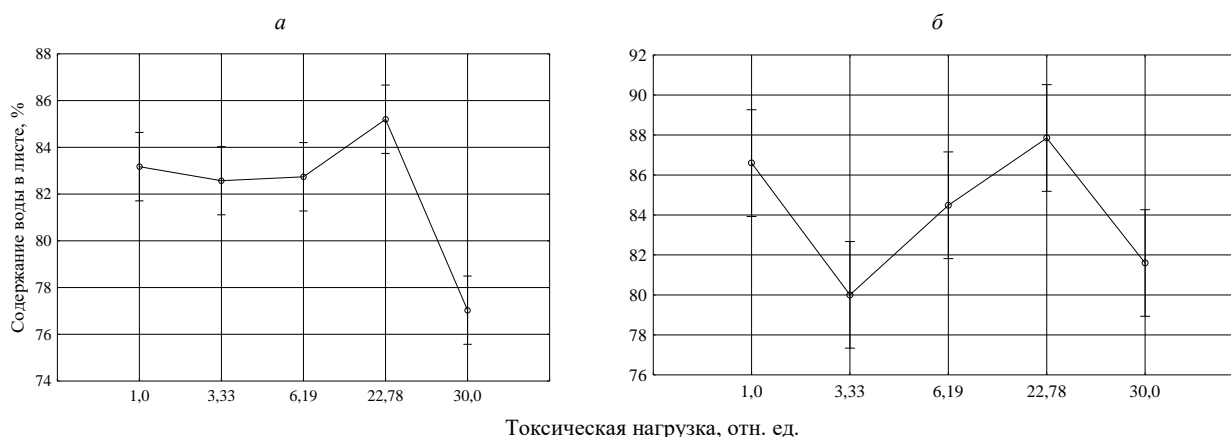


Рис. 1. Содержания воды в листе *Taraxacum officinale* (а) и *Tussilago farfara* (б)

Аналогичная реакция на техногенное загрязнение почвы выявлена у другого представителя семейства сложноцветные *Tussilago farfara*. В целом у этого вида общее содержание воды в листьях растений с разных участков сходное: показатель изменяется незначительно от 81,60% до 88,07%. Минимальное содержание воды в листе характерно у растений участка Буфер-1 (рис. 16). В градиенте загрязнения почвы наблюдается снижение показателя при переходе от участка Фон к Буфер-1, далее повышение у растений с территории Импакт-1 ($Z = 22,78$ отн. ед.) и дальнейшее снижение на максимально загрязненном участке. Различие между содержанием воды в листе у растений, произрастающих на разных по уровню загрязнения участках, подвержено однофакторным дисперсионным анализом. Влияние токсической нагрузки на исследуемый показатель статистически значимо ($F = 6,19$; $df = 4$; 45 ; $p \ll 0,005$).

Далее были изучены представители семейства *Fabaceae* – *Trifolium medium* и *Melilotus albus*. У первого вида содержание воды варьирует в диапазоне от 61,71 до 80,31%. Показатель уменьшается в градиенте токсической нагрузки (рис. 2а). Влияние исследуемого фактора на исследуемый признак статистически значимо ($F = 38,69$; $df = 3$; 36 ; $p \ll 0,001$). У второго – варьирует от 66,04 до 86,18% и аналогично уменьшается с ростом загрязнения почв тяжелыми металлами ($F = 32,77$; $df = 4$; 45 ; $p \ll 0,001$) (рис. 2б).

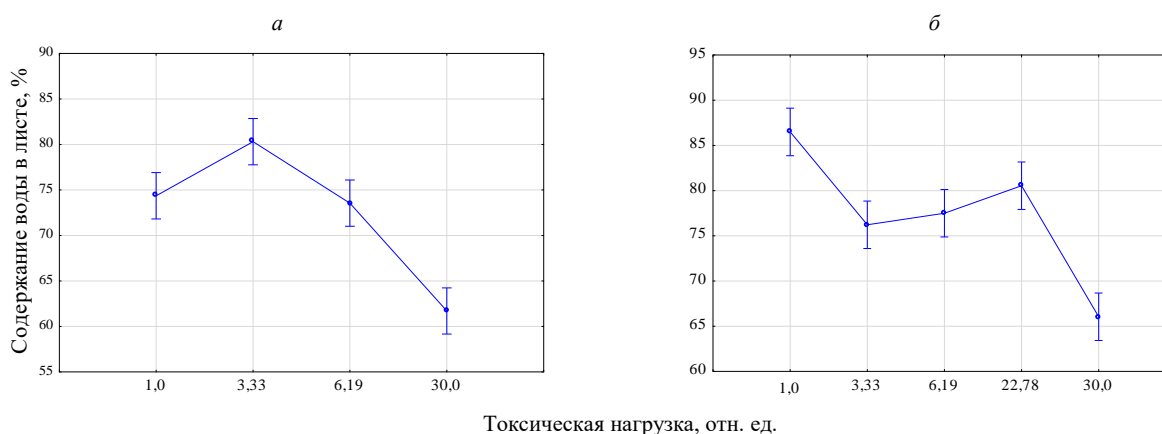


Рис. 2. Содержания воды в листе *Trifolium medium* (а) и *Melilotus albus* (б)

Несколько иная картина наблюдается у *Plantago major*, у которого содержание воды в растении возрастает в градиенте от 80,18 до 84,76% в градиенте Фон–Импакт-1 и далее снижается на максимально загрязненном участке до 77,95% ($F = 38,69$; $df = 4$; 45 ; $p < 0,01$) (рис. 3). Таким образом, техногенная трансформация почвы, связанная в том числе с ее загрязнением тяжелыми металлами, приводит к снижению содержания воды в травянистых растениях.

Анализ содержания воды в представителях разных семейств показал, что виды, произрастающие в пределах одного участка, различаются по этому показателю. Меньше всего содержание воды у видов семейства бобовые – *Melilotus albus* и *Trifolium medium*. На втором месте по содержанию воды в листе стоит *Plantago major* – семейство подорожниковые. Больше всего воды содержится в листьях сложноцветных.

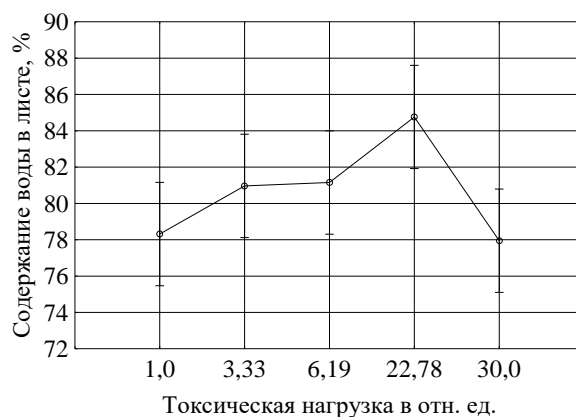


Рис. 3. Содержание воды в листе *Plantago major* L., произрастающего в градиенте техногенной трансформации почвы

Показано, что виды одного семейства накапливают примерно одинаковое количество воды в листе. Это позволило провести сравнение содержания воды в представителях разных семейств (сложноцветные, бобовые, подорожниковые), произрастающих в пределах одного сообщества (табл.). Интересно, что статистически значимые различия в исследуемом показателе установлены только между видами семейств, произрастающими на сильно загрязненных тяжелыми металлами участках. Возможно, мы имеем дело с различной устойчивостью растений к химическому загрязнению почв, которая проявляется в дифференциации показателей водного обмена у исследуемых представителей сложноцветных, бобовых, подорожниковых. Уменьшение содержания воды в растениях выступает в качестве реакции растений как на атмосферное, так и на почвенное загрязнение [3, 4]. Высокое содержание воды у сложноцветных может свидетельствовать о их большей устойчивости к техногенному фактору.

Таблица

Результаты однофакторного дисперсионного анализа различий содержания воды в листьях растений исследуемых семейств

Участок	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
Фон-1	3,93	2; 47	> 0,05
Буфер-1	4,50	2; 47	> 0,05
Буфер-2	37,70	2; 47	<< 0,001
Импакт-1	11,45	2; 47	<< 0,001
Импакт-2	92,30	2; 47	<< 0,001

С точки зрения некоторых авторов, различия показателей водного обмена у различных видов в одинаковых условиях свидетельствует о видоспецифичности процесса водного обмена [7, 8]. Содержание воды в растениях зависит не только от вида, но и от возраста растений, условий водоснабжения, испарения воды и в определенной степени от условий минерального питания [5]. Для объяснения причин установленного факта требуется продолжения исследований в данном направлении.

Выводы

1. Химическое загрязнение среды тяжелыми металлами приводит к снижению содержания воды в растении.
2. Существует видоспецифичность водного обмена, которая усиливается в условиях техногенной трансформации почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устойчивость растений к химическому загрязнению / сост. Р.В. Кайгородов; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2010. 151 с.
2. Жуйкова Т. В. Растительные системы в условиях техногенной трансформации среды. М.: Наука, 2022. 339 с.
3. Кулагин А. А. Эколого-физиологические особенности тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях загрязнения окружающей среды металлами: дисс. канд. биол. наук. Тольятти. 2002. 160 с.
4. Неверова О. А. Ксерофитизация листьев древесных растений как показатель загрязнения атмосферного воздуха (на примере г. Кемерово) // Лесное хозяйство. 2002. № 3. С. 29–33.
5. Жуйкова Т. В., Мелинг Э. В., Кайгородова С.Ю., Безель В.С., Гордеева В.А. Особенности почв и травянистых растительных сообществ в условиях техногенеза на Среднем Урале // Экология. 2015. № 3. С. 163–172.
6. Таланова, В. В., Таланов А. В., Титов А. Ф. Влияние свинца на фотосинтез и транспирацию растений огурца. Вологда, 2005. С. 166.
7. Лебедев С. И. Физиология растений М.: Колос, 2008. 544 с.
8. Березина Н. А. Экология растений. М.: Академия, 2009. 400 с.

Обзор существующих методик расчета выбросов парниковых газов по протоколу GHG

Мосягина Д. Д., студ. 2 курса

Науч. рук. – Мысин А. В., канд. тех. наук, ст. препод.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург
dianadianchik77@gmail.com

Растущая угроза равновесию климатической обстановки в мире вынуждает поднимать вопросы о том, как не допустить резкий температурный скачок и обезопасить общество и окружающую среду. **Проблема контроля выбросов парниковых газов в атмосферу стала одной из важнейших в этот период, так как единой автоматизированной сети учета таких выбросов нет, и при этом именно они являются основной причиной глобального изменения климата.**

Парниковые газы — газы в составе атмосферы, которые практически не пропускают тепловое излучение Земли, создавая парниковый эффект. 11 декабря 1997 года был принят Киотский протокол [1], по которому к парниковым газам можно отнести следующие: углекислый газ CO₂, метан CH₄, оксид азота N₂O, гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), гексафторид серы (SF₆). Также к ним относятся водяной пар. Для контроля выбросов парниковых газов в атмосферу был создан **протокол GHG [2], согласно которому выбросы можно разделить на 3 группы:**

1-го уровня: прямые технологические выбросы (выбросы, происходящие на территории предприятия: генерация энергии, производственные процессы, транспорт);

2-го уровня: косвенные энергетические выбросы (выбросы от потребления тепло и электроэнергии, произведенных другими отчитывающимися компаниями);

3-го уровня: косвенные неэнергетические выбросы (предшествующие, то есть образующиеся при создании продукции, необходимой предприятию для собственного процесса производства, и последующие, то есть образующиеся в процессе эксплуатации продукции).

CO₂-эквивалент [Т] – единица измерения объема выбросов парниковых газов, обозначающая соотношение между объемом углекислого газа CO₂ и общему объему выбросов всех газов с учетом силы их влияния на окружающую среду. Так как в результате жизнедеятельности человека и производственных процессов выделяется множество различных по свойствам и парниковой активности газов, то подсчитывать влияние на экологическую обстановку и изменение климата довольно сложно. Поэтому в 1980–1990 годах был введен термин CO₂-эквивалент, суть которого заключалась в пересчете влияния всех газов по газу с наименьшей активностью – CO₂. Так, например, 1 т CH₄ может сохранять количество тепла равное 25 т CO₂, а 1 т N₂O удержит 298 т CO₂.

Объем выбросов парниковых газов, которые производятся напрямую предприятием или косвенно его продукцией принято называть углеродным следом. На каждого человека приходится определенный объем углеродного следа, зависящий от нескольких факторов. Если обобщить, то чем выше уровень доходов в стране, тем выше углеродный след каждого ее жителя. На данный момент в мире 251 страна, но выброс около 80% парниковых газов планеты выбрасывается именно Большой двадцаткой (G20, 20 стран с наиболее развитой экономикой и высоким уровнем жизни людей).

Для корректного расчета углеродного следа предприятия необходимо определить зоны, в рамках которых будет выполняться учет источников выбросов. Распределение областей источников выбросов парниковых газов для горнодобывающего предприятия можно отобразить схематично на рисунке 1. Это универсальная схема для любого предприятия.

На рисунке 2 изображена упрощенная схема производства по добыче руды. На ней видно, что выбросы образуются как при самом производстве, так и при транспортировке продукции и энергии.

Основная информация о выбросах компаний обычно представляет собой данные о количестве используемого топлива, оборудовании и других расходах. Однако из количественного определения выбросов парниковых газов в организации могут быть исключены несущественные источники выбросов – источники, выбросы от которых суммарно составляют менее 5% в год от суммарных выбросов в организации, но не более 50 тыс. т CO₂ – эквивалента/год [3, 4]. По уравнениям 1–6 из таблицы 1 можно рассчитать объем выбросов предприятием за определенный период времени.

Так как выбросы CO₂ являются основной частью всех выбросов, то существуют приблизительные коэффициенты пересчета – информация о количестве выделяющегося в атмосферу CO₂ от сжигания тонны топлива: природный газ – 1,85 т CO₂ / (тыс. м³); каменный уголь – 2,7 т CO₂/т; торф ~1,5 т CO₂/т; автомобильный бензин – 3,0 т CO₂/т или 2,2 кг CO₂/л (влияет марка и температура топлива – летнее плотнее зимнего); дизельное топливо – 3,15 т CO₂/т или 2,7 кг CO₂/л (аналогично автомобильному бензину) [5, 6].

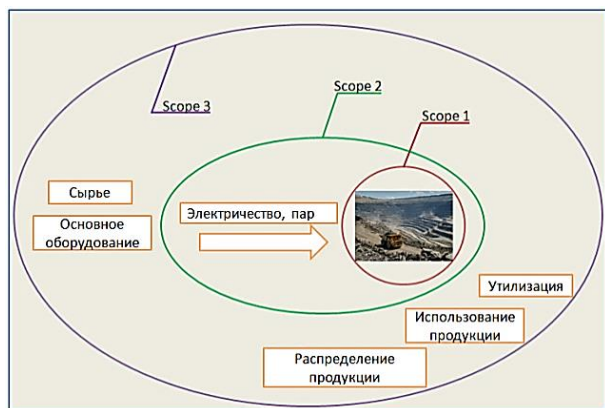


Рис. 1. Схема областей прямых и косвенных источников выбросов

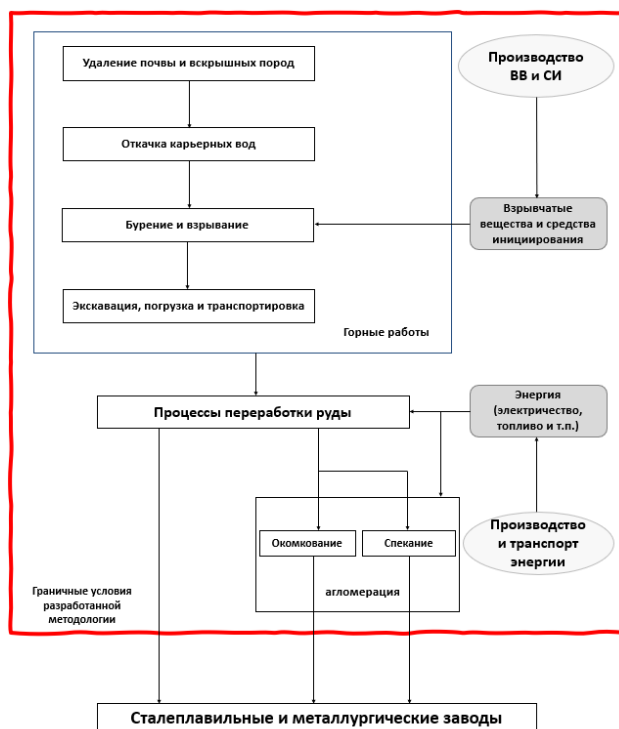


Рис. 2. Технологическая схема и граница системы в рамках оценки выбросов ПГ горнодобывающим предприятием (пример железная руда)

Таблица 1

Уравнения, используемые для расчета выбросов парниковых газов и использования энергии

Уравнения	Определяемые величины	Единицы измерения
$C_t = T_t \cdot C_h$ (1)	A_x – общее количество потребляемых ресурсов источником x	кВт·ч, кг
$T_t = n \cdot T_d \cdot d$ (2)	C_h – часовой расход на единицу оборудования	кВт·ч
$T_{tP} = \frac{n}{2} \cdot T_d \cdot d$ (3)	C_t – общий расход оборудования	кВт·ч
$E_x = A_x \cdot f_x$ (4)	E_x – Потребление энергии от источника x	МДж
$e_x = E_x \cdot F_x$ (5)	F_x – коэффициент выбросов для источника x	–
$X = A_x \cdot F_x$ (6)	T_d – количество часов на единицу оборудования в сутки	часы
	T_t – всего часов	часы
	T_{tP} – всего часов (для насосов)	часы
	X – суммарные выбросы от взрывчатых веществ	kgCO _{2e}

При сжигании древесины и производных, а также сельскохозяйственных отходов выбросы CO₂ принимаются равными 0, поскольку количество углекислого газа в атмосфере не увеличивается. Дело в том, что в процессе роста растения поглощают CO₂ из воздуха, поэтому выделяющийся при горении газ не нарушает баланса.

В долгосрочной перспективе контроль за объемами выбросов парниковых газов в атмосферу все равно не сможет ликвидировать огромный антропогенный вклад в увеличение температуры планеты. Однако попытки снизить влияние людей на климатическую обстановку все равно в определенной степени замедляют глобальное потепление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киотский протокол к рамочной Конвенции ООН об изменении климата // Парниковые газы – глобальный экологический ресурс. М., 2014. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml
2. ISO 14067:2018 Greenhouse Gases – Carbon Footprint of Products Requirements and Guidelines for Quantification.
3. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июня 2015 г. № 300 «Об утверждении методических указаний и руководства по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в Российской Федерации».
4. Скобелев Д. О., Череповицына А. А., Гусева Т. В. Технологии секвестрации углекислого газа: роль в достижении углеродной нейтральности и подходы к оценке затрат // Записки Горного института. 2023. 259. С. 125–140. <https://doi.org/10.31897/PMI.2023.10>
5. Приказ Росстата от 21.12.2016 № 844 «Об утверждении статистического инструментария для организации Федеральным агентством по недропользованию федерального статистического наблюдения за состоянием и изменением запасов и ресурсов категории D₀ нефти, газа, конденсата, этана, пропана, бутанов, серы, гелия, азота, углекислого газа, примесей ванадия и никеля в нефти».
6. Сапожникова Н. Г., Ткачёва М. В. Экологическая категория отчетности об устойчивом развитии корпорации // Международный бухгалтерский учет. 2021. № 10. С. 3–5.

Оценка визуальной среды на территории кампуса Марийского государственного университета

Мусаев Элбек Ориф угли

Науч. рук. – Алябышева Е.А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
elbekmusayev4@gmail.com

Введение. Выделяя различные экологические составляющие окружающей среды человек, часто не уделяет особого внимания визуальной среде городских территорий. Все больше в городах преобладают темно-серые тона, прямые линии, гомогенные и агрессивные поля. Господство темно-серого цвета, огромное количество больших плоских поверхностей, преобладание прямых линий и прямых углов, статичность большей части объектов – все это негативно воздействует на жизнедеятельность человека, в частности на его зрение [1, 2].

Цель исследования – оценить визуальную среду на территории кампуса Марийского государственного университета с помощью психосемантического анализа объектов.

Цветовая среда оказывает огромное влияние на жизнедеятельность города. Цвет окружающей среды обладает способностью влиять на эмоциональное состояние человека, возбуждать или успокаивать, создавать климат, проводить ассоциативные сравнения и, что более важно, создавать в уме зрителя ощущение красоты и гармонии или раздражения и дискомфорта. В основе восприятия цвета человеком лежит свойство света провоцировать соответствующее зрительное ощущение, которое передается в мозг и вызывает определенные эмоциональные реакции [3].

Объекты и методы исследования. В качестве объектов изучения визуальных особенностей выступил кампус Марийского государственного университета (ул. Осипенко – ул. Красноармейская – ул. Машиностроителей): учебные корпуса Б, В, Д, Е, столовая «Меридиан»; деловой центр МарГУ – общежитие № 9).



Рис. 1. Учебный корпус Б



Рис. 2. Учебный корпус В



Рис. 3. Учебный корпус Д



Рис. 4. Учебный корпус Е



Рис. 5. Столовая «Меридиан»



Рис. 6. Деловой центр МарГУ. Общежитие № 9

В работе был использован психосемантический метод, основанный на человеческом восприятии, эмоциях и памяти. Каждый цвет имеет психологическое значение [4]. Эмоциональные значения являются предметным уровнем значения цвета, доступного для вербализации. Здесь можно выделить два подуровня:

а) подуровень эмоциональных состояний: покой, возбуждение, напряжение, удовлетворенность, эйфория, депрессия и т. д. Они менее дифференцированы и тесно связаны с контекстом организма и коннотативными значениями. Семантика этого уровня экспериментально раскрывается ассоциациями цветов и настроений человека. В этом контексте теплые цвета (фактор тепла) вызывают симпатию.

б) подуровень идей, вызванный цветами: «устранение», «приближение», «жара», «холод», «излучение», «движение», «энергия», «мир», «баланс», и т.д. [5].

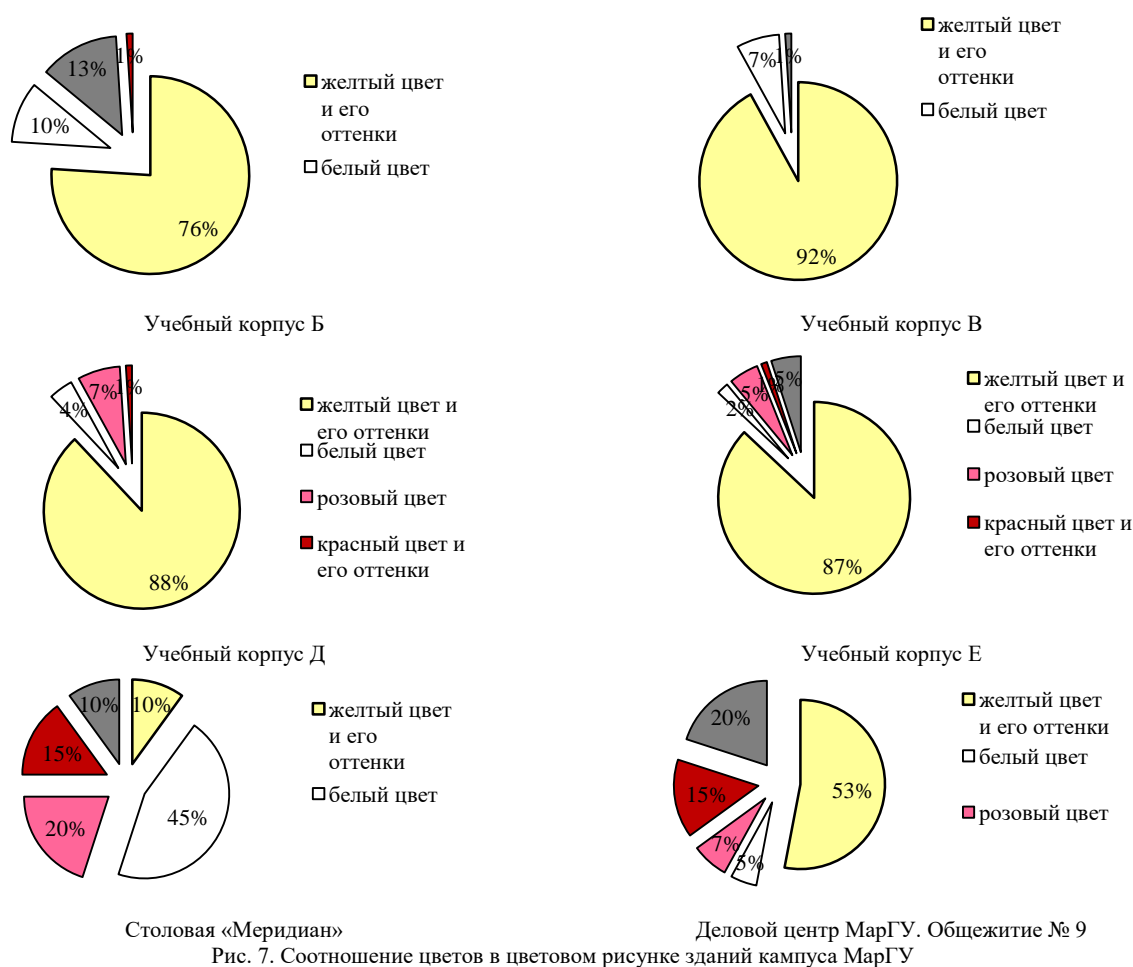


Рис. 7. Соотношение цветов в цветовом рисунке зданий кампуса МарГУ

Результаты исследования. Художественно-эстетическая задача цветового решения зданий – вызвать у человека приятные ощущения, запоминающийся художественный образ городской среды. С помощью цвета вы можете создать визуальную комфортную обстановку в городе [6].

Учебные корпуса МарГУ. В ходе исследования было обнаружено, что доминирующим цветом зданий являлся желтый и его оттенки (рис. 1–4). Кроме этого встречались белый, серый, розовый и малиновый

цвета. Желтый цвет и его оттенки являются основными в стиле классицизма. От данного цвета исходит тепло, обладает следующими качествами: стимулирует зрение, успокаивает нервные состояния, поднимает настроение и способствует общению, также желтый цвет приглушает воздействие насыщенных цветов. Положительные черты территорий, прилегающих к учебным корпусам Б, В и Д – это наличие большой площади озеленения, что благоприятно влияет на общее состояние человека так как создает обстановку схожую с естественной природной средой.

Столовая «Меридиан». Исследовав данное здание, было выявлено, что доминирующими цветами являлись белые, желтые и красные цвета (рис. 5). Белый цвет холодный, однообразный, создает ощущение бездонной пустоты, способен вызывать апатию у некоторых людей. Желтый цвет в сочетании с зеленым цветом деревьев благотворно влияет на настроение. Красный цвет и его оттенки мобилизуют и поднимают настроение, также он отлично активизирует деятельность, но его не должно быть в большом количестве. Территория, прилегающая к столовой, озеленена хвойными и лиственными деревьями.

Деловой центр МарГУ. Общежитие № 9. Деловой центр МарГУ является новым и современным зданием. При оформлении здания были использованы следующие цвета: желтый, серый, розовый, белый и малиновый (рис. 6). Фасад здания оформлен в контрастные по светлоте цвета, как насыщенные так и мало насыщенные, что создает наибольший эмоциональный эффект и благоприятно влияет на людей. Территория, прилегающая к зданию, озеленена кустарниками и деревьями. В современной застройке кампуса МарГУ окраска зданий включает в себя желтый и его оттенки (10,0–93,0%), белый (10,0–45,0%), серый (10,0–20,0%), розовый (5,0–20,0%) и красный и его оттенки (14,0–15,0%) (рис. 7).

Таким образом, психосемантический анализ показал, что здания, расположенные на территории кампуса Марийского государственного университета положительно влияют на общее состояние людей. Единственным недостатком являются здания учебных корпусов В и Е, характеризующихся преобладанием оттенков желтого, что создает неблагоприятные условия для восприятия окружающего пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прокопенко В. Т., Трофимов В. А., Шарок Л. П. Психология зрительного восприятия. СПб.: СПбГУИТМО, 2006. 73 с.
2. Филін В. А. Видеэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо. М.: Видеэкология, 2006. 512 с.
3. Сотников Б. Е. Архитектурно-историческая среда. Ульяновск: УлГТУ, 2010. С. 208.
4. Габидулина С. Э. Психосемантика городской среды: объективные и субъективные факторы отношения горожан к элементам городского ландшафта: автор. дис. ... канд. псих. наук: 19.00.01. М., 1991. 22 с.
5. Яньшин П. В. Психосемантический анализ категоризации цвета в структуре сознания субъекта. М., 2001. 390 с.
6. Джандарова Х. М. Роль цветового решения гражданских зданий в формировании городской среды // Молодой исследователь Дона. 2017. № 6. С. 30–35.

Анализ влияния загрязнителей атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения Куйбышевского района г. Самара

Мякишева Ю. В.¹, Павлов А. Ф.¹, Родионова Г. Н.²

¹ – Самарский государственный медицинский университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации», г. Самара
² – Самарский государственный социально-педагогический университет», г. Самара
a.f.pavlov@samsmu.ru

В настоящее время известно, что население, проживающее в крупных городах, может подвергаться неблагоприятному воздействию. Одним из основных экологических факторов риска для здоровья населения, проживающих на территориях нефтехимии и нефтепереработки, является загрязнение атмосферного воздуха [1,2,3]. Атмосферный воздух важный компонент окружающей природной среды, а проблема загрязнения его все чаще ставится во главу угла. На качество атмосферного воздуха Самарской области влияют множество факторов, например, климатические особенности, географическое положение, так же огромное влияние на распространение концентраций вредных примесей оказывают особенности метеорологического режима города, наличие автомагистралей, интенсивность транспортного движения, наличие промышленных предприятий [3]. Превышение предельно-допустимой концентрации веществ, выбрасываемых в окружающую среду приводят к развитию заболеваний органов дыхания, центральной нервной системы, а также пищеварительной, кровеносной систем [4, 5, 6]. Поэтому, мы считаем, что исходя из этих позиций исследуемая проблема актуальна и важна для проведения исследования.

Цель исследования – проанализировать степень загрязнения атмосферы в Куйбышевском районе г. Самара и оценить его влияние на организм населения.

Достижение поставленной цели предопределило рассмотрение ряда взаимосвязанных **задач исследования**, а именно:

1. Провести оценку первичной заболеваемости населения в промышленной зоне города.
2. Изучить основные источники выбросов загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха.
3. Рассмотреть влияние загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения Куйбышевского района г. Самара.

Основным путем поступления поллютантов является ингаляционный. Риски для здоровья населения формируются в результате загрязнения такими примесями как: диоксид серы, серная кислота, диоксид азота, смесь углеводородов, сероводород и бензол. Превышение уровня ПДК токсикантов в окружающей среде приводят к увеличению распространенности острых респираторных инфекций, хронических неспецифических заболеваний органов дыхания, аллергической реакции, ишемической болезни сердца, болезней пищеварительной и эндокринной систем, гипертонической болезни, онкологической заболеваемости и врожденных аномалий развития [7].

Анализ первичной заболеваемости населения г.о. Самара показал, что преобладают болезни органов дыхания. Они составляют 1/3 (31,3%) от всех выявленных болезней у взрослого населения и более половины патологии (64,9%) у детей и подростков [7].

В настоящее время, на территориях, расположенных рядом с промышленными объектами, наиболее существенными являются только острые и хронические неканцерогенные риски, оказывающие воздействие на дыхательную систему и ЦНС. В исследовании было определено, что значительный вклад в риск развития вносят пары диоксида серы и серной кислоты. Величина острого неканцерогенного риска для диоксида серы равна 0,9, а для серной кислоты 0,35. Уровень суммарного неканцерогенного риска по различным поллютантам составляет 1,5, что превышает уровень ПДК [7, 8].

Значения уровней хронического неканцерогенного риска здоровью населения по приоритетным загрязняющим веществам и суммарно для заболеваний органов дыхания распределились следующим образом: для диоксида серы – 0,13, серной кислоты – 0,44, сероводорода – 0,13. Суммарный уровень составил 0,71, что соответствует приемлемым величинам [7, 9].

Следовательно, по результатам проведенной оценки аэрогенного риска здоровью населения экологически неблагоприятного района г.о. Самара полученные значения характеризуются как приемлемые.

Выявлена корреляционная связь между аллергическими заболеваниями взрослого населения и концентрацией формальдегида, для детского населения – онкологической заболеваемостью и концентрацией формальдегида и бенз(а)пирена. Также установлены сильные корреляционные связи между повышенным уровнем формальдегида и показателями аллергической заболеваемости органов дыхания у детского населения, как в целом, так и по отдельным нозологическим формам: аллергическому риниту и бронхиальной астме [7].

Для выявления и анализа основных источников выбросов загрязняющих веществ, оказывающих влияние на экологическое состояние Куйбышевского района, выбросы ранжированы по 4 категориям:

- категория 1: виды деятельности крупных промышленных предприятий Куйбышевского района;
- категория 2: виды деятельности средних и малых промышленных предприятий;
- категория 3: виды деятельности микропредприятий;
- категория 4: все другие антропогенные источники загрязнения, например, транспортные, бытовые, коммерческие [9].

Распределение выбросов загрязняющих веществ промышленного узла указывает, что основной вклад в загрязнение аммиаком, углеводородами C1-C5, C6-C10, формальдегидом, толуолом, этилбензолом, фенолом вносит 1 категория промышленных предприятий, в то время как около 70 % всех загрязнений сероводородом вносят предприятия 2-й категории [8, 9, 10, 11].

Произведен расчет выбросов от передвижных источников – автомобильного транспорта, зарегистрированного на территории Самарской области. При оценке полученных результатов выявлено, что каждый час область воздуха, находящаяся в районе исследуемых участков, загрязняется примерно на 12714,03 л – углерод оксидом, на 2183,95 л – углеводородами, на 1009,98 л – диоксидом азота, что свидетельствует о значительной роли автотранспорта по некоторым загрязняющим веществам, присутствующим в атмосферном воздухе Куйбышевского района г.о Самара [12].

По результатам установления приоритетных загрязнителей, дающих наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха района с высокой степенью антропогенной нагрузки, проводился анализ моделирования рассеяния выбросов и рассчитывались уровни острого и хронического не канцерогенного риска, канцерогенного риска и суммарный риск для здоровья населения.

Как показали расчеты острый и хронический не канцерогенный риск, как для органов дыхания, так и для ЦНС имеет величины менее 1, поэтому его можно квалифицировать как приемлемое значение. С учетом того, что рассчитывался суммарный риск от вкладов нескольких загрязнителей, адекватным порогом приемлемости для этого считается риск, равный 3, который также оценивается, как приемлемый.

Значения риска для органов дыхания и центральной нервной системы сопоставимы. Значительный вклад в риск развития заболеваний для органов дыхания вносит диоксид серы и серная кислота, для ЦНС – в основном предельные углеводороды C1-C5, предельные углеводороды C6-C10, предельные углеводороды C12-C19 [11].

Рассчитанный индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения района с высокой степенью антропогенной нагрузки для отдельных загрязняющих веществ составляют бензол, пропилен, хром, этилбензол, бенз(а)пирен. Ориентирование на промышленные выбросы отдельных ведущих предприятий района не отражает в полной мере реального их неблагоприятного воздействия с учетом возможной суммации или потенцирования. В связи с этим проведение анализа многосредового риска здоровью с обязательным учетом всех источников загрязнения атмосферного воздуха, почв, вод и снежного покрова способствует получению достоверных данных о вероятности развития заболеваний как в ближайшее время (не канцерогенный риск), так и в отдаленные сроки (канцерогенный риск).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурвич В. Б. Оценка и управление риском для здоровья населения в системе законодательного регулирования санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Управление риском для здоровья работающих и населения в связи с хозяйственной деятельностью предприятий медной промышленности: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург: Федеральное бюджетное учреждение науки «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 2016. С. 43–46.
2. Сучков В. В., Семаева Е. А. Взаимосвязь величин предельно допустимых концентраций и уровня риска здоровью для аэрополлютантов // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 5. С. 442–445.
3. Зайцева Н. В., Землянова М. А., Кольдибекова Ю. В. И. Оценка аэрогенного воздействия приоритетных химических факторов на здоровье детского населения в зоне влияния предприятий по производству алюминия // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 1. С. 68–75.
4. Березин И. И., Семаева Е. А. Современное состояние атмосферного воздуха в городе с интенсивным развитием нефтеперерабатывающей промышленности // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 3(288). С. 18–22.
5. Мякишева Ю. В., Светлова Г. Н., Фатенков О. В. Взаимосвязь распространенности нозологических форм заболеваний с антропогенными факторами внешней среды у населения г.о. Самара // Вопросы управления в развитии системы первичной медико-санитарной помощи: актуальные вопросы гематологии. 2017. С. 267–270.
6. Коломин В. В., Латышевская Н. И., Кудряшева И. А. Организация мониторинга воздушного бассейна на основе результатов оценки состояния здоровья населения // Саратовский научно-медицинский журнал. 2020. Т. 16. №1. С.77–82.
7. Оценка показателей заболеваемости и риска для здоровья населения экологически неблагополучного района крупного промышленного центра / Мякишева Ю. В. и [др.] // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 68–2. С. 51–57.
8. Павлов А. Ф., Родионова Г. Н. Экологическая оценка влияния загрязнения атмосферы на состояние здоровья населения Куйбышевского района г. Самара // Известия Саратовского университета: сборник научных статей. 2021. С. 102–105.
9. Тафеева Е. А., Иванов А.В., Титова А.А. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха как фактора риска здоровью населения Казани // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 3. С. 37–40.
10. Курчанов В. И., Лим Т. Е., Чернявская И.В. Анализ причинно-следственной связи между первичной заболеваемостью детского населения Санкт-Петербурга и уровнем загрязнения атмосферного воздуха выбросами от автотранспорта // Здоровье населения и среда обитания. 2015. 2 (263). С. 30–33.
11. Павлов А. Ф., Родионова Г. Н. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения Куйбышевского района г. о. Самара // Сборник тезисов XLVI Самарская областная студенческая научная конференция. Самара. 2020. С. 34–35.
12. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения экологически неблагополучного района крупного промышленного центра / Мякишева Ю. В. и [др.] // Здоровье населения и среда обитания – 3НиСО. 2022. Т. 30. № 3. С. 44–52.

Применение остаточного активного ила в качестве субстрата для выращивания овса посевного

Никитина М. В., Саулина П. А., Мусеева Е. С.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск
m.nikitina@narfu.ru

Введение. Биологический способ очистки сточных вод один самых быстрых и эффективных. Он основан на применении активного ила – биоценоза зоогенных скоплений (колоний) бактерий и простейших организмов [1].

При очистке сточных вод образуется остаточный активный ил, который возможно утилизировать различными способами. Такой ил, в зависимости от концентрации в нем токсичных примесей, можно использовать в качестве удобрений, белково-витаминных концентратов, захоранивать в грунт или сжигать [2, 3]. Так же активный ил может быть использован для производства твердого топлива и строительных материалов [4, 5]. Наиболее экологичным способом утилизации является – использование остаточного активного ила в сельском хозяйстве [6].

Целью нашего исследования является выявление оптимального процентного содержания активного ила и торфа, которое позволит использовать его в качестве субстрата для выращивания растений.

Исследование проводилось в лаборатории биогеохимических исследований САФУ имени М.В. Ломоносова. В качестве биотестеров используются преимущественно высшие цветковые растения: лук, томаты, соя, ряска, пшеница, овес, ячмень [7]. Нами было выбрано однолетнее травянистое растение овес посевной (*Avena sativa*), так как он достаточно чувствителен к содержанию макро- и микроэлементов, а также кислотности и другим физико-химическим показателям субстратов. Изменения этих параметров могут отражаться на росте, развитии и урожайности растений, что делает его хорошим индикатором. Также овес имеет короткий цикл роста и развития, что позволяет быстро определить изменения в условиях произрастания. Это особенно важно для мониторинга изменений на небольших участках или при частых исследованиях.

Для выращивания овса был использован субстрат, приготовленный из биогумуса «Архангельский», в основе которого остаточный активный ил очистных сооружений Архангельского целлюлозно-бумажного комбината и верховой торф, заготовленный с месторождений региона с глубины торфяной залежи 40–80 см на торфяном болоте верхового типа в Приморском районе Архангельской области со степенью разложения 15%. Он был высушен в естественных условиях и размолот с применением дробилки ТермМикс до фракций не более 0,5 см, достаточной для корректного применения при постановке вегетационных опытов с комбинированными субстратами. Мелкие фракции торфа позволяют провести равномерное смешение фракций (торф, ил и др.).

Приготовленные субстраты имели следующие композиции: контрольный образец – 100% торфа; 90% торфа + 10% ила; 80% торфа + 20% ила; 70% торфа + 30% ила; 60% торфа + 40% ила; 50% торфа + 50% ила; 40% торфа + 60% ила; 30% торфа + 70% ила. Каждая композиция рассматривалась в 3-кратной повторности. Всего – 24 образца. Проводились визуальные наблюдения, определялась всхожесть и измерения морфологических показателей: количество листьев, длина стебля и корня.

В ходе модельного опыта по выращиванию овса на исследуемых субстратах с привнесением активного ила ожидается увеличение показателей развития растений таких как: всхожесть, длина стебля и корня, количество листьев.

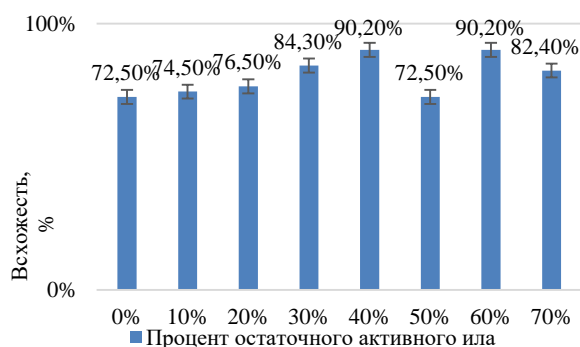


Рис. 1. Всхожесть семян в зависимости от процентного содержания остаточного активного ила

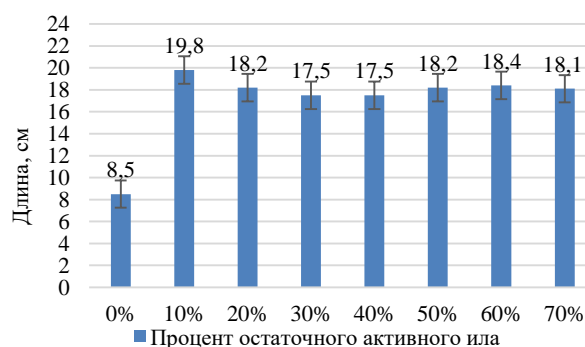


Рис. 2. Средняя длина стебля

Сравнив общую всхожесть всех семян (рис. 1) закладки каждого модельного экземпляра (всего 51 на каждую модель), тенденции к сильному увеличению данного показателя не было замечено. Общая всхожесть колеблется от 72 до 82%. Всхожесть семян – важный показатель качества среды, так как в этот период растения наиболее чувствительны к ее условиям.

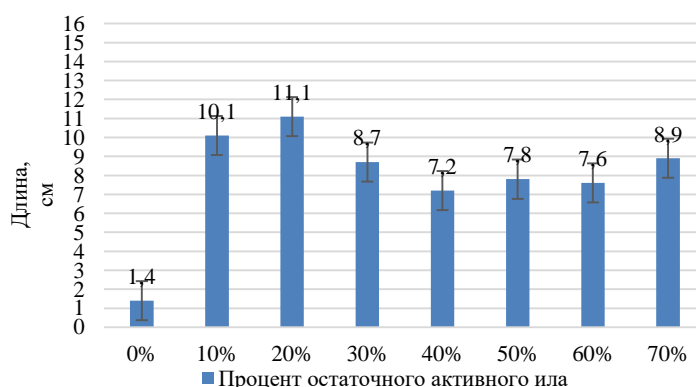


Рис. 3. Средняя длина корня

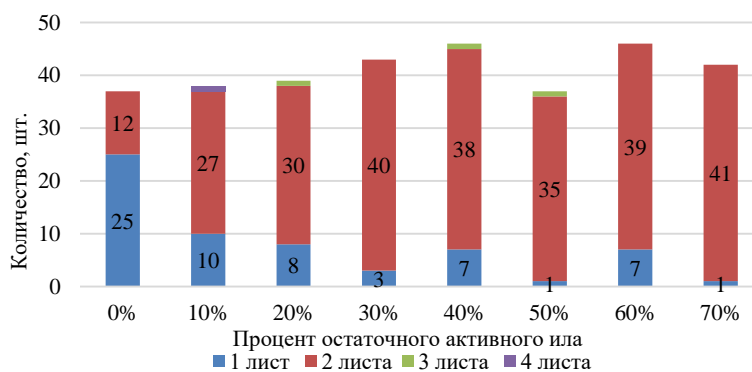


Рис.4. Количество листьев на стебле

Результаты измерений длинны стебля и корня представлены на рисунках 2 и 3. Средняя длинна стебля увеличилась более чем в два раза начиная с 10% содержания активного ила по сравнению с контрольным образцом и при этой же концентрации достигала максимума из всех модельных образцов – 19,8 см. Наряду с увеличением длины надземной части овса также замечено увеличение средней длины корня при таком же соотношении активного ила.

С добавлением к торфу 30% биогумуса увеличивается количество листьев в побегах (рис. 4).

Выводы. Проведенные исследования показали, что привнесение биогумуса на основе активного ила в торфяные субстраты положительно влияет на морфологические показатели овса посевного. Наиболее эффективно соотношение остаточный активный ил – торф 30–40%. В целом привнесение активного ила даже в небольших количествах показало потенциальную возможность применения его в качестве субстрата в сельском хозяйстве, что также потенциально может решить проблему его утилизации на сооружениях очистки сточных вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке НОЦ «Российская Арктика: современные материалы, методы, технологии», Подпроект 4 «Исследования и подбор оптимального состава субстрата (грунта) для выращивания саженцев (сеянцев) хвойных пород применительно к условиям лесовосстановления на лесосырьевой базе предприятий ООО ПКП «Титан» и АО «Архангельский ЦБК».

ЛИТЕРАТУРА

1. Дерягин Н. А. Гидробиологическое исследование активного ила городских сточных вод // *Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования*. 2020. С. 43–45.
2. Кириллов М. В. Перспективы использования активных илов станций аэрации в качестве // *Аграрный вестник Урала*. 2010. № 2. С. 43–45.
3. Селиванова С. В. Переработка и применение зол от сжигания активного ила // *Вестник научных конференций*. 2017. № 3–4. С. 90–91.
4. Ушаков А. Г. Твердое композиционное топливо на основе отходов угольных предприятий и избыточного активного ила // *Глобальная энергия*. 2014. № 3. С. 70–79.
5. Романенко И. И. Применение клетчатки в производстве строительных изделий // *Инженерный вестник Дона*. 2022. № 4. С. 362–373.
6. Абдимуталин Н. А. Изучение свойств и состава активного ила и его применения в сельском хозяйстве // *European Student Scientific Journal*. 2013. № 2. <https://s.sjes.esrae.ru/pdf/2013/2/62.pdf>.
7. Цаценко Л. В. Биологическое тестирование почвы: метод указания к изучению дисциплины. Краснодар : КубГАУ, 2016. 39 с.

Содержание органических кислот в нивянике обыкновенном в зависимости от условий произрастания

Николаева Ю. М.

Науч. рук. – Воскресенская О. Л., д-р биол. наук, проф.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
yuiya2511-1990@mail.ru

Нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.) весьма распространенный представитель семейства Астровые, обладающий приметными крупными бело-желтыми соцветиями, высотой до 60см, цветет с мая по август [1]. *Leucanthemum vulgare* травянистый многолетник, гемикриптофит, короткокорневищный (по другим данным, кистекорневой или стержнекорневой поликарпик), характерно образо-

вание двух видов листьев: прикорневых и стеблевых. Прикорневые листья, как правило, лопчатые, по краям городчатые, обладающие длинными черешками; стеблевые – продолговатые, по краям неравномерно зубчатые; сидячие. К вершине стебля данный вид листьев сильно уменьшается, в числе более двух [2].

Нивяник обыкновенный в научных публикациях часто рассматривается как объект исследования, которые посвящены изучению морфологии и жизненной формы [3], большое количество исследований посвящено нивянику обыкновенному как примесному виду к ромашке аптечной. Немало работ по изучению нивяника обыкновенного как декоративного растения, часто использующегося в озеленении. Имеются работы по изучению минерального состава нивяника обыкновенного [4], эфирных масел [5], алкалоидов [6]. Работы по изучению содержания органических кислот в нивянике обыкновенном, и изменении их количества в зависимости от условий произрастания, немногочисленны.

Органические кислоты – это один из классов соединений, проявляющих широкий диапазон биологической активности, содержание которых в растениях может изменяться от множества факторов. Следовательно, необходимо изучать содержание органических кислот в растениях, произрастающих в различных условиях окружающей среды.

Цель работы – изучение количественного содержания суммы органических кислот в листьях и соцветиях нивяника обыкновенного.

Исследования проводились на базе кафедры экологии Института естественных наук и фармации ФГБОУ ВО МарГУ. Сбор растительного материала проводили с трех мест произрастания нивяника обыкновенного: ЦП-1 расположена в Восточном природном районе на территории памятника природы Карман Курык в Моркинском районе; ЦП-2 – относится к Оршанско-Кокшагскому природному району, расположена вдоль автомобильной дороги «Поветлужье», вблизи деревни Крутой Овраг Медведевского района; растения ЦП-3 произрастали в Ветлужско-Юшутском природном районе, в окрестностях села Арда Килемарского района.

Для исследования растения собирали в сухую безветренную погоду, для анализа брали листья и соцветия нивяника обыкновенного. Содержание суммы органических кислот определяли титриметрическим методом с использованием индикатора о-фенолфталеина. Оттитровывали вытяжку раствором щелочи до розового окрашивания [7]. Для статистического анализа данных рассматривали среднее арифметическое, максимальные и минимальные значения в выборке, проводили одно- и двухфакторные дисперсионный анализ. Статистический анализ полученных результатов проводили с помощью программ STATISTICA (версия 10.0) и Microsoft Excel. За статистически значимые различия принимали значения $p < 0,05$ [8].

В растительном организме имеется огромное многообразие органических кислот. Наиболее часто встречаются это следующие кислоты: яблочная, лимонная, янтарная, щавелевая, уксусная, винная и другие [9]. Они играют важную роль в обмене веществ растений, являются в основном продуктами превращения сахаров. Органические кислоты могут накапливаться во всех органах растения, но больше их содержится в надземных частях, особенно в плодах. В плодах органические кислоты преимущественно находятся в свободном виде, в листьях же и других органах растений преобладают их соли [10].

Содержание суммы органических кислот в листьях нивяника обыкновенного представлено на рисунке 1. Было установлено, что максимальное содержание органических кислот в листьях характерно для нивяника обыкновенного, произрастающего в ЦП-3 (Килемарский район). Для растений, произрастающих в ЦП-2 (Медведевский район) было характерно снижение содержания органических кислот на 25%. Листья нивяника обыкновенного, собранного в ЦП-1 (Моркинский район) содержали 0,19% органических кислот, что в 1,8 раза меньше, чем у растений ЦП-3.

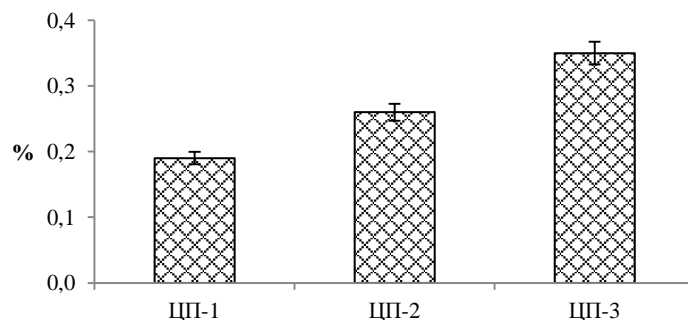


Рис. 1. Содержание суммы органических кислот в листьях нивяника обыкновенного

Соцветия нивяника обыкновенного в зависимости от района произрастания содержали в 2–2,9 раза больше суммы органических кислот, чем листья (рис. 2).

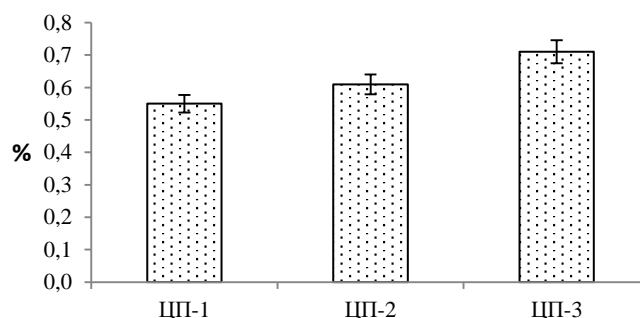


Рис. 2. Содержание суммы органических кислот в соцветиях нивяника обыкновенного

Можно предположить, что разница в содержании органических кислот в листьях и соцветиях, зависят от выполняемых ими функций и стадии развития растений. Так, в листьях органические кислоты участвуют в процессах дыхания, фотосинтеза, в обмене липидов, обуславливают величину рН клеточного сока. В соцветиях органические кислоты выполняют с одной стороны защитную функцию, защищая от поедания, с другой стороны – придавая вкус и запах соцветиям привлекают насекомых для опыления.

Аналогично листьям, наибольшее содержание органических кислот в соцветиях наблюдалось у нивяника обыкновенного, произрастающего в ЦП-3 и составляло 0,71%. В соцветиях *Leucanthemum vulgare*, собранных в ЦП-2 и ЦП-1 происходило снижение содержания органических кислот на 16–23% соответственно.

Возможно, что такое различие в содержании органических кислот в листьях и соцветиях нивяника обыкновенного в разных районах произрастания связано с различным содержанием минеральных элементов в почвах, типом почвы и т.д.

Для проверки достоверности полученных результатов были проведены статистические исследования. Проведя двухфакторный дисперсионный анализ, были выявлены статистически значимые различия между районами исследования ($p=0,000164$) и органами растений ($p=0,000000$) (табл. 1).

Актуальность исследования содержания органических кислот в нивянике обыкновенном обусловлена тем, что данное растение является примесным для фармакопейного вида – ромашке аптечной (*Matricaria recutita* L.) [11]. Поэтому необходимо изучать количественное содержание различных биологически активных веществ в растениях, произрастающих в разных экологических условиях.

Кроме того, следует отметить, что нивяник обыкновенный также применяется в народной медицине, в частности используется его соцветия. Как отмечалось выше, было установлено, что в соцветиях содержится в несколько раз больше органических кислот, чем в листьях.

Таблица 1

Двухфакторный дисперсионный анализ содержания суммы органических кислот в нивянике обыкновенном

Эффект	SS	Степени свободы	MS	F	p
Св. член	3,54450	1	3,54450	1729,383	0,000000
район	0,080933	2	0,040467	19,633	0,000164
орган	0,572450	1	0,572450	277,739	0,000000
район*орган	0,000133	2	0,000067	0,032	0,968257
Ошибка	0,024733	12	0,002061		

Таким образом, органические кислоты – это многообразная группа биологически активных веществ, содержащаяся в большинстве растений, и распределяющиеся по растению неравномерно. В ходе анализа содержания суммы органических кислот в нивянике обыкновенном, было установлено, что максимальное их накопление происходит в соцветиях. Листья нивяника обыкновенного накапливали в разы меньше органических кислот. Среди районов исследования наибольшим значением суммы органических кислот обладали растения, произрастающие в ЦП-3 (Килемарский район), наименьшее содержание – в ЦП-1 (Моркинский район).

ЛИТЕРАТУРА

1. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность: в 5 т. / отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб.; М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2013. Т. 5: Семейство *Asteraceae* (*Compositae*). Ч. 2: Роды *Echinops* – *Youngia*. 312 с.

2. Губанов И. А. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 3: Покрытосеменные (двудольные: разнотыпные). М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2004. 520 с.
3. Илюшечкина Н. В., Кошпаева Т. В. Изменчивость морфометрических признаков нивяника обыкновенного (*Leucanthemum vulgare* Lam.) // Современные проблемы естественных наук и медицины: Сборник статей Всероссийской научной конференции. Вып. 9. Йошкар-Ола. 2020. С. 200–202.
4. Горячкина Е. Г., Федосеева Г. М. Минеральный состав надземных и подземных органов нивяника обыкновенного и трехрешника непахучего // Вопросы естествознания. 2013. № 1(1). С. 12–15.
5. Duman E., Özcan M. M. The Chemical Composition of *Achillea wilhelmsii*, *Leucanthemum vulgare* and *Thymus citriodorus* Essential Oils // Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2017. Т. 20. №. 5. С. 1310–1319.
6. Sagareishvili T. G. Alkaloids of *Leucanthemum vulgare* Lam // Chemistry of Natural Compounds. 2000. Т. 36. №. 3. С. 327–327.
7. Методы эколого-биологических исследований / Мар. гос. ун-т; О.Л. Воскресенская, Е.А. Алябышева, Е.В. Сарбаева, В.С. Воскресенский. Йошкар-Ола, 2018. 120 с.
8. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
9. Латыпова Г.М. Состав органических кислот в растениях рода первоцвет // Сибирский медицинский журнал. 2014. № 3. 96–98.
10. Гагарина И.Н., Гаврилова А. Ю., Прудникова Е. Г., Хилкова Н. Л. Природные биологически активные вещества в сельском хозяйстве. Орел: ОрелГАУ, 2014. 155 с.
11. Николаева Ю. М., Кучерова Н. Ю., Ложкин Д. С. Содержание органических кислот в ромашке лекарственной и близкородственных видах // Студенческая наука и XXI век. 2020. Т. 17. № 1–1(19). С. 150–152.

Оценка знаний студентов Марийского государственного университета о «синдроме больного здания»

Николаева Ю. О., Моковеева М. В., студ. 2 курса

Науч. рук. – Алябышева Е.А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
julia_nick_4345@mail.ru

Введение. Проблема экологической безопасности помещений является достаточно актуальной в наши дни. Синдром «больного здания» (SBS, Sick Building Syndrome) – это болезненное состояние, при котором люди, находящиеся в здании, в котором они работают или проживают, страдают от болезненных симптомов или хронических заболеваний, причиной которых является само это здание. Эти симптомы имеют тенденцию усиливаться по мере того, как люди больше времени проводят в здании; они уменьшаются или даже исчезают, когда люди покидают «больное здание» [1–5].

В 1984 году был опубликован доклад Всемирной организации здравоохранения о том, что приблизительно 30% зданий во всем мире могут быть причиной существенных жалоб, связанных с негативным внутренним климатом помещений, в первую очередь, с плохим качеством воздуха. Зачастую это временное состояние, но для некоторых зданий эти условия могут сохраняться долгое время (рис. 1).



Рис. 1. Категории «больных зданий» [1–5]

Цель исследования – оценить уровень знаний студентов Марийского государственного университета о «синдроме больного здания», обобщить и систематизировать представленные в доступных информационных источниках данные о его предупреждении.

Методы исследования. Исследование проводили в феврале – апреле 2023 года. В работе использованы методы наблюдения и социологического опроса путем анкетирования. Было опрошено 100 студентов 1–3 курсов Института естественных наук и фармации Марийского государственного университета (всего 100 чел.). Анкета включала 11 вопросов.

Результаты исследования.

В ходе исследования было установлено, что 42,0% опрошенных знакомы с термином «синдром больного здания», а 37,0% студентов не знают, что такое «синдром больного здания» и предпочитают в свободное время находиться в помещениях, а не на свежем воздухе. При этом в помещениях университета студенты отметили, что проводят от 2 до 5 часов в день (52,0%) и более 5 часов в день (47,0%).

21,0% респондентов недостаточно хорошо знают о причинах появления симптомов «синдрома больного здания», которыми могут быть: недостаточная вентиляция; наличие загрязнителей физической, химической и биологической природы, которые поступают из ковровых покрытий, строительных материалов, мебели, средств бытовой химии и др. (рис. 2).

В дальнейшем мы попытались проанализировать как студенты оценивают микроклимат и качество воздуха в учебных аудиториях корпусов Б, В, Д МарГУ. 59,0% студентов ощущают духоту и неприятные посторонние запахи в некоторых учебных аудиториях и связывают это с тем, что не всегда перед занятиями проводится проветривание помещений (рис. 3).

При анализе ответов были выявлены учебные аудитории, которые оказывали негативное влияние на самочувствие опрошенных: ауд. 206 корп. Д; ауд. 100, 216, 217 корп. Б, ауд. 328 корп. В.

Опрос показал, что 67,0% студентов отмечали негативное влияние микроклиматических и химических параметров помещений на свое самочувствие. Так, при повышении температуры и снижении относительной влажности воздуха, при увеличении концентрации CO₂, у обучающихся повышалась усталость и снижалась концентрация внимания (рис. 4).

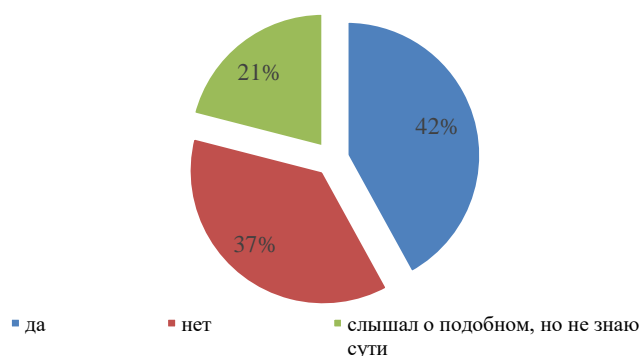


Рис. 2. Анализ ответов на вопрос: Знаете ли Вы о таком явлении как «синдром больного здания»?

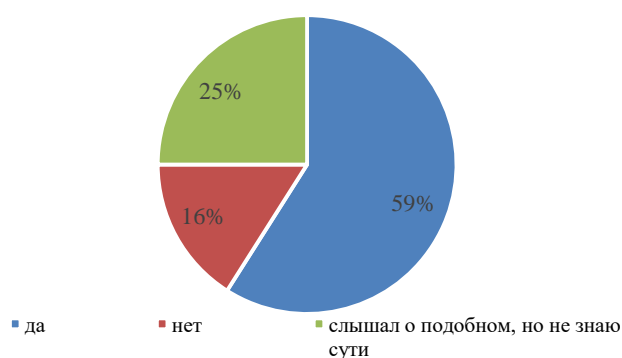


Рис. 3. Анализ ответов на вопрос: Ощущаете ли Вы наличие неприятных посторонних запахов в какой-либо учебной аудитории?

Для повышения работоспособности и концентрации внимания обучающихся во время учебных занятий необходимо: регулярно проветривать помещения; чаще делать влажную уборку; разместить комнатные растения, которые поглощают углекислый газ и вредные вещества, выделяют кислород и выполняют антибактериальную функцию и увлажняют воздух. Также мы хотели бы обратить внимание на обязательное ношение студентами сменной обуви – это значительно поможет снизить количество пыли, заносимой в помещение с улицы.

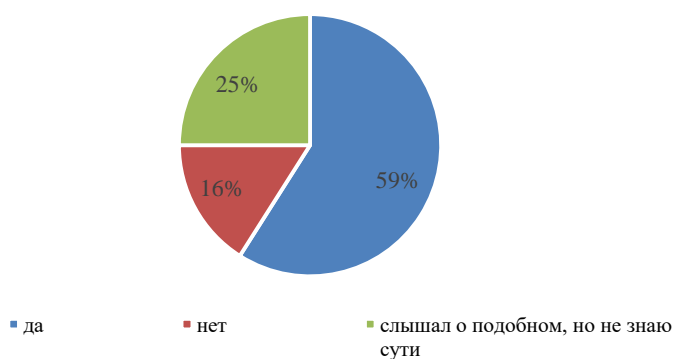


Рис. 4. Анализ ответов на вопрос: Может ли, по Вашему мнению, помещение, в котором вы находитесь, вызывать недомогание, повышенную усталость, снижение концентрации внимания и т.д.?

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о том, что студенты 1–3 курсов Института естественных наук и фармации Марийского государственного университета имеют достаточно высокий уровень знаний об экологической обстановке внутри помещений. Для предупреждения «симптомов больного здания» и сохранения здоровья студенческой молодежи необходимо выполнить перечисленные выше профилактические мероприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродач М. М., Шилкин Н. В. Создание безопасной среды обитания человека. Здания больные и здания здоровые // Энерго-сбережение. 2021. № 1. С. 1–11.
2. Доронина Ю. Е., Матюшева Н. В. Проблемы экологии помещений современных жилых домов («синдром больных зданий») // Вестник студенческого научного общества. 2019. Т. 10, № 2. С. 129–131.
3. Зырянов Е. О. Синдром больных зданий // Студенческий. 2020. № 1–1(87). С. 9–11.
4. Кот В. Н., Дубовская А. В. Синдром больного здания // Актуальные вопросы радиационной и экологической медицины, лучевой диагностики и терапии: сб. материалов II межвуз. научно-практической интернет-конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. Гродно: Гродненский государственный медицинский университет, 2018. С. 118–120.
5. Садченко П. С., Халапсина Т. И. Распространенность симптоматики «синдрома больных зданий» среди студентов ГомГМУ // Проблемы общественного здоровья и здравоохранения: сб. трудов Всероссийской научно-практической онлайн-конференции с междунар. участием. Курск: Курский государственный медицинский университет, 2022. С. 87–90.

Качество воды и тенденции изменения среднегодовых концентраций наиболее характерных загрязняющих веществ воды реки Сула Ненецкого автономного округа

Оленникова Н. Н., Лобченко Е. Е.

Гидрохимический институт, г. Ростов-на-Дону
listopadova-natalija@rambler.ru

Водосборная территория верхнего и среднего течения реки в настоящее время незначительно подвержена антропогенному влиянию; нижнее течение реки загрязняется стоком правобережного притока р. Сойма, обогащенного болотными водами, характеризующимся повышенным содержанием органических веществ и соединений железа.

Разведка и промышленное освоение углеводородного сырья Тиманского месторождения, оказывает негативное влияние на качество воды р. Сула. Одним из примером такого влияния является случай: в апреле 2017 г. два автомобиля КамАЗ с грузом, перевозившие материалы для строительства параметрической скважины Северо-Новоборская, принадлежащей АО «Росгеология», при переезде через необорудованную, несанкционированную ледовую переправу ушли под лед [1]. Это свидетельствует о том, что в реку при различных обстоятельствах (как природного, так и техногенного характера) возможно попадание различных видов химреагентов, строительных материалов; высоким является риск разлива масел и нефтепродуктов, что непосредственно приведет к ухудшению экологической ситуации в низовьях р. Сула, которая в современных реалиях является и без того неудовлетворительной.

Целью данной работы является оценка качества и выявление тенденций изменения загрязненности воды р. Сула в нижнем течении характерными загрязняющими веществами за многолетний период.

В качестве материалов исследования использованы многолетние режимные гидрохимические данные, полученные государственной сетью (ГНС) Росгидромета за период 2005–2021 гг. на р. Сула в створе наблюдений в черте д. Коткино (1 км ниже впадения руч. Няшенный), обработанная в соответствии с [2].

Река Сула берет начало на склонах Тиманского кряжа, впадает в р. Печора в проток Борщевский Шар. Длина реки – 353 км, площадь бассейна – 10,4 тыс. км² – 5-й по площади бассейна и 6-й по длине приток р. Печора [3]. Вниз по течению на протяжении 57 км река является естественной границей между Ненецким автономным округом и Усть-Цилемским районом Республики Коми; судоходна от устья до д. Коткино.

Тип водного режима реки – восточноевропейский; питание в основном снеговое и дождевое; для реки характерны высокое весеннее половодье продолжительностью около двух месяцев (в этот период проходит около 60 % годового стока воды), дождевые паводки в осенне-летний период и низкая зимняя межень. Значительное влияние на формирование химического состава воды р. Сула оказывают почвы и подстилающие их грунты, что обуславливает высокое содержание в воде реки соединений железа и органических веществ.

В течение 2005–2017 гг. в реке был удовлетворительный режим растворенного в воде кислорода, минимальное содержание которого варьировало в диапазоне 4,44–7,50 мг/л, наименьшие концентрации фиксировали в 2007 и 2021 гг. – 3,76 и 3,96 мг/л соответственно.

От неустойчивой до характерной изменялась загрязненность воды реки органическими веществами (по БПК₅) и нефтепродуктами; стабильно характерной оставалась органическими веществами (по ХПК), соединениями железа и меди, превышение уровня ПДК которыми за рассматриваемый многолетний период в отобранных пробах изменялось в пределах 0–100 % и 0–100 %, 75–100 %, 100 % и 100 % соответственно.

За многолетний период (2005–2021 гг.) средний уровень загрязненности воды р. Сула органическими веществами (по ХПК) был различным: в большинстве рассматриваемых лет концентрации варьировали в среднем в пределах 23,0–37,4 мг/л, достигая пиковых значений в 2012 и 2018 г. на уровне 41,5–41,6 мг/л. Содержание органических веществ (по БПК₅) в 2005–2008 гг. не превышало уровня допустимого норматива, с 2009 г. по 2020 г. наблюдалась тенденция к их возрастанию в среднем до 2,21–3,98 мг/л (рис. 1).

Содержание соединений железа в среднегодовом выражении в течении рассматриваемого периода было высоким и колебалось от 12 до 20 ПДК, при этом наблюдался устойчивый тренд к снижению и стабилизации концентраций в 2013–2020 гг. на уровне 12–15 ПДК. Практически ежегодно, за исключением 2013–2014 гг., к критическим показателям загрязненности воды р. Сула относились соединения железа, концентрации которых в отдельные годы регистрировали в единичных случаях на уровне высокого загрязнения в 2003 и 2005 г. – 31 и 31 ПДК, в 2011 г. – 35 ПДК. Для соединений меди наблюдалась тенденция возрастания среднегодового содержания, которое варьировало в пределах 2–5 ПДК (2005–2010 гг.), возрастая в 2011–2020 гг. до 4–8,5 ПДК, в 2021 г. до 11 ПДК (рис. 2).

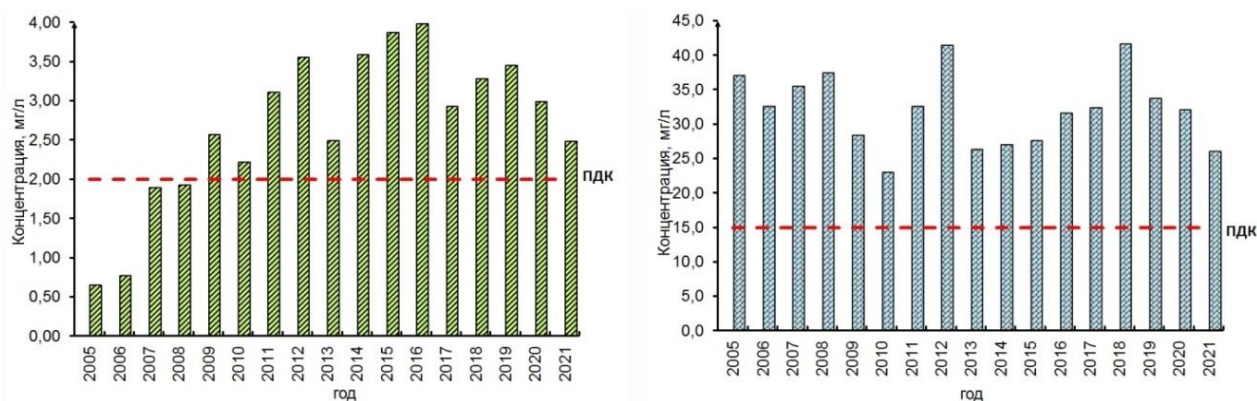


Рис. 1. Изменение среднегодовых концентраций органических веществ (по ХПК и БПК₅) в воде р. Сула за период 2005–2021 гг.

Неравномерным в течение рассматриваемого периода было содержание в воде реки нефтепродуктов, которое в 2005–2006, 2014 и 2016–2017 гг. не превышало уровня допустимого норматива; в 2007–2013, 2015 и 2018–2020 гг. варьировало в пределах от 1 до 5 ПДК, при этом отмечена тенденция возрастания среднегодового содержания (рис. 3), обусловленное вероятнее всего попаданием нефтепродуктов в воду реки в период навигации с речных судов, перевозящих топливо и горюче-смазочные материалы для расположенных по берегу реки населенных пунктов.

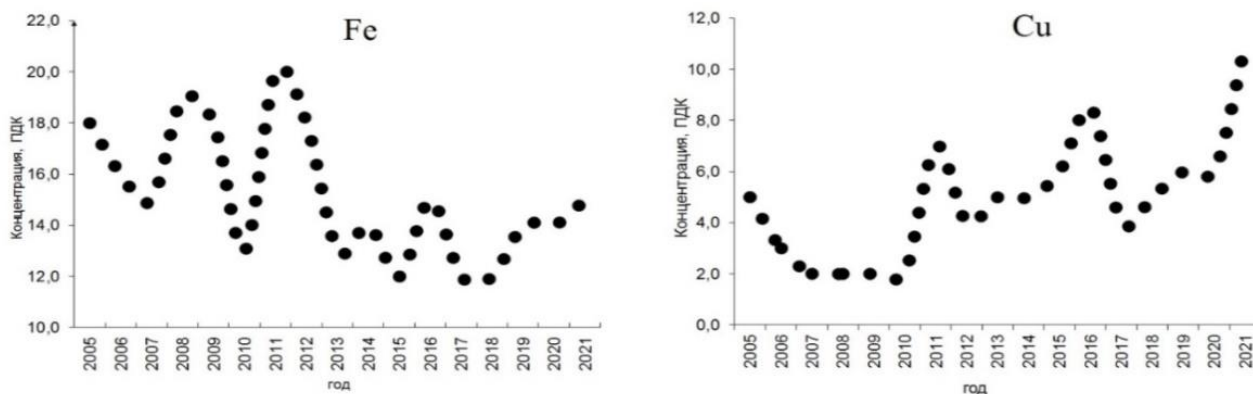


Рис. 2. Изменение среднегодовых концентраций соединений железа в воде р. Сула за период 2005–2021 гг.

В 2005–2006 гг. вода р. Сула оценивалась как «очень загрязненная»; с 2007 г. по 2020 г. стабильно «грязная». Коэффициент комплексности загрязненности воды реки, представляющий собой отношение количества загрязняющих веществ, содержание которых превышает функционирующие в стране предельно допустимые концентрации, к общему числу нормируемых показателей, определенных программой исследования [2], варьировал в пределах от 27,3 % до 54,5 %, характеризующий участие антропогенной составляющей в формировании химического состава воды р. Сула как достаточно высокую, при том, что сброс в реку организованных сточных вод отсутствует.

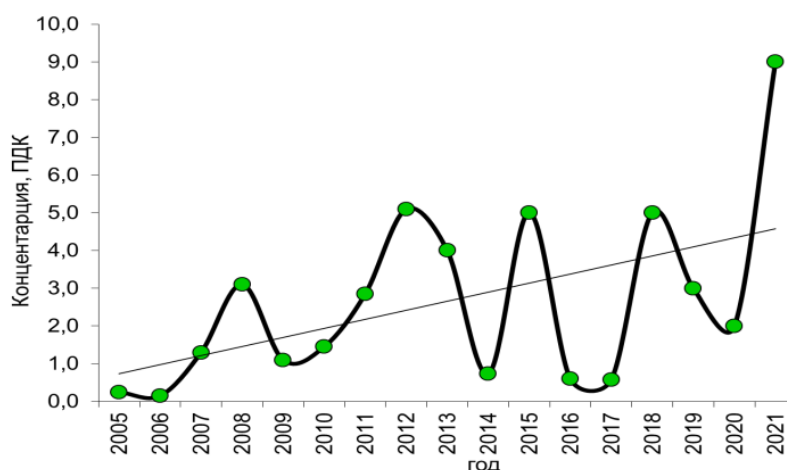


Рис. 3. Изменение среднегодовых концентраций нефтепродуктов в воде р. Сула за период 2005–2021 гг.

Выводы. В ходе работы установлены за период 2005–2021 гг. тенденции изменения загрязненности воды р. Сула на территории Ненецкого автономного округа характерными загрязняющими веществами: возрастающая органических веществ (по БПК₅), соединений меди и нефтепродуктов; убывающая соединений железа; стабилизация органических веществ (по ХПК). Наличие в воде реки повышенного содержания соединений железа, органических веществ (по ХПК и БПК₅) определялось в основном природным фактором, объясняющимся наличием на водосборе реки веществ гумусового происхождения.

Вода реки за многолетний период стабильно продолжала оцениваться «грязной». Доля антропогенной составляющей при оценке качества воды реки, оставалась довольно высокой, обусловленная, в том числе, динамикой изменения содержания основных загрязняющих веществ, имеющей в последние годы возрастающую направленность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загрязнения вод реки Сула нефтепродуктами не выявлено. [Электронный ресурс]. URL: <https://adm-nao.ru/press/government/14302/> (Дата обращения 22.03.2022 г.).
2. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям. СПб: Гидрометеоздат, 2003. 49 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР / Под ред. Жила И. М., Алюшинской Н. М. Л.: Гидрометеоздат, 1972. Т. 3. Северный край. 633 с.

Тенденции изменения максимальных концентраций характерных загрязняющих веществ в воде р. Воркута в контексте экологических проблем урбанизированных территорий

Оленникова Н. Н., Лобченко Е. Е., Корягина Н. В.

Гидрохимический институт, г. Ростов-на-Дону
listopadova-natalija@rambler.ru

В Республике Коми в результате производственной и хозяйственно-бытовой деятельности в г. Воркута и прилегающей к ней территории в радиусе 20 км сформировалась Воркутинская импактная Арктическая зона РФ (АЗРФ), занимающая свыше 1000 км² [1]. Согласно [2], муниципальное образование городского округа (МОГО) «Воркута» является самым северным муниципальным образованием Республики Коми, занимающий 5,81 % площади республики, относящийся к промышленным районам республики с добывающей направленностью. Основными видами экономической специализации на данной территории являются добыча угля, сырой нефти и природного газа. Одним из главнейших направлений развития МОГО «Воркута» является Арктика – зона стратегических интересов России. Воркутинская опорная зона имеет мощный потенциал развития на основе созданной в г. Воркута промышленной (угольной), транспортной, энергетической, социальной инфраструктуры.

Негативное влияние на окружающую среду, в том числе и на поверхностные воды данной территории оказывают сточные воды промышленных предприятий горнодобывающей и обрабатывающей отрасли, теплоэнергетики, строительной индустрии, жилищно-коммунального и сельского хозяйства, обуславливающие актуальность изучения и выявления тенденций изменения химического состава поверхностных вод р. Воркута за многолетний период.

Наблюдения за качеством поверхностных вод р. Воркута проводятся сетью (ГНС) Росгидромета в створах 1 км выше г. Воркута (3,5 км выше ТЭЦ) и 0,5 км ниже г. Воркута. Материал, изложенный в данной работе, является результатом анализа многолетней режимной гидрохимической информации по содержанию загрязняющих веществ в воде р. Воркута, полученной ГНС в течение 2003–2021 гг. в вышеперечисленных створах наблюдений и обработанной в соответствии с [3].

В работе авторами [4] отмечено – характерными загрязняющими веществами воды реки являлись соединения меди и марганца, в отдельные годы соединения железа и органические вещества (по ХПК), реже соединения алюминия, превышение уровня ПДК которыми наблюдалось в 29–86 %, 29–86 %, 14–71 %, 43–100 %, 14–86 % из числа отобранных проб воды соответственно.

Установлены тенденции изменения содержания органических веществ в воде реки: стабилизации по легкоокисляемым органическим веществам (по БПК₅) и возрастания органических веществ (по ХПК) в створах наблюдений как выше, так и ниже города. Максимальное содержание органических веществ (по ХПК) в основном варьировало в диапазоне 14,9–31,5 мг/л, в отдельные промежутки времени возрастая в створе наблюдений выше г. Воркута до 50,4–52,0 мг/л (2015–2016 гг.), ниже города до 39,4–61 мг/л (2015–2016 и 2020 гг.). Пиковые значения концентраций легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) в створе выше города достигали 4,24 мг/л, 3,75 и 3,43 мг/л (2005, 2008 и 2016 гг.); ниже города изменялись от 2,40 до 3,78 мг/л, достигая экстремальных значений в 2006, 2009, 2012, 2014 и 2020 гг. 4,43–7,22 мг/л (рис. 1).

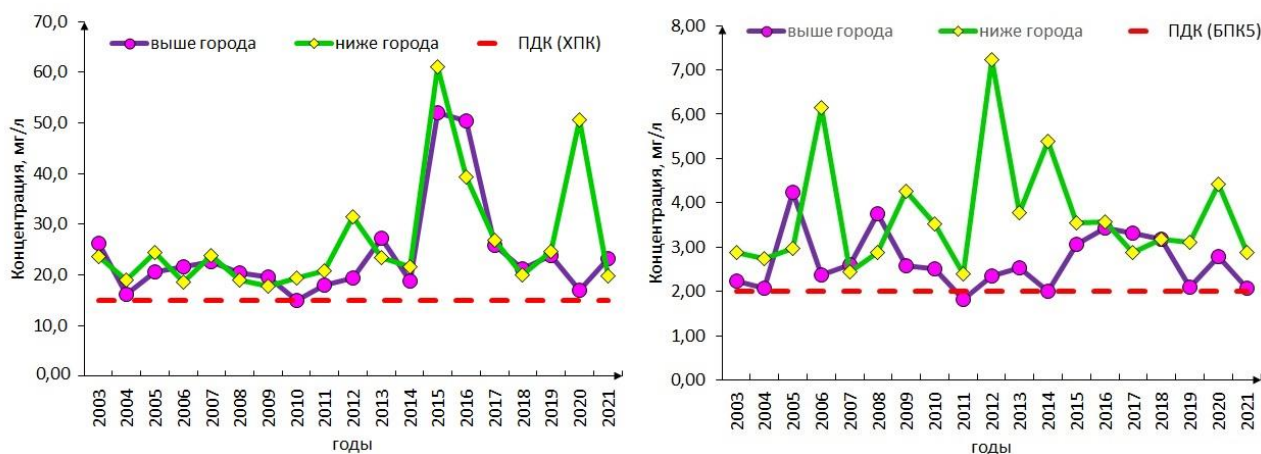


Рис. 1. Распределение максимальных концентраций органических веществ (по ХПК и БПК₅) выше и ниже г. Воркута

Для нитритного азота отмечена тенденция незначительного снижения концентраций в воде створа выше города и возрастания в створе ниже города.

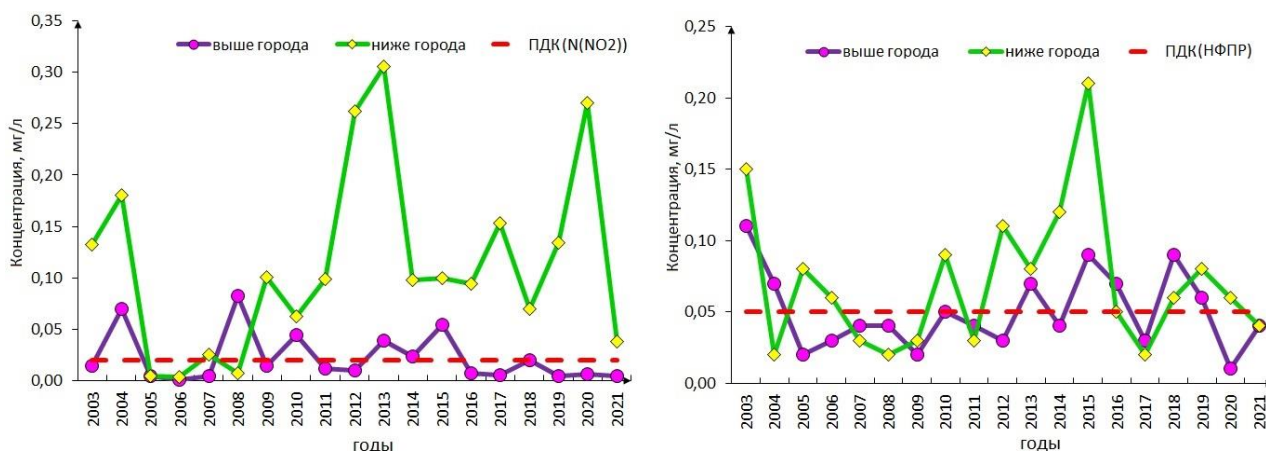


Рис. 2. Распределение максимальных концентраций нитритного азота и нефтепродуктов выше и ниже г. Воркута

Максимальное содержание нитритного азота в воде реки в створе выше города в большинстве лет рассматриваемого периода не превышало уровень допустимого норматива и изменялось в диапазоне 0,001–0,014 мг/л, повысившись до 0,020–0,082 мг/л в 2004, 2008, 2010, 2013–2015 и 2018 гг. В створе ниже города концентрации нитритного азота не достигали уровня ПДК только в 2005–2006 и 2008 гг., снижаясь в этот период до 0,003–0,008 мг/л; общий диапазон разброса концентраций составлял от 0,025 до 0,101 мг/л, при максимальных значениях 0,132–0,306 мг/л в 2003–2004, 2009, 2012–2013, 2017, 2019–2020 гг. (рис. 2).

Для нефтепродуктов отмечена стабилизация содержания за многолетний период в воде створов выше и ниже г. Воркута. Максимальное содержание нефтепродуктов имело разнонаправленный характер как в створе выше, так и ниже города. Выше г. Воркута были зафиксированы максимальные концентрации в 2003, 2010, 2013, 2015–2016 гг. на уровне 0,06–0,11 мг/л, при общем диапазоне содержания от отсутствия до 0,05 мг/л; в створе ниже города концентрации нефтепродуктов составляли 0,02–0,06 мг/л, с наиболее высокими значениями, достигающих 0,08–0,21 мг/л в 2003, 2005, 2010, 2012, 2015 и 2019 гг. (рис. 2).

Распределение максимальных концентраций соединений железа было различным по годам, в целом имело возрастающую направленность, изменяясь в створах выше и ниже г. Воркута от до 0,10 до 0,49 мкг/л (возрастая до 0,68 мкг/л в 2016 г.). Характерная тенденция к снижению максимального содержания наблюдалась для соединений меди в створах наблюдений выше и ниже города: от 8,00 до 2,00 мкг/л с 2003 по 2014 гг. и некоторое возрастание до 3,80–6,40 мкг/л в 2015–2021 гг., с пиками в 2005 г. – 16,4–18,4 мкг/л, в 2017 г. – 10,3–10,9 мкг/л) (рис. 3).

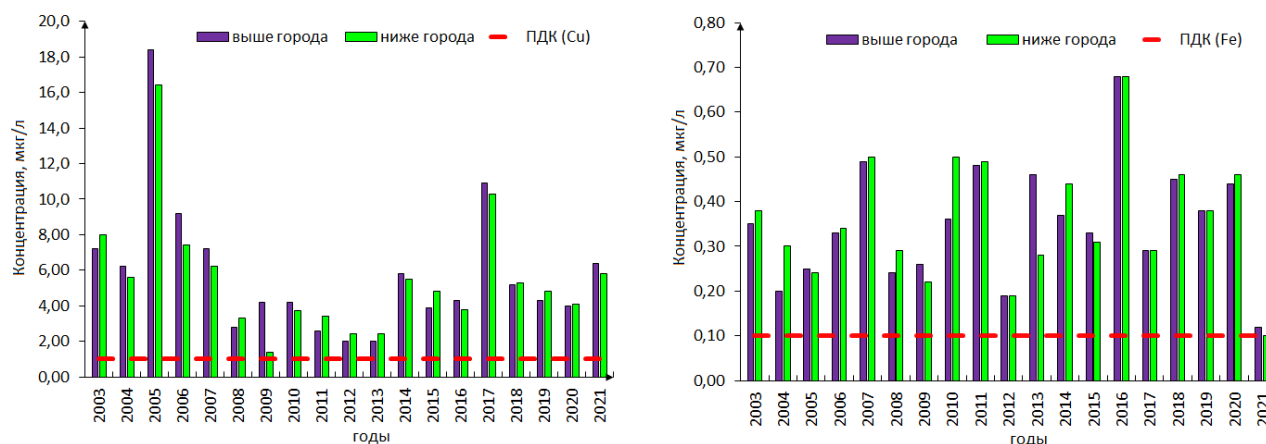


Рис. 3. Распределение максимальных концентраций соединений железа и меди выше и ниже г. Воркута

В целом за период 2014–2021 гг. содержание в воде р. Воркута соединений марганца было повышенным. Максимальные концентрации в створе выше города имели тенденцию к снижению, изменяясь при

этом в пределах от 33,0 до 63,5 мг/л; ниже города наблюдалась стабилизация содержания на уровне 32,9–56,8 мг/л (рис. 4).

По данным Двино-Печорского бассейнового водного управления выше г. Воркута в реку сбрасываются нормативно чистые и нормативно очищенные сточные воды в объеме 107–123 млн. м³ предприятием ООО «Воркутинские ТЭЦ «Электростанция Воркутинская ТЭЦ-2»; недостаточно очищенные сточные воды от предприятий: ООО «Водоканал» г. Воркута (через руч. Болотный) (0,70–2,95 млн. м³), АО «Воркутауголь СП «Шахта Воркутинская» (3,41–3,78 млн. м³), ООО «Воркутинские ТЭЦ «Электростанция ВТЭЦ-1» ЦВК 79,0–99,0 тыс. м³, ОАО «Воркутауголь СП «Шахта Северная» (через руч. Безымянный) (0,56–2,78 млн. м³) (в 2020–2021 гг. сброс с шахты «Северная» отсутствовал).

Ниже города, ежегодно, в течение 2015–2021 гг., в реку велся сброс нормативно чистых и нормативно очищенных сточных вод предприятием ООО «Воркутинские ТЭЦ «Электростанция Воркутинская ТЭЦ-1» в объеме 0,94–1,59 тыс. м³; ООО «Водоканал» г. Воркута (через руч. Параллельный) 7,12–8,69 млн. м³ недостаточно очищенных сточных вод.

Весь водоприток ликвидированных шахт на территории Воркутинского района (шахты «Южная», «Юр-Шор») принимает действующая шахта «Воркутинская», до недавнего времени шахта «Северная» (на текущий момент законсервирована на неопределенное время), уровни подземных вод на которых находятся в стабильном состоянии благодаря работе системы водоотливов [5, 6]. Однако, в связи с тем, что в районе находится 7 ликвидированных нерентабельных шахт, закрытых путем их затопления, в краткосрочной перспективе возможно появление различного ряда экологических проблем для населения, таких как подтопление и заболачивание территорий, поступление шахтных вод в подземные источники питьевого водоснабжения г. Воркута, выход метана и углекислого газа со стволов шахт и др.

Выводы. По результатам анализа многолетней информации, полученной в створах наблюдений на р. Воркута выше и ниже г. Воркута, выявлены тенденции изменения максимального содержания характерных загрязняющих веществ в воде реки: стабилизации легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) и нефтепродуктов, ниже г. Воркута соединений марганца; возрастания органических веществ (по ХПК) и соединений железа, ниже г. Воркута нитритного азота; снижения характерна для соединений меди, выше г. Воркута для соединений марганца и нитритного азота.

Развитие Воркутинской опорной зоны АЗРФ, в прогнозной перспективе развития мощностей добычи угля Печорского угольного бассейна, увеличение сбросов сточных вод предприятиями МОГО «Воркута» может привести на изучаемой территории к ухудшению экологической обстановки, которая непосредственно скажется на изменении качества поверхностных вод, что обуславливает необходимость дальнейшего мониторинга качества и загрязненности поверхностных вод р. Воркута в пределах МОГО «Воркута».

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Ю. И. Арктика: к проблеме накопленного экологического ущерба // Арктика: экология и экономика. 2013. № 2 (10). С. 18–27.
2. Постановление Правительства Республики Коми от 11 апреля 2019 года № 185 «О Стратегии социально-экономического развития Республики Коми на период до 2035 года». URL: <https://docs.cntd.ru/document/553237768> (Дата обращения 28.03.2023 г.).
3. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям. Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 2003. 49 с.
4. Лобченко Е. Е., Оленникова Н. Н. Динамика изменения химического состава и качества поверхностных вод р. Воркута за период 2003–2021 гг. // Современные наука и образование: достижения и перспективы развития: Сборник трудов по материалам II Национальной научно-практической конференции, Керчь, 01–04 июня 2022 года. Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2022. С. 66–70.
5. Булаева Н. М., Гасанов З. З. Экомониторинг последствий реструктуризации нерентабельных шахт и разрезов Печорского угольного бассейна // Мониторинг. Наука и технологии. 2018. № 3(36). С. 42–50.
6. Загирова З. Б., Белов А. В., Гаджиханов А. С. Влияние загрязняющих веществ, попадающих в почву, на экологию г. Инты и г. Воркуты (Печорского угольного бассейна) // Мониторинг. Наука и технологии. 2020. № 1 (43). С. 26–32.

Анализ распространения *Ambrosia artemisiifolia* L. в Луганске

Пашутина Е. Н.¹, Соколова Е. И.²

1 – Государственный гуманитарно-технологический университет, г. Орехово-Зуево
pashutina07@mail.ru

2 – Луганский государственный аграрный университет, городок ЛНАУ, г. Луганск
s-e-i@mail.ru

С середины XX века по всему миру наблюдается новое экологическое явление, связанное с проникновением чужеродных видов растений и животных организмов в экосистемы, где они не являются аборигенными. В 2021 году площадь распространения *Ambrosia artemisiifolia* L. в РФ составляла 7262210,9 га [1].

Биологические инвазии происходят на мировом и региональном уровнях и будут продолжаться в будущем из-за глобализации рынков, торговли, туризма и перевозок. Эти инвазии наносят значительный ущерб сельскому, лесному и водному хозяйству, вызывают аллергические заболевания и негативно влияют на биоразнообразие экосистем. Это вызывает общую озабоченность и требует срочных мер для ослабления и сдерживания этого процесса, который может иметь серьезные последствия для генетического, видового и экосистемного уровней окружающей среды и экономики. О важности этого вопроса свидетельствует обсуждение его на таких авторитетных международных форумах, посвященных сохранению биологического разнообразия как Конференция ООН по проблемам устойчивого развития (Рио-де-Жанейро, Бразилия, 1992) и конференция ООН по проблеме неаборигенных видов (Трондхейм, Норвегия, 1996), а также на многочисленных специальных форумах по фитоинвазиям.

На Конференции ООН в Трондхейме в 1996 г. представители 80 стран и нескольких подразделений ООН призвали национальные правительства стран, подписавших Конвенцию о сохранении биоразнообразия, а также международные организации, крайне серьезно отнестись к проблеме неаборигенных организмов и способствовать созданию соответствующих национальных программ. Проблема не аборигенных организмов, в том числе адвентивных растений, была признана второй после уничтожения местообитаний. Было признано, что эта проблема вышла уже за пределы сельскохозяйственных вопросов и стала проблемой окружающей среды.

Из-за значительного воздействия адвентивных растений на окружающую среду и экономику регионов необходимо проводить специальное исследование их состава, свойств и тенденций развития. Эта необходимость особенно актуальна для территорий, которые испытывают значительную антропогенную нагрузку.

Цель и методика исследований. Цель работы – описать, сгруппировать и проанализировать фитосанитарное состояние распространения *Ambrosia artemisiifolia* L. в г. Луганск. Проводили общее флористическое обследование территории маршрутным методом. Проективное покрытие находили по методике Л. Г. Раменского [2]. Анализ плотности, коэффициент встречаемости соответственно методики [3]. Находки карантинных организмов фиксировались с обязательным описанием местообитания, распространения.

В составе современной флоры города Луганска насчитывается 719 видов сосудистых растений из 382 родов, 87 семейств, 4 классов и 3 отделов [4]. Некоторые редкие виды растений растут в области на границе своего ареала. Важность охраны таких видов тем больше, что по Луганщине проходит условная граница между двумя значительными степными провинциями – Донской и Понтической. Адвентивная флора самый молодой элемент региональной флоры, – вероятно, берет свое начало со времени появления оседлого населения и развития земледелия, существовавшего на этой территории уже в начале II тысячелетия до н. э.

В ходе анализа адвентивной флоры Луганской области нами была выделена *Ambrosia artemisiifolia* L., потому что:

- она легко адаптируется к внешним факторам окружающей среды (нетребовательна к почвенным условиям, широкая амплитуда температурного режима, высокая семенная продуктивность);
- имеет высокую степень натурализации как в созданных условиях человеком, так и в естественных условиях;
- более того, высокая степень натурализации означает создание новых ассоциаций, где этот вид является доминантным.

Амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) семейство Астровые (*Asteraceae*), род Амброзия (*Ambrosia* L.). По классификации адвентивных видов В. В. Протопоповой амброзия относится по времени занесения в категорию – кенофит (1925), завезенная с XV до XX века, по способу занесения – ксенофит, занесенная человеком случайно, распространяется благодаря тому, что природные экосистемы являются нарушенными антропогенной деятельностью и созданные условия в этих экосистемах весьма благоприятны для роста, по степени натурализации – агриофит – заносный вид, внедрившийся в естественные ценозы.

По отношению к водному режиму амброзия полыннолистная относится к группе ксеромезофитов, что обуславливает способность вида выдерживать очень засушливые условия. По отношению к свету этот вид относится к группе гелиофитов – светолубивый. Способность распространяться, охватывать новые территории, быть конкурентоспособной в новых ассоциациях обуславливается высокой степенью пластичности относительно температуры воздуха и влажности почвы.

Наблюдая за амброзией, можно сказать, что она настоящий «зеленый агрессор». Для оценки распространения растения и связи с определенным типом местообитания (сегетальным или рудеральным), можно использовать показатель встречаемости. Этот показатель определяется на основе маршрутного обследования изучаемой территории. Встречаемость определяется как процентное соотношение количества пробных площадок, на которых был обнаружен данный вид, к общему количеству пробных площадок,

взятых для исследования (R, %). Территория города была разделена на районы: Артемовский, Ленинский, Октябрьский. Количество участков в каждом районе, составило: Артемовский – 70 шт., Ленинский – 60 шт., Жовтневый – 50 шт. на участках отмечали наличие или отсутствие изучаемого вида и тип места обитания.

На протяжении лета 2022 г. коэффициент встречаемости амброзии полыннолистной в г. Луганске был 74% от общего количества обследованных пробных площадок. Частота встречаемости амброзии полыннолистной по районам города изменялась в пределах 70–79%, самый низкий коэффициент – 70%, был в Жовтневом районе. Следует отметить, что вредоносность сорняка оказывается достаточно высокой. Значительного колебания показателя встречаемости не было, что свидетельствует о равномерности распространения в Луганске амброзии. Мы считаем, что это растение в достаточно большом количестве встречается в городе.

Исследования плотности амброзии проводили количественным методом по шкале определения степени засоренности. Плотность – это количество экземпляров, приходящееся на 1 м². На протяжении 2022 года плотность амброзии полыннолистной колебалась в пределах с 42 по 68 шт./м², увеличение наблюдалось в Жовтневом и Артемовском районах.

Проектное покрытие амброзией по шкале достаточно сильное, 3–4 балла (от 16 до 100 шт./м²), что свидетельствует о тенденции в снижении видового богатства ландшафтов г. Луганска.

Согласно результатам анализа оценки распространения амброзии полыннолистной в г. Луганске можно сделать следующие выводы:

– полученные данные встречаемости *Ambrosia artemisiifolia* L. свидетельствуют о риске экспансии растения;

– данные об анализе плотности (от 42 до 68 шт./м²) указывают на высокую степень засоренности территории;

– коэффициент встречаемости в 2022г. амброзии полыннолистной в г. Луганске был 74% от общего количества обследованных участков, что свидетельствует о достаточно высоком диапазоне приспособления этого растения, а человек своей небрежностью и бесхозяйственностью создает наиболее благоприятные условия для интенсивного ее размножения;

– *Ambrosia artemisiifolia* L., как чужестранка, не имеет естественных врагов (животные амброзию не едят) и отличается большой биологической активностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации в 2021 году. Москва. 30 с. URL: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/files/monitoring/nacdoklad_2021_iz_prf.pdf (дата обращения: 11.04.2023).
2. Учебно-полевая практика по ботанике / М. М. Старостенкова, М. А. Гуленкова, Л. М. Шафранова и др. М.: Высш. шк., 1990. 191 с.
3. Методы учета структуры сорного компонента в агрофитоценозах / И. В. Фетюхин, А. П. Авдеенко, С. С. Авдеенко, В. В. Черненко, Н. А. Рябцева. Персиановский: Донской ГАУ, 2018. 76 с.
4. Трофименко В. Г., Соколова Е. И. Промежуточные результаты изучения флоры г. Луганска // Полевой журнал биолога. 2019. Т 1. № 2. С. 69–78.
5. Доброчаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др. Определитель высших растений Украины. К., Наукова думка, 1987. 548 с.
6. Дидович С. В., Данилова И. Л., Пась А. Н., Алексеенко О. П. Биорациональный способ ингибирования роста и развития *Ambrosia artemisiifolia* L. // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3(27). С.61–74.

Утилизация и повторное использование твердых отходов бурения

Петраковская Д. Н., магистр

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень
zligostewa.daria@gmail.com

В процессе бурения нефтяных и газовых скважин образуются два основных типа отходов – отработанные буровые растворы и буровой шлам. Буровые растворы используются для облегчения процесса бурения; жидкой фазой может быть вода, синтетические или натуральные масла, воздух, газ или смесь этих компонентов. Буровой раствор циркулирует по буровому долоту для смазки и охлаждения долота, регулирования давления пластового флюида и содействия транспортировке бурового шлама на поверхность, где буровой раствор и шлам разделяются механическим способом. Буровые растворы состоят из базовой жидкости и различных твердых и жидких добавок, обеспечивающих хорошую производительность бурения. Некоторые добавки вводят в жидкости потенциально токсичные соединения, что необходимо учитывать при утилизации образующихся отходов. Основное загрязнение отработанных буровых растворов вызвано:

биоцидами, нефтью, компонентами жидкости для заканчивания или интенсификации работ, ингибиторами коррозии, пластовыми флюидами (сырая нефть, рассол) и химическими компонентами бурового раствора. Отходы бурения являются вторым по величине объемом отходов после пластовой воды, образующихся в нефтегазовой промышленности.

Буровые работы потенциально могут оказать воздействие на окружающую среду. Физические и химические свойства отходов бурения влияют на их опасные характеристики и способность оказывать воздействие на окружающую среду. Наиболее распространенным показателем потенциального воздействия материала на окружающую среду является его токсичность. Потенциальное воздействие зависит в первую очередь от материала, его концентрации после выброса и биотического сообщества, которое подвергается воздействию, а также зависит от продолжительности воздействия того или иного вещества. Воздействие, вызывающее немедленный эффект, называется острым, в то время как повторное длительное воздействие называется хроническим. Большинство концентраций, встречающихся во время буровых работ, относительно невелики, поэтому воздействие на окружающую среду обычно наблюдается только после хронического воздействия. Кроме того, беспокойство вызывают тяжелые металлы, связанные с компонентами добавок к буровому раствору, хотя их способность вымываться и загрязнять грунтовые воды ограничена их низкой концентрацией и низкой растворимостью [1].

Иерархия управления отходами устанавливает предпочтительную последовательность вариантов управления отходами. Первый и наиболее предпочтительный вариант – это сокращение источника. Сокращение источников – это любая деятельность, которая уменьшает или устраняет либо образование отходов в источнике, либо выброс загрязняющих веществ в результате технологического процесса. Следующий предпочтительный вариант – переработка отходов. Переработка – это утилизация полезных компонентов отходов для повторного использования или использование отходов в качестве замены коммерческого сырья или в качестве исходного материала в промышленном процессе. В совокупности сокращение источников и вторичная переработка обеспечивают минимизацию отходов. Последними двумя вариантами, наименее предпочтительными в иерархии, являются обработка и утилизация. Эффективное обращение с отходами – это непрерывный процесс, в рамках которого план обращения с отходами может быть пересмотрен по мере выявления новых методов обращения с отходами или технологических вариантов ответственного удаления. За последние десятилетия нефтегазовые компании использовали подходы к обращению с отходами, которые сводят к минимуму объем или токсичную долю образующихся отходов, а также методы утилизации, обеспечивающие большую защиту окружающей среды и общественную безопасность. Трехуровневая иерархия управления отходами, а именно минимизация отходов, обработка и утилизация, обычно соблюдается.

Одним из важных методов минимизации количества образующихся потенциально токсичных отходов является использование менее токсичных материалов для различных производственных процессов. В 1990-х годах компании, производящие буровые растворы, разработали новые типы жидкостей, в основе которых использовались неводные жидкости. Базовые жидкости включали внутренние олефины, сложные эфиры, линейные альфа-олефины и линейные парафины. Эти буровые растворы на синтетической основе обладают желаемыми свойствами буровых растворов на нефтяной основе, но не содержат многоядерных ароматических углеводородов и обладают меньшей токсичностью, более быстрой способностью к биологическому разложению и меньшим потенциалом биоаккумуляции. Многие добавки, использовавшиеся в прошлом для буровых растворов, содержали потенциально опасные загрязняющие вещества, такие как хром в лигносульфонатах. Кроме того, баритовые утяжелители могут содержать концентрации тяжелых металлов, таких как кадмий или ртуть. Использование таких добавок сократилось.

За последние несколько лет буровая промышленность усовершенствовала технологию бурения. При планировании проекта бурения следует учитывать возможность сверления небольших отверстий. Если это возможно и используется, бурение узких отверстий уменьшает объем отработанного бурового раствора и объем бурового шлама. Общая стоимость операции бурения тонких отверстий может быть значительно меньше, чем при бурении обычных цельноразмерных скважин, благодаря снижению затрат на систему подачи жидкости и утилизацию отходов. Кроме того, требуется корпус меньшего размера, что может помочь снизить общую стоимость операции [2].

Эффективным способом уменьшения объема отходов бурового раствора является использование контроля твердых частиц. Эффективное использование оборудования для контроля твердых частиц (например, гидроциклонов и центрифуг) в сочетании с химическими флокулянтами сводит к минимуму потребность в подпиточной воде для разбавления жидкостной системы. Усовершенствованная система контроля твердых частиц, разработанная в дополнение к конкретной операции бурения, является очень эффективным методом минимизации отходов.

Тщательный и всесторонний мониторинг свойств бурового раствора эффективен для снижения частоты добавления воды и добавок в систему. Мониторинг системы позволяет оператору немедленно выявлять

нежелательные изменения в системе подачи бурового раствора и вносить необходимые коррективы. Этот метод, в дополнение к контролю твердых частиц в системе бурового раствора, может значительно снизить затраты на систему бурового раствора и объем отходов бурения, остающихся в конце операции бурения.

Многие материалы в потоке отходов бурения могут быть использованы более одного раза или преобразованы в пригодный для использования материал. Например, восстановленный буровой раствор может быть повторно использован для других скважин либо эксплуатирующей компанией, либо поставщиком. Отработанный шлам из одной скважины может быть использован для закупорки или окучивания других скважин. Использованный буровой раствор также может быть использован для изготовления цемента.

Сегодня в нефтегазовой промышленности существуют различные методы избавления от отходов бурения. К ним относятся: захоронение на месте, обработка земли, термическая обработка, закачка шлама и биоремедиация. Захоронение – это размещение отходов в искусственных или естественных раскопках, таких как свалки. Захоронение является наиболее распространенным методом захоронения, используемым для утилизации отходов бурения (бурового раствора и шлама). Как правило, твердые частицы закапываются в ту же яму (резервную яму), которая используется для сбора и временного хранения отработанного бурового раствора и шлама после того, как жидкости дают испариться. Захоронение может быть наиболее неправильно понятым или неправильно применяемым методом утилизации. Захоронение на месте может оказаться не лучшим выбором для отходов, содержащих высокие концентрации нефти, соли, биологически доступных металлов, промышленных химикатов и других материалов с вредными компонентами, которые могут мигрировать из ямы и загрязнять пригодные для использования водные ресурсы. В некоторых районах нефтяных месторождений эксплуатируются крупные свалки для утилизации нефтепромысловых отходов из нескольких скважин. Захоронение обычно происходит в анаэробных условиях, что ограничивает любую дальнейшую деградацию по сравнению с отходами, которые обрабатываются на земле или разбросаны по суше; где преобладают аэробные условия.

Земледелие на земле включает в себя разбрасывание отходов на специально отведенном участке земли и внесение их в почву. Цель внесения отходов бурения в почву состоит в том, чтобы позволить естественной популяции микроорганизмов в почве метаболизировать, преобразовывать и ассимилировать компоненты отходов на месте. Его можно безопасно использовать в качестве средства иммобилизации и биодеградации многих нефтепромысловых отходов. Грузоподъемность грунта должна быть известна и не должна превышать для поддержания аэробных условий на участке.

Сжигание является одним из наилучших вариантов утилизации при термической обработке, поскольку термически обработанные отходы разлагаются до неопасных побочных продуктов или менее опасных побочных продуктов. Контролируемые мусоросжигательные установки работают при температурах, достаточных для полного термического разложения опасных отходов. Кроме того, выбросы твердых частиц и газов контролируются с помощью дожигателей, скрубберов или электрофильтров. Неопасные твердые вещества, жидкости и газы могут быть сожжены. Однако сжигание тяжелых металлов, таких как свинец, ртуть или кадмий, не рекомендуется, поскольку эти металлы остаются в золе-уносе и представляют опасность выщелачивания при размещении на свалке. Преимущества сжигания многочисленны, включая уменьшение объема, полное уничтожение, а не изоляцию, и возможную рекуперацию ресурсов [3].

В процессе термодесорбции тепло прямо или косвенно передается отходам для испарения летучих и полунлетучих компонентов без сжигания почвы. В некоторых технологиях термической десорбции отходящие газы сжигаются, а в других, например, при термическом разделении фаз, газы конденсируются и отделяются для извлечения более тяжелых углеводородов. Технологии термической десорбции включают непрямые вращающиеся печи, процессоры горячего масла, термическое разделение фаз, термическую дистилляцию, термическое испарение плазмы и модульные термические процессоры. Различные термические процессы были запатентованы.

Метод утилизации отходов путем закачки в глубокую скважину – это метод, при котором буровой шлам и другие отходы нефтепромысла смешиваются с суспензией. Полученная суспензия затем закачивается в специальную утилизационную скважину, где она содержится в порах проницаемых подповерхностных пород намного ниже пресноводных водоносных горизонтов. Основным недостатком этого варианта является возможность загрязнения пресной воды из-за разрушения обсадной колонны. Возможность утилизации также ограничена определенными геологическими условиями. Это экологически предпочтительно, когда позволяют скальные образования.

Вермикультура – это процесс использования червей для разложения органических отходов в материал, способный поставлять необходимые питательные вещества для поддержания роста растений. В течение нескольких лет черви использовались для превращения органических отходов в органическое удобрение. Недавно этот процесс был протестирован и признан успешным при переработке некоторых отходов бурения на синтетической основе.

Применение каждой иерархии теоретически уменьшает количество остаточных отходов, которые в конечном итоге требуют утилизации. Первым и наиболее важным действием в иерархии управления отходами является сокращение объема образующихся отходов. Следующий шаг заключается в переработке или повторном использовании отходов или материалов, содержащихся в отходах. Только после этого следует обрабатывать и утилизировать оставшиеся отходы. Следуя этой иерархии, будет сведен к минимуму как объем отходов, подлежащих утилизации, так и конечные затраты на утилизацию.

Можно сделать следующие выводы:

1. При бурении нефтяных и газовых скважин образуется большой объем бурового шлама и отработанного бурового раствора,
2. Воздействие бурения нефтяных и газовых скважин на окружающую среду может быть классифицировано по описательным типам, таким как острое, подострое, субхроническое и хронический период.
3. Большинство концентраций отходов бурения нефтяных и газовых скважин, встречающихся во время буровых работ, относительно невелики, и последствия, как правило, заметны после хронического воздействия.
4. Предпочтительной последовательностью обращения с отходами бурения должно быть сокращение источников, переработка отходов или повторное использование, обработка отходов и их утилизация.
5. Методы минимизации отходов путем модификации технологического процесса включают бурение тонких скважин, контроль твердых частиц и мониторинг буровой системы.
6. Обработка и утилизация отходов бурения нефтяных и газовых скважин в значительной степени зависят от характеристик отходов и нормативных требований, а также различных методов утилизации отходов бурения. Эти методы включают захоронение на месте, обработку земель, термическую обработку, закачку шлама и биоремедиацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреев И. Р., Барахнина В. Б., Исламгулова А. Ф. Экологические аспекты применения пав на основе органических кислот в процессах нефтегазодобычи // Экологический вестник России. № 7. 2019. С. 12–15.
2. Киреев И. Р., Барахнина В. Б., Латыпова Г. И. Экологические аспекты применения буровых растворов на нефтяной основе // Экологический вестник России. № 3. 2018. С. 14–18.
3. Барахнина В. Б., Киреев И. Р. Покомпонентная характеристика нефтешламов как загрязнителей окружающей среды // Экологический вестник России. № 5. 2019. С. 12–15.

Геоэкологические принципы организации природопользования в ресурсодобывающем субъекте РФ

Петров Ю. В.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень
petrov19811201@gmail.com

Сформировавшиеся в настоящее время экономические, социальные, геоэкологические и геополитические условия определяют необходимость дифференцированного подхода в организации природопользования в различных районах страны. В ситуации необходимости применения нетривиальных управленческих решений для преодоления рестрикций со стороны недружественных стран и объединений требуется выработка свода правил для природопользователей. В данные перечни должны войти принципы организации природопользования на определенной территории, что в дальнейшем позволит исключить выработку и фиксацию экологического, социального, экономического и репутационного ущерба [1–4].

Для выработки геоэкологических принципов для определенной локации необходимо решение 3 целеполагающих задач:

- механизм выделения природопользователей и стейкхолдеров, которые являются участниками осуществления природопользования в границах определенной территориальной общественной системы [5–6];
- систематизация приоритетов инвестиционного, предпринимательского сообщества и территориальной общности людей;
- вычленение существующих геоэкологических и социально-экологических проявлений рисков для территориальных общественных систем, что особенно актуально для ресурсодобывающих территорий длительного хозяйственного освоения.

Полноценное выполнение данных задач позволяет ответить на первичные вопросы при формулировании геоэкологических принципов: для кого, для чего, с чем необходимо сталкиваться уже сегодня?!

Построение стратегии социально-экономического территориального развития на основе извлечения горной ренты, основанной на неизменном вступлении в стадию падающей добычи месторождений

природных ресурсов, характеризуется особенностями возникновения геоэкологических запросов от территориальной общности людей. Если мы исключаем эффект временщиков, вахтовиков, для которых не принципиально состояние окружающей природной среды в месте их временного пребывания, то для большинства проживающих в этой местности знаковым становится более трепетное отношение к характеристикам окружающей природной среды. В основе данного поведения кроется личная заинтересованность в сохранении здоровья, сохранении экологической безопасности на производстве и в быту, приумножении инвестиционной привлекательности определенных объектов, соотносимых с экологическими характеристиками.

Также необходимо выделить и заинтересованность в сбалансированной геоэкологической политике на долгосрочную перспективу самих природопользователей, для которых агрессивность окружающей природной среды к объектам его производственной и инженерной инфраструктуры вследствие негативного техногенного воздействия является дополнительным форс-мажором, способным существенно сократить норму прибыли. Уже сегодня в российской практике присутствуют примеры проявления данных примеров. Прежде всего, необходимо выделить проявление в арктической части страны газогидратных взрывов, сопровождающихся существенным геоморфологическим и геоэкологическим нарушением в ландшафтах территории. Необходимость учета проявления таких явлений на производственных объектах, в непосредственной близости от них требуют пересмотра технологических циклов, в число которых начинает входить и сокращение негативного воздействия непосредственно от самого промысла. Другим примером выступает разлив нефтепродуктов и их попадание, миграция в водных объектах. Провоцируемые деградационные геоморфологические процессы на побережье приводят к необходимости дополнительной инфраструктурной обеспеченности, защищающей от спровоцированного природопользователями негативного воздействия.

В условиях информационной активности в конкурентной среде соблюдение геоэкологических принципов также становится дополнительным фактором, отличающим по качеству производимой продукции, по безопасности для окружающей природной среды последствий от производимых производственных процессов, по соблюдению равновесия в деятельности определенной территориальной общности людей. В ресурсодобывающих районах, приуроченных к определенным концентрациям проживания населения, данные характеристики уже просматриваются на основе отчетности компаний. Дополнительным критерием становится воздействие международных требований, например, в части уплаты углеродного налога, достижения углеродной нейтральности и т.д. Когда разные сорта нефти получают различную экологическую оценку.

В качестве механизма выделения природопользователей и стейк-холдеров от их предпринимательской деятельности предлагается проведение инвентаризации источников негативного воздействия, оценка текущей геоэкологической ситуации и оценка ассимиляционного потенциала окружающей среды. К сожалению, сегодня на уровне государственного и муниципального управления данные процедуры не проводятся. В то же время, на уровне проектирования деятельности, инвестиционного обоснования некоторые крупные вертикально-интегрированные нефтяные и газовые компании проводили данные территориальные оценки, приглашая иностранные аудиторские организации. Инвентаризация источников выбросов осуществлена в разрозненных информационных ресурсах государственных информационных систем регионального и федерального уровней. Например, в Тюменской области в составе информационных систем Росприроднадзор, департамента по недропользованию и экологии Тюменской области. Оценка текущей экологической ситуации может быть оценена на основе общепризнанных научных методик, результаты которых позволяют вычленять параметры и их локальные источники, оказывающие наибольший вклад в итоговое заключение по состоянию окружающей природной среды. Ассимиляционный потенциал окружающей среды рассчитывается профильными проектными организациями применительно к определенной территориальной общественной системе, со своими ограничениями и приоритетами.

Систематизация приоритетов предпринимательского сообщества и территориальной общности людей производится путем поиска решений по оптимизации экологического состояния в определенной локации. При удовлетворительной экологической ситуации изменения характеристик природопользователей осуществляются опционально. При других статусах экологической ситуации государственное и местное самоуправление прорабатывают совокупность мероприятий, требований к предпринимательскому сообществу по снижению негативного техногенного воздействия на ландшафты. Требования, обусловленные религиозными, культурными, национальными особенностями сформированной на определенной территории общности людей систематизируются в органах территориального управления для доведения в качестве приоритетов взаимодействия с природопользователями.

Для вычленения присущих данной территории эколого-социальных рисков нужна их фиксация в пространстве, времени, характеристиках. К сожалению, в большинстве территориальных общественных систем ресурсодобывающих субъектов РФ, предприниматели сталкиваются с внезапными социальными

и геоэкологическими ограничениями уже постфактум. Органы власти по этим вопросам не консультируют, либо вследствие отсутствия данной информации, либо вследствие нежелания снижать инвестиционную активность предпринимателя. В любом случае, появление данных рисков становится источником конфликтов, которые ведут к иррациональным временным, финансовым, организационным затратам. Наиболее релевантным текущей ситуации подходом можно предложить выстраивание геоинформационного позиционирования разнообразных рисков, присущих территории. Для того, чтобы не снизить инвестиционную привлекательность, территориальные управленцы могут приводить пути страхования возможных рисков. Это могут быть как юридические гарантии, согласованные со стейк-холдерами, так и регламентация правил геоэкологического взаимодействия на территории.

Также необходимо отметить и наличие апробированных в различных уголках мира технологий представления геоэкологической информации по территории. Наиболее востребованным инструментом является геопортал, характеризующийся легитимными, актуальными, полными, идентифицированными, сопоставимыми данными. В некоторых регионах РФ такие публичные порталы выведены на уровне государственных информационных систем, подчеркивающих их статус вовлеченности в разрешение проблем обращающихся и систематизирующих через регламентированные формы государственного и муниципального учета обратную связь [9–10].

С учетом обозначенных механизмов, предлагаем следующий перечень геоэкологических принципов для ресурсодобывающего субъекта РФ:

– комплексность: рассмотрение экологических вопросов в контексте их приуроченности к определенной территории, с учетом исторических и географических условий, а не только в приуроченности к определенному объекту, либо деятельности определенного природопользователя;

– планирование: оценка текущего состояния через призму экологического состояния территориальной общественной системы, выработку управленческих решений по улучшению экологического состояния и закрепление ключевых показателей эффективности в стратегических региональных, муниципальных документах, а также закрепление ответственных исполнителей за каждый показатель в составе организационной структуры органов власти;

– информированность: транспарентность органов государственной власти и местного самоуправления в части предоставления экологических данных и последующих их оценок, позволяющая интегрировать предложения заинтересованных сторон и вырабатывать информационно-аналитические представления;

– взаимосвязанность: соотношение корпоративных, государственных и муниципальных планов в составе стратегического управления, обеспечивающих достижение геоэкологических целей без нарушения ключевых показателей эффективности менеджмента природопользователей, с одной стороны, без ухудшения состояния окружающей природной среды и реализацию экологических потребностей населения, включая посещение благополучных в геоэкологическом отношении территорий.

Предложенный перечень геоэкологических принципов для ресурсодобывающей территории, безусловно, должен будет обновляться по мере развития технологического и информационного обеспечения. Но, вместе с тем, меняться будет, преимущественно, форма, а не содержание, которое подходит под представленные принципы. Отдельные успешные региональные практики, основанные на данных принципах, могут быть переведены в формат федеральных требований, что обеспечит их дифференцированную реализацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Ю. В. Предложение по оптимизации экологического менеджмента на основе инструментов местного налогообложения // *Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов*. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2016. С. 95–97.
2. Петров Ю. В. Инструментарий муниципального налогообложения для целей территориального развития // *Теоретические и прикладные исследования социально-экономических систем в условиях интеграции России в мировую экономику*. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2015. С. 91–96.
3. Гордин И. В., Рюмина Е. В. Регионально-экологические факторы в ментальной составляющей человеческого потенциала // *Регионология*. 2021. Т. 29, № 1(114). С. 151–171.
4. Бурматова О. П. Экологические вызовы в регионе: анализ, пути предотвращения рисков и снижения угроз // *Экономика региона*. 2021. Т. 17. № 1. С. 249–261.
5. Петров Ю. В. Ключевые основы сбалансированного социально-экономического развития территориальных общественных систем России в XXI в. в трудах профессора М.Д. Шарыгина // *Жизнь в географическом измерении*. Пермь: Изд-во ПГУ, 2008. С. 196–202.
6. Петров Ю. В. Географическое моделирование социально-экономического развития территориальных общественных систем Тюменской области // *Материалы научной конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «ИМЕНИТ-2012»*. Тюмень: Изд-во ООО «Сити-Пресс», 2012. С. 80–82.
7. Смирнов И. П., Виноградов Д. М., Алексеев А. И. Пространственные связи локального сообщества (на примере дер. Пронино Весьегонского района Тверской области) // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. 2021. Т. 66, № 2. С. 236–251.
8. Михайлов В., Рунге Й. Идентификация человека. Территориальные общности и социальное пространство: опыт концептуализации // *Социологические исследования*. 2019. № 1. С. 52–62.

9. Петров Ю. В., Уваров В. В. Краткое руководство пользователя Территориальной информационной системы Югры: инструкция. Тюмень: Сибирский научно-аналитический центр, 2014. 24 с.

10. Петров Ю. В. Геоинформационное обеспечение инвестиционного потенциала на примере юга Тюменской области // Aus Sibirien. 2013. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2014. С. 119–122.

Гуморальный иммунный ответ зеленых лягушек рода *Pelophylax*, обитающих в различных гидрохимических условиях среды

Плотникова В. Д., Романова Е. Б.

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород
psyche_medea@mail.ru

Актуальность исследования определяется необходимостью изучения адаптивных реакций системы крови амфибий, позволяющих им выживать и расширять ареал в изменяющихся условиях среды. При значительном объеме исследований по изучению системы крови амфибий еще недостаточно сведений по сравнительному анализу адаптивных реакций системы крови близкородственных видов, обитающих на антропогенно-трансформированных территориях.

Цель работы – оценка лейкоцитарного профиля и уровня циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови озерных и прудовых лягушек, обитающих в различных гидрохимических условиях объектов урбанизированной территории.

Материалом служили озерные и прудовые лягушки шести водных объектов Нижегородской области. Видовая идентификация лягушек проводилась по внешним морфологическим признакам общепринятой методикой. В пробах воды спектрофотометрически определены основные химические загрязнители и произведен расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) [1]. Лейкоцитарную формулу определяли в мазке крови на 100 клеток. На основании лейкоцитарной формулы крови рассчитывали интегральные лейкоцитарные индексы: кровно-клеточный показатель (ККП), реактивный ответ нейтрофилов (РОН), лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс (ИЛГ), индекс соотношения нейтрофилов и лимфоцитов (ИСНЛ), индекс соотношения лимфоцитов и эозинофилов (ИСЛЭ), индекс соотношения нейтрофилов и эозинофилов (ИСНЭ), индекс сдвига лейкоцитов (ИСЛ), индекс ядерного сдвига нейтрофилов (ИЯСН). Определение уровня циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови проводилось с помощью метода селективной преципитации в растворе полиэтиленгликоля (ПЭГ) [2]. Статистическая обработка проводилась с использованием непараметрических критериев Манна-Уитни, Крускала-Уоллиса и Данна с помощью программ Statistica 8.0 и R-studio. За величину уровня статистической значимости принимали $\alpha = 0,05$.

Приоритетными загрязнителями водных объектов являлись как природные соединения (железо, марганец), так и элементы техногенного происхождения (медь, хром, сульфаты, цинк, никель, свинец и др.). Классификация водных объектов методом главных компонент выделила четыре кластера.

В первый вошли оз. Вторчермет (прудовые лягушки; УКИЗВ₂₀₂₀ = 5,59 и УКИЗВ₂₀₂₁ = 4,4) и оз. Силикатное (озерные лягушки; УКИЗВ₂₀₂₀ = 5,1), расположенные в заречной части Нижнего Новгорода. Внутри этого кластера водные объекты сгруппировались в соответствии с межгодовыми гидрохимическими различиями. Второй кластер сформировало оз. Силикатное (озерные лягушки; УКИЗВ₂₀₂₁ = 7,15 и УКИЗВ₂₀₂₂ = 8,82) практически сохраняя гидрохимический состав за два года наблюдений. В третий (озерные лягушки; УКИЗВ_{Белкино-2} = 11,03 и УКИЗВ_{Бол. Груздевское} = 10,36) и четвертый (озерные лягушки, УКИЗВ_{Торфокарьер_2021} = 19,2; прудовые лягушки, УКИЗВ_{Белкино-1} = 34,02) кластер вошли водные объекты Нижегородской области Борского и Павловского районов с более высоким уровнем загрязнения (рис. 1). Далее предполагалось выяснить, имеются ли количественные и/или качественные изменения в иммуногематологических показателях у разных видов амфибий, обитающих в водоемах, группирующихся по гидрохимическим показателям.

Наиболее выраженные отклонения лейкоцитарного профиля, свидетельствующие о преобладании в иммунном ответе клеток гранулоцитарного ряда при некотором отставании клеток лимфоцитарно-моноцитарного звена (рис. 2), отмечены у озерных лягушек I-го кластера, с более высокими показателями лейкоцитарных индексов: ИСЛ и ИСНЛ, что иллюстрировало сильное внешнее стрессовое воздействие (рис. 3).

Реакцией прудовых лягушек на высокий уровень загрязнения, являлась активация специфической иммунной составляющей, проявляющейся повышением содержания в крови лимфоцитов. Процесс иммунологической перестройки в организме озерных и прудовых лягушек, обитающих в разных биотопических условиях, отражала и динамика лейкоцитарных индексов: ИСНЛ, ИЛГ, РОН, ИСНЭ, ИСЛ.

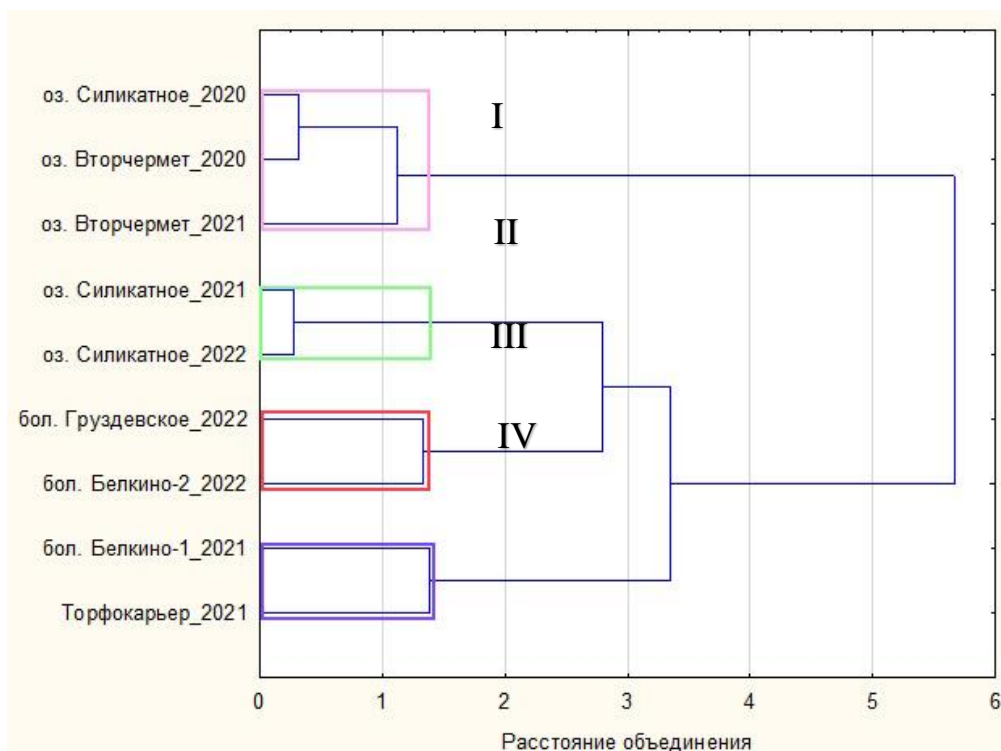


Рис. 1. Дендрограмма иерархической кластеризации водных объектов Нижегородской области (2020–2022 гг.)

В сходных гидрохимических условиях I кластера у озерных лягушек по сравнению с прудовыми отмечена активация неспецифической резистентности организма, проявляющаяся возрастанием доли более юных форм гранулоцитов. Специфическая реакция иммунной системы обоих видов была сопоставима, поскольку межвидовых различий по содержанию лимфоцитов не обнаружено. В условиях IV кластера тип адаптации прудовых и озерных лягушек определялся как «стрессовый». Снижение доли лимфоцитов, лимфоцитарно-гранулоцитарного индекса (ИЛГ) и повышение индекса соотношения нейтрофилов к лимфоцитам (ИСНЛ) свидетельствовало о незавершенности иммунных реакций организма и недостаточном ресурсе адаптационных механизмов и было более выражено у озерных лягушек.

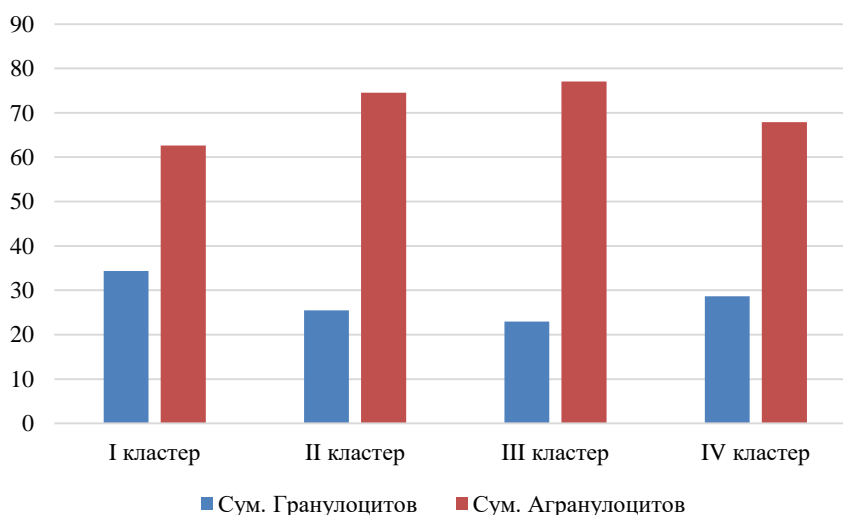


Рис. 2. Относительное содержание и соотношение клеток гранулоцитарного и агранулоцитарного рядов в крови озерных лягушек

Показателем функциональной активности иммунного ответа являются уровень циркулирующих в сыроворотке крови иммунных комплексов (ЦИК), которые формируются при взаимодействии образовавшихся в организме специфических антител – иммуноглобулинов с антигенами [3] и отражают степень воздействия комплекса факторов среды обитания на организм.

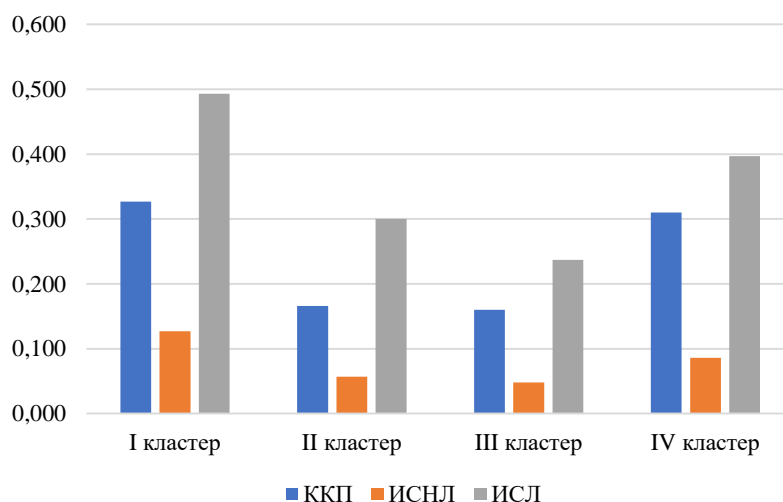


Рис. 3. Значения некоторых лейкоцитарных индексов в крови озерных лягушек I–IV кластеров

Суммарный уровень иммунных комплексов в сыворотке крови озерных и прудовых лягушек, группирующихся в разных кластерах, различался. В условиях повышенного загрязнения выявлена тенденция к возрастанию в сыворотке крови озерных и прудовых лягушек уровня мелких и крупных иммунных комплексов, что свидетельствовало о снижении резистентности и реактивности иммунной системы организма в специфических гидрохимических условиях среды. Возрастание уровня мелких ЦИК у озерных и прудовых лягушек является показателем одновременного воздействия АТ и токсической нагрузки на организм (рис. 4).

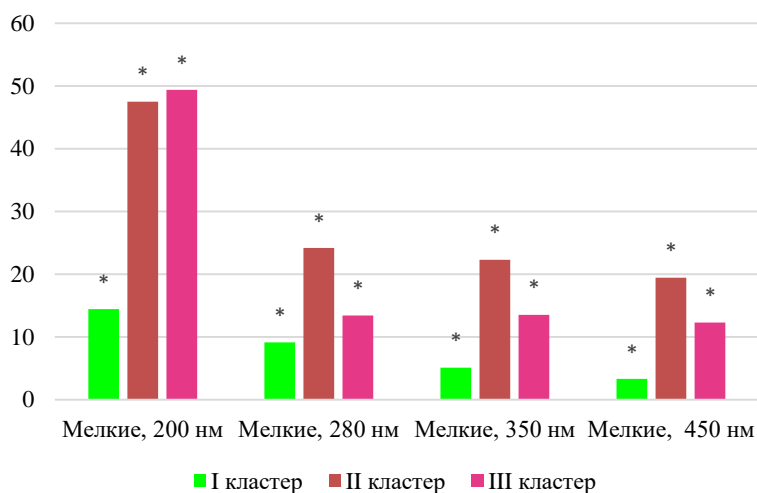


Рис. 4. Содержание мелких ЦИК в сыворотке крови озерных лягушек I–III кластеров
*– обозначены значимые различия по отношению к I кластеру

Высокое содержание в периферической крови особей мелких ЦИК свидетельствует о нарушении баланса системы АГ–АТ и существенных сбоях в механизме гуморальной защиты организма [3]. При этом мелкие комплексы хуже по сравнению с крупными комплексами активируют комплемент, что приводит к их длительной циркуляции в кровотоке и, как следствие, к повышению вероятности отложения агрегатов в различных тканях [4]. Повышение уровня ЦИК в сыворотке крови индикаторных видов объясняется наличием соединений тяжелых металлов (Mn, Cu, Zn и др.) в концентрациях, превышающих ПДК соединений в концентрациях. Известно, что в результате токсического действия Zn в крови уменьшается число лимфоцитов и ослабляется лимфоцитарная реакция [5], при воздействии меди снижается жизнеспособность полиморфноядерных лейкоцитов и подавляется фагоцитарная активность [6].

Анализ собственных результатов и данных литературы позволяет выдвинуть несколько предположений, объясняющих изменения реакций гуморального иммунного ответа разных видов амфибий, обитающих в сходных и различных гидрохимических условиях среды. Во-первых, это может быть связано с

нарушением процесса фагоцитоза, в результате которого устраняются циркулирующие иммунные комплексы, во-вторых, с фиксацией иммунных комплексов на мембранах кровеносных сосудов без развития патологии; в-третьих, с нарушением высвобождения медиаторов из тромбоцитов и базофилов, обеспечивающих реакции удаления циркулирующих иммунных комплексов из кровотока.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрхимическим показателям. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293831/4293831806.htm>. – 10.03.2020.
2. Гриневиц Ю. А., Алферов А. Н. Определение иммунных комплексов в крови онкологических больных // Лабораторное дело, 1981. № 8. С.493–496.
3. Фрейдлин И. С., Кузнецова С. А. Иммунные комплексы и цитокины // Медицинская иммунология. 1999. Т. 1. № 1–2, С. 27–36.
4. Скибо Ю. В. Регуляция I и II типов программированной клеточной гибели Т-лимфоцитов при atopической бронхиальной астме: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.01.04. Казань, 2013. 29 с.
5. Denduluri S., Langdon M., Chandra R. K. Effects of copper on blood and biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // J. Trace Elem. Exp. Med. 1997. Vol. 10. № 3. P. 155–162.
6. Chmielnicka J., Nasiadek M. The influence of toxic metals on the erythropoiesis and iron metabolism (does-effect relationships studies) // Trace Elem. Exp. Med. 1998. № 4. P. 353–354.

Оценка загрязнения почв города Бузулука по всхожести семян и проросткам кресс-салата (*Lepidium sativum*)

Пугачева О. В., студ. 4 курса

Науч. рук. – Щебланова М. А., канд. биол. наук

Бузулукский гуманитарно-технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Бузулук
m.shcheblanova@bgti.ru

Воздействие человека на почву – составная часть общего влияния человеческого общества на земную кору и ее верхний слой, а также на природу в целом, особенно возросшее в век научно-технического прогресса. При этом не только усиливается взаимодействие человека с землей, но и меняются основные черты взаимодействия [1].

Под влиянием промышленных и сельскохозяйственных загрязнений изменяются свойства почвы и почвообразовательные процессы, потенциальное плодородие, снижается технологическая и питательная ценность сельскохозяйственной продукции [2].

В связи с этим на территории города Бузулука было проведено исследование загрязнения почв по всхожести семян и проросткам кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) [3].

Эколого-геохимическое состояние почвенного покрова г. Бузулука формируется под воздействием большого количества источников загрязнения. Интенсивное загрязнение почв тяжелыми металлами наблюдается не только на территории санитарно-защитных зон промышленных предприятий, но и в районах жилой застройки. В качестве источников загрязнения следует выделить сточные воды с асфальтного покрытия дорог, а также действующий до недавнего времени в центральной части города завод ОАО «Бузулукский завод тяжелого машиностроения» и действующей в настоящее время завод АО «Композит Групп» [4].

В почвах города фиксируются превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) по тяжелым металлам (цинк, свинец, кадмий и медь). Несмотря на довольно низкие значения превышений ПДК, в почвах г. Бузулука наблюдается увеличение содержания химических элементов над величинами природного фона: цинк – в 4,36–124,31 раза, медь – в 2,71–72,0 раза, свинец – в 4,25–13,59 раза, кобальт – в 3,00–10,60 раза, кадмий – в 2,75–7,63 раза, марганец – в 2,54–7,62 раза за 2015 год. Коэффициент корреляции указывает на довольно тесные взаимодействия цинка, меди, кадмия, свинца и никеля между собой. Этот вывод подтверждается аналитическими данными мониторинга, проведенного за 15 лет [5].

Исследования проводились на базе лаборатории кафедры биоэкологии и техносферной безопасности с использованием образцов взятых на следующих участках (рис. 1):

- улица 1 Мая (близ д. 69). Почва на данном участке испытывает нагрузку от близости к действующему заводу АО «Композит Групп», а также в виде автомобильных выхлопов, смол, стекающих с асфальтового покрытия. Помимо этого, в почвах отмечается наличие загрязняющих элементов ранее действующего завода ОАО «Бузулукский завод тяжелого машиностроения»;
- улица Победы (близ д. 4). Участок находится в спальном районе города, удален от автодорог;
- условно чистый участок (луговой фитоценоз за 7 микрорайоном города).

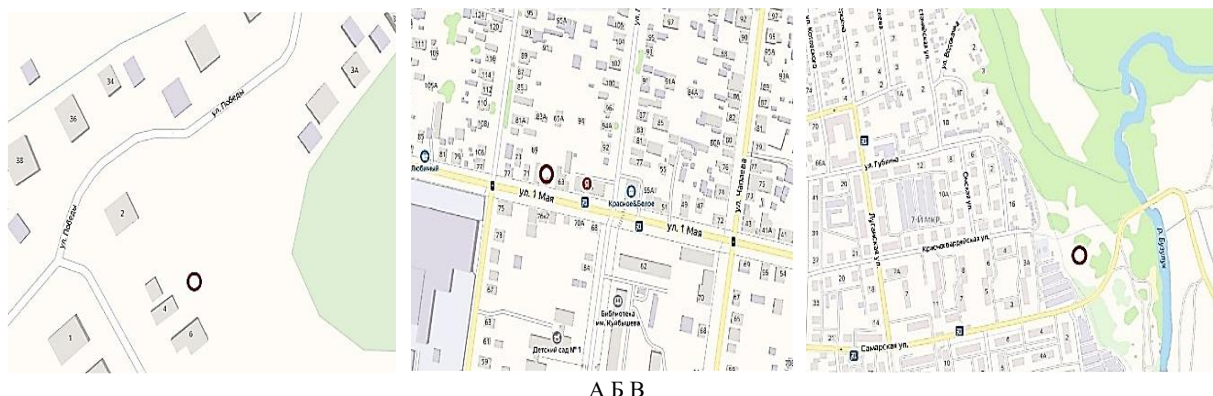


Рис. 1. Размещение точек отбора почвенных образцов на территории города Бузулука:

А – улица Победы (близ д. 4); Б – улица 1 Мая (близ д. 69); В – условно чистый участок (луговой фитоценоз за 7 микрорайоном)

Перед исследованием семена кресс-салата (*Lepidium sativum*) были проверены на всхожесть [7]. Для этого разместили семена на прикрытый фильтровальной бумагой влажный и промытый речной песок, насыпанный толщиной 1 см в чашки Петри, на сутки. Всхожесть составила 95%. Затем на увлажненный субстрат с участков проведения исследований разложили по 30 семян на примерно одном расстоянии друг от друга присыпали тем же субстратом и увлажнили. Опыт длился в течении девяти суток. Результаты исследования были занесены в таблицу 1 и 2. Образцы проростков кресс – салата (*Lepidium sativum*) по участкам на девятые сутки наглядно представлены на рисунке 2

Таблица 1

Скорость прорастания семян кресс-салата (*Lepidium sativum*)

Место сбора почвы	Чисто проросших семян за сутки, шт.									Всхожесть, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
улица Победы (близ д. 4)	0	18	24	24	24	20	21	21	21	70
улица 1 Мая (близ д. 69)	0	4	12	14	15	17	18	19	20	67
условно чистый участок	1	26	27	27	27	28	28	28	28	93

Визуальный анализ морфометрических параметров растений позволил отметить следующее:

- растения на условно чистом участке визуально здоровые и крепкие, длина надземной части варьирует от 39 до 43 мм, длина корня варьирует от 39 до 40 мм. Листья крупные, без повреждений и некрозов;
- растения на участке улица Победы (близ д. 4) визуально здоровые и крепкие, длина надземной части варьирует от 37 до 41 мм, длина корня варьируют от 29 до 34 мм. Листья крупные, допустимой анатомической формы для используемого тест-объекта;
- растения на участке по улице 1 Мая (близ д. 69) визуально болезненны, длина надземной части варьирует от 28 до 32 мм, длина корня варьирует от 12 до 16 мм. У растений отмечается маленький, короткий и кривой корень, кривой стебель и маленькие листья.

Таблица 2

Изменения длины надземной части и корней кресс-салата (*Lepidium sativum*)

Место сбора почвы	Длина надземной части, мм	Средняя длина надземной части, мм	Длина корня, мм	Средняя длина корня, мм
улица Победы (близ д. 4)	37–41	37	29–34	30
улица 1 Мая (близ д. 69)	28–32	31	12–16	13
условно чистый участок	39–43	39	39–40	40

Проанализировав изложенные результаты, можно сделать вывод о состоянии почв на участках и его влиянии на прорастание семян и дальнейшее развитие тест-объекта.

Низкий процент всхожести, минимальная длина подземной и надземной частей характерна для растений на субстрате, отобранном по ул. 1 Мая (близ д. 69) близ действующего завода АО «Композит Групп», с высокой автомобильной нагрузкой, наличием загрязняющих элементов ранее действующего завода ОАО «Бузулукский завод тяжелого машиностроения». Это свидетельствует о сильном загрязнении участка.

Результаты всхожести и морфометрических параметров растений на участке улицы Победы (близ д. 4) свидетельствуют о наличии загрязнения в субстрате. Однако, при сравнительном анализе данных результатов с результатами, полученными на условно чистом участке и участке на ул. 1 Мая позволил сделать заключение о не значительном уровне загрязнения данного участка.



Рис. 2. Образцы кресс-салата (*Lepidium sativum*), выращенные на почве:

А – улица Победы (близ д. 4); Б – улица 1 Мая (близ д. 69); В – условно чистый участок (луговой фитоценоз за 7 микрорайоном)

Таким образом, по результатам исследований установлена закономерность всхожести семян, морфометрических параметров проростков (средняя длина надземной и подземной части) тест-объекта кресс-салата (*Lepidium sativum*) от степени загрязнения используемого субстрата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева И. И. Ботаника. М., 2002. 488 с.
2. Гиляров М. С. Биологический энциклопедический словарь. М., 1989. 864 с.
3. Кресс-салат: описание и польза растения: [сайт]. URL: https://foodandhealth.ru/travy/kress-salat_
4. География г. Бузулука: [сайт]. URL: https://eco-gcbs-buzuluk.jimdo.com_
5. Общие сведения: [сайт]. URL: <https://studfiles.net/preview/1839836>.

Влияние городской среды на биометрические показатели некоторых однолетних декоративных растений

Леухин И. А., Романова Е. Н., студ. 3 курса

Науч. рук. — Ягдарова О. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
romansekatrina@gmail.com

Городская среда – это совершенно особый тип экосистемы, в котором функционируют многие абиотические и антропогенные факторы. Приоритетными загрязнителями окружающей среды в городе Йошкар-Оле являются автомобильный транспорт и промышленные предприятия, воздействие которых приводит к снижению фотосинтетической активности и замедленному росту и развитию городских насаждений. Роль данных загрязнителей в первую очередь влияет на основные физиологические процессы растений, такие как дыхание, минеральное питание, транспорт веществ и др. Изучение биометрических параметров у растений дают более наглядную оценку влияния городской среды, чем физиологические процессы. Поскольку данные признаки отражают адаптацию организмов к среде обитания и могут быть связаны с процессами индивидуального роста организма. При изучении биометрических параметров однолетних растений часто измеряют площадь одного листа, высоту растения и корня, число побегов или соцветий и др. [1].

В любом городе цветочно-декоративные растения придают насаждениям своеобразный стиль в системе улиц, скверов, парков, мест отдыха, смотровых площадок. Кроме того, декоративные однолетние растения обладают высокой степенью экологической пластичности – степени изменчивости признака, которая позволяет организму адаптироваться к изменяющимся условиям среды. Растения, которые проявляют

специфические реакции на присутствие в воздушной среде примесей и могут быть использованы в качестве биологических индикаторов загрязнения воздушной и почвенной среды. Индикаторные растения – растения, для которых характерна резко выраженная адаптация к определенным условиям окружающей среды. Поэтому они часто используются в озеленении городов с выраженной антропогенной нагрузкой. В результате загрязнения они вынуждены адаптироваться с помощью физиологических, биохимических и анатомо-морфологических изменений в структуре. Анализ и оценка этих изменений дают возможность получить достоверную картину условий места произрастания растений и отразить состояние городской среды. Наблюдая за онтогенезом растений в городской среде, при которых происходит изменения в росте и развитии особи можно оценить присутствие в воздухе загрязняющих веществ, а также определить уровень загрязнения окружающей среды [2].

Цель работы: оценка основных морфометрических показателей декоративных однолетников, произрастающих в районах с разной антропогенной нагрузкой.

Объектами исследования являлись однолетние травянистые декоративные растения: лаватера трехмесячная (*Lavatera trimestris* L.) семейства Мальвовые и шалфей блестящий (сверкающий) (*Salvia splendens* S. Ex N.) семейства Губоцветные. Для формирования научно обоснованных принципов составления ассортимента растений и выбора типов ландшафтных посадок для озеленения любого города требуется учет целого ряда социальных, градостроительных и природно-климатических особенностей города, а также знание биологических особенностей растений и их экологических требований к условиям среды. Природно-климатические условия имеют определяющее значение при интродукции растений, в том числе в городскую среду. Они складываются из фоновых климатических параметров, обусловленных физико-географической характеристикой территории, микроклиматических условий, действующих в пределах конкретных участков, а также состояния растительного и почвенного покрова. Лаватера трехмесячная и шалфей блестящий обладают хорошими адаптивными возможностями, поэтому довольно часто используются в озеленении нашего города.

При оценке морфометрических показателей мы проводили посадки изученных декоративных однолетников в двух районах исследования, которые отличались разной антропогенной нагрузкой. Первый район исследования – это ул. Эшпая г. Йошкар-Ола (селитебная зона); второй район исследования – учебно-опытное поле п. Руэм Медведевского района (пригородная зона, условно чистый район, контроль) (рис. 1). Для каждого вида растений была заложена отдельная площадка. На площадке были посажены исследуемые виды при плотности посадки: 10x10 см. Для измерения биометрических показателей были выбраны и пронумерованы 10 растений лаватеры трехмесячной и шалфея блестящего на каждой площадке. Высоту растений измеряли по длине главного побега в см при помощи линейки. Количество листьев, побегов, бутонов и цветков (соцветий) подсчитывали визуально.

В процессе индивидуального развития у растений происходит изменение биометрических показателей. В настоящее время существует большое количество работ, посвященных изучению вопросов о влиянии загрязнения окружающей среды на рост и развитие растений, на показатели их продуктивности [3].

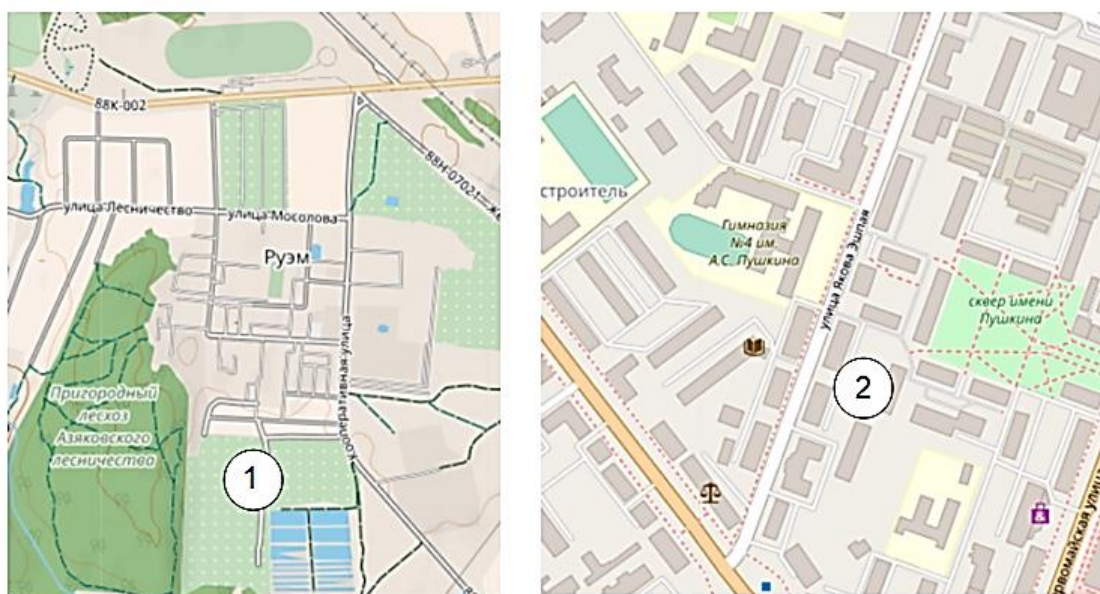


Рис. 1. Районы исследования

В литературе экспериментально найдены зависимости линейных размеров листьев (длины, ширины, величины площади листьев, их геометрической формы, длины черешка), побегов от уровня загрязненности окружающей среды. Из перечисленных морфометрических показателей для целей биоиндикации наиболее удобными являются длина, ширина листьев, высота растений, количество бутонов и соцветий. Их можно легко и непосредственно измерить с помощью простейших приборов, они не требуют последующих громоздких вычислений, при этом не происходит повреждения и тем более уничтожения. Однако в литературе встречается противоречивая информация о направленности изменения рассматриваемых морфометрических параметров однолетних растений в условиях загрязнения окружающей среды. Так, одни авторы нашли, что при увеличении антропогенной нагрузки на растения толщина листа падает, другие в таких условиях продемонстрировали ее рост. Кроме того, отмечена недостаточная чувствительность в ответ на действие стресс-факторов длины листа или его площади.

По результатам наших исследований мы выявили закономерность изменения морфометрических показателей декоративных растений-однолетников от качества окружающей среды. Растения на улице Эшпая обладают отличными от особенностей поселка Руэм данными (табл. 1, 2).

Нами было обнаружено, что высота маркированных особей лаватеры трехмесячной, произрастающих в городской среде на протяжении всего индивидуального развития была выше, по сравнению с растениями в п. Руэм. Также была выявлена следующая закономерность: у особей данного вида растений в городской среде наблюдалось меньшее количество листьев на побеге, чем у растений в пригородной зоне Медведевского района. Листья у лаватеры на улице Эшпая были немного шире и длиннее, чем в контроле.

Таблица 1

Средние значения морфометрических параметров лаватеры трехмесячной (*Lavatera trimestris* L.)

	p	j	im	v	g ₁	g ₂
ул. Якова Эшпая (селитерная зона)						
Высота растения (см)	5,73 ± 0,200	7,60 ± 0,447	13,06 ± 2,169	22,83 ± 1,332	27,99 ± 1,808	47,65 ± 3,211
Длина 3 листа (см)	–	2,90 ± 0,389	3,40 ± 0,406	5,86 ± 1,178	8,22 ± 0,402	8,22 ± 0,402
Ширина 3 листа (см)	–	1,33 ± 0,116	1,39 ± 0,152	1,86 ± 0,317	3,01 ± 0,213	3,56 ± 0,403
Длина 5 листа (см)	–	–	2,88 ± 0,973	5,44 ± 1,246	7,95 ± 0,276	7,95 ± 0,276
Ширина 5 листа (см)	–	–	1,22 ± 0,148	1,66 ± 0,299	2,86 ± 0,151	3,83 ± 0,316
Количество бутонов (шт.)	–	–	–	–	0,60 ± 0,516	0,70 ± 0,675
Количество цветков (шт.)	–	–	–	–	0,40 ± 0,516	1,50 ± 0,707
Количество листьев (шт.)	2,00 ± 0,000	3,70 ± 0,483	7,10 ± 1,370	13,00 ± 2,261	21,50 ± 1,178	26,40 ± 8,984
Количество побегов (шт.)	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000	1,70 ± 0,675	2,80 ± 1,398	5,60 ± 2,503
п. Руэм учебно-опытное поле (пригородная зона, пригородная зона, условно чистый район, контроль)						
Высота растения (см)	3,21 ± 0,423	4,38 ± 0,541	8,26 ± 0,796	16,25 ± 3,364	26,02 ± 3,320	35,69 ± 4,493
Длина 3 листа (см)	–	3,74 ± 0,372	5,40 ± 0,447	9,17 ± 0,948	13,13 ± 1,394	16,02 ± 0,947
Ширина 3 листа (см)	–	1,22 ± 0,225	1,64 ± 0,084	2,59 ± 0,191	3,26 ± 0,552	4,08 ± 0,614
Длина 5 листа (см)	–	–	5,15 ± 0,403	8,80 ± 0,929	12,50 ± 1,375	15,14 ± 1,094
Ширина 5 листа (см)	–	–	1,52 ± 0,103	2,43 ± 0,206	3,00 ± 0,462	3,80 ± 0,549
Количество бутонов (шт.)	–	–	–	–	1,20 ± 1,135	8,30 ± 3,199
Количество цветков (шт.)	–	–	–	–	0,90 ± 0,568	8,40 ± 4,452
Количество листьев (шт.)	2,00 ± 0,000	3,80 ± 0,422	5,40 ± 0,699	7,80 ± 0,422	13,60 ± 0,843	37,30 ± 1,143
Количество побегов (шт.)	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000	4,00 ± 1,155	23,60 ± 5,399

Примечание*: Проростки (p), ювенильные растения (j), имматурные растения (im), виргинильные растения (v), молодые генеративные (g₁) растения, средневозрастные генеративные (g₂) растения.

У пронумерованных особей шалфея блестящего высота растений, произрастающих на улице Эшпая, по сравнению с лаватерой трехмесячной, наоборот, была ниже, чем в поселке Руэм. Количество листьев на побегах было также меньше в городских посадках. Листья у шалфея, посаженного на ул. Эшпая были уже и короче, по сравнению с посадками пригородной зоны (табл. 2).

Таким образом, мы можем сделать вывод, что механизмы приспособления у изученных видов декоративных растений лаватеры трехмесячной и шалфея блестящего были различны между собой. Особи лаватеры трехмесячной в процессе онтогенеза оказались более устойчивы к изменяющимся условиям городской среды и довольно комфортно себя чувствовали в изменяющихся условиях. Шалфей блестящий как вид можно использовать в качестве индикатора загрязнения окружающей среды, так как его биометрические показатели были различны в городской среде и пригородной зоне. Данный вид декоративных растений чувствовал себя хуже в городской среде, рост растений был ниже, как и количество листьев на побеге, а листовая пластинка была узкая и короткая, поэтому данный вид декоративных растений лучше высаживать в рекреационных зонах.

Таблица 2

Средние значения морфометрических параметров шалфея блестящего (*Salvia splendens* S. Ex N.)

	<i>p</i>	<i>j</i>	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g1</i>	<i>g2</i>
ул. Якова Эшпая (селитебная зона)						
Высота растения (см)	3,19 ± 0,743	5,90 ± 0,942	9,40 ± 2,925	25,59 ± 4,097	58,57 ± 5,011	69,72 ± 2,129
Длина 3 листа (см)	–	1,72 ± 0,225	6,06 ± 2,051	8,51 ± 0,717	8,73 ± 0,510	8,74 ± 0,472
Ширина 3 листа (см)	–	0,86 ± 0,151	2,34 ± 0,433	4,50 ± 0,489	4,60 ± 0,525	4,60 ± 0,542
Длина 5 листа (см)	–	–	5,33 ± 1,771	8,23 ± 0,646	8,43 ± 0,506	8,47 ± 0,474
Ширина 5 листа (см)	–	–	1,87 ± 0,334	4,20 ± 0,439	4,38 ± 0,418	4,42 ± 0,349
Количество бутонов (шт.)	–	–	–	–	1,10 ± 0,738	3,10 ± 2,514
Количество цветков (шт.)	–	–	–	–	0,20 ± 0,422	1,60 ± 1,349
Количество листьев (шт.)	2,00 ± 0,000	4,9 ± 0,876	9,00 ± 1,491	16,00 ± 2,667	21,40 ± 1,578	31,70 ± 8,744
Количество побегов (шт.)	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000	1,80 ± 1,932	5,10 ± 2,846	11,20 ± 3,938
п. Руэм учебно-опытное поле (пригородная зона, пригородная зона, условно чистый район, контроль)						
Высота растения (см)	3,37 ± 0,492	5,93 ± 1,048	16,03 ± 4,587	49,18 ± 3,288	69,53 ± 2,204	74,61 ± 2,618
Длина 3 листа (см)	–	1,80 ± 0,306	7,96 ± 0,903	11,74 ± 0,389	11,90 ± 0,353	11,91 ± 0,348
Ширина 3 листа (см)	–	0,89 ± 0,202	2,76 ± 0,272	5,42 ± 0,249	5,52 ± 0,244	5,53 ± 0,241
Длина 5 листа (см)	–	–	7,20 ± 0,759	11,49 ± 0,420	11,66 ± 0,353	11,72 ± 0,379
Ширина 5 листа (см)	–	–	2,38 ± 0,289	5,23 ± 0,283	5,31 ± 0,260	5,36 ± 0,279
Количество бутонов (шт.)	–	–	–	–	3,70 ± 1,703	7,80 ± 7,131
Количество цветков (шт.)	–	–	–	–	0,40 ± 0,516	6,60 ± 3,471
Количество листьев (шт.)	2,00 ± 0,000	5,00 ± 0,943	11,00 ± 1,333	19,70 ± 0,823	23,80 ± 0,789	56,00 ± 1,718
Количество побегов (шт.)	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000	3,20 ± 3,584	9,20 ± 4,686	26,00 ± 1,158

Примечание*: Проростки (*p*), ювенильные растения (*j*), имматурные растения (*im*), виргинильные растения (*v*), молодые генеративные (*g1*) растения, средневозрастные генеративные (*g2*) растения.

Авторы благодарят доцента кафедры экологии Института естественных наук и фармации МарГУ О. А. Ягдарову за предоставленный материал для исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экологическая оценка городской среды. Йошкар-Ола, 2013. С. 6–18.
2. Ягдарова О. А., Воскресенская О. Л. Морфофизиологические аспекты онтогенеза однолетних декоративных растений в условиях городской среды. Йошкар-Ола, 2014. С. 207.
3. Смолин Н. В., Потапова Н. В., Волгин В. В., Засимова А. А., Кузнецов А. В. Действие регуляторов роста и минеральных удобрений на семенную продуктивность и декоративные качества циннии // Аграрный научный журнал. 2021. № 1. С. 38–42.

Наилучшие технологии как основа охраны атмосферного воздуха

Рассказов А. А., студ.

Науч. рук. – Агапов Д. А., канд. пед. наук, доц.

Саратовская государственная юридическая академия, г. Саратов
alexandr.r.01@mail.ru

Атмосферный воздух представляет собой компонент окружающей среды, который обеспечивает нормальное функционирование всех живых организмов. Закон определяет атмосферный воздух как жизненно важный компонент окружающей среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений [1]. Нарушения в сфере охраны атмосферного воздуха представляются одними из наиболее опасных, поскольку влекут за собой комплекс негативных последствий. Так, по оценке, проведенной еще в 1990 году профильными специалистами, только один угольный отвал наносил ущерб на 40 тыс. рублей, что в пересчете на сегодняшний день составляет без малого 2 млн рублей [2]. Также следует отметить, что выбросы в атмосферный воздух отличаются сложностью их выявления. Как правило, органолептический метод является недостаточным и требуется привлечение специалистов и экспертов в этой сфере. Об этом свидетельствует тот факт, что возбуждение уголовного дела или дела об административном правонарушении в сфере охраны атмосферного воздуха как по мнению ученых, так и на практике вызывает множество сложностей, связанных с формированием доказательной базы в каждом случае [3]. В свете вышесказанного представляется, что обеспечение надлежащей охраны атмосферного воздуха является одной из первоочередных задач законодателя на сегодняшний день.

Федеральное законодательство устанавливает общие принципы охраны окружающей среды. В число принципов входит следующий: обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в соответствии с нормативами в области охраны окружающей среды, которого можно достигнуть на основе использования наилучших доступных технологий с учетом экономических и социальных факторов [4]. Применительно к охране атмосферного воздуха данный принцип позволяет заключить, что всем субъектам экономической деятельности надлежит применять газоочистные установки, обеспечивающие снижение уровня негативного воздействия на окружающую среду. Однако современная экономическая деятельность в большинстве случаев регулируется подзаконными актами и профильными постановлениями министерств, ведомств и агентств, например, национальными стандартами РФ (далее – ГОСТ). Однако не все современные ГОСТы содержат требование об обязательности установки газоочистного оборудования. Например, ГОСТ «Установки котельные. Общие технические требования» устанавливает обязательность газоочистного оборудования только для котельных установок, работающих на твердом топливе, а также тех, при работе которых образуются зольные остатки [5]. Однако на практике суд зачастую обязывает устанавливать газоочистное оборудование несмотря на отсутствие данного требования в ГОСТе. Например, Арбитражный суд Дальневосточного округа указал, что предприниматели, осуществляя деятельность на имеющихся объектах негативного воздействия на окружающую среду обязаны принимать меры по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха, сокращению выбросов, в том числе посредством очистки и (или) обезвреживания выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух с использованием газоочистных установок. Отдельно указывается, что иное толкование закона влечет нарушение обозначенного в статье 3 Федерального закона «Об охране окружающей среды» принципа обеспечения снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в соответствии с нормативами в области охраны окружающей среды, которого можно достигнуть на основе использования наилучших доступных технологий с учетом экономических и социальных факторов [6]. Подобное применением норм-принципов судом, содержащихся в законе, является весьма распространенным. Однако для предпринимателей данный порядок представляется угрожающим их хозяйственной деятельности, поскольку отсутствуют точные критерии, когда необходимо применять газоочистные установки. Следовательно, необходимо сформировать единый подход судебной системы к рассмотрению данной категории споров.

На сегодняшний день существуют алгоритмы расчета потенциала негативного воздействия каждого объекта негативного воздействия на окружающую среду [7]. С учетом того, что объем выбросов установок, которые могут работать по ГОСТу без газоочистного оборудования, зачастую составляет подавляющее большинство источников негативного воздействия на окружающую среду, необходимо определить помимо конкретных установок, где их установка необязательна также и предельную их долю на предприятии. Данный подход позволит субъектам предпринимательской деятельности точно рассчитать объем затрат на газоочистное оборудование, а также значительно снизит уровень негативного воздействия на окружающую среду.

Таким образом, на сегодняшний день в России существуют многочисленные правила охраны атмосферного воздуха, которые содержат нормы, соответствующие принципам охраны окружающей среды, однако, как было сказано выше, не все нормы соответствуют данным основным началам. Также следует учитывать тот факт, что различные источники выбросов создают минимальный объем выбросов в окружающую среду на отдельном предприятии. При этом следует понимать, что особенностью охраны окружающей среды является необходимость комплексной оценки каждого фактора. Следовательно, если провести оценку степени негативного воздействия объектов, не оснащенных газоочисткой, например, на уровне субъекта РФ, то необходимость установки специального оборудования станет очевидной, значит, предложенное нововведение является необходимым условием надлежащей охраны атмосферного воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» // Собрание Законодательства РФ от 03.05.1999. № 18. ст. 2222. Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://pravo.gov.ru/> (ред. от 11.06.2021).
2. Черных О. В. Стоимостная оценка отрицательных социально-экономических последствия загрязнения атмосферного воздуха продуктами горения породных отвалов угольных шахт // Гигиена и санитария. 1990. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stoimostnaya-otsenka-otritsatelnyh-sotsialno-ekonomicheskikh-posledstviy-zagryazneniya-atmosferного-vozduha-produktami-goreniya> (дата обращения: 05.04.2023).
3. Ериова К. А. Вопросы применения административной и уголовной ответственности за загрязнение атмосферного воздуха (на примере Свердловской области) // Юридические исследования. 2019. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-primeneniya-administrativnoy-i-ugolovnoy-otvetstvennosti-za-zagryaznenie-atmosferного-vozduha-na-primere-sverdlovskoy-oblasti> (дата обращения: 05.04.2023).
4. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» // Собрание Законодательства РФ от 14.01.2002. № 2. ст. 133. Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://pravo.gov.ru/> (ред. от 14.07.2022)

5. Национальный стандарт РФ «Установки котельные. Общие технические требования. ГОСТ Р 55173-2012» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103141> (дата обращения: 06.04.2023).

6. Постановление Арбитражного суда Дальневосточного округа от 7 апреля 2022 г. по делу № А73-13657/2021 // Судакт судебные и нормативные акты РФ [сайт]. URL: https://sudact.ru/arbitral/doc/e5yOLdeMebbp/?arbitral-txt=&arbitral-case_doc=Ф03-755%2F2022&arbitral-lawchunkinfo=&arbitral-date_from=&arbitral-date_to=&arbitral-region=&arbitral-court=&arbitral-judge=&_id=1680768587380 (дата обращения: 06.04.2023).

7. Зильберман М. В., Черепанов М. В., Пичугин Е. А., Шенфельд Б. Е., Дьяков М. С. Оценка потенциала воздействия на компоненты природной среды выбросов загрязняющих веществ объектов негативного воздействия на окружающую среду // Экология урбанизированных территорий. 2021. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-potentsiala-vozdeystviya-na-komponenty-prirodnoy-sredy-vybrosov-zagryaznyayuschih-veschestv-obektov-negativnogo> (дата обращения: 06.04.2023).

Газоустойчивость и аккумуляционная способность березы повислой к сернистому ангидриду

Русских Е. А., Сабитова А. Н., Нишанов Т. И., студ. 2 курса

Науч. рук. – Сkochилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
russkikh_liza03@mail.ru

Возрастание уровня автотранспортного, антропогенного и техногенного загрязнения существенно влияет на окружающую среду. Поэтому городская растительность является хорошим индикатором загрязнения среды. К числу наиболее опасных и распространенных загрязнителей относятся газообразные серо-содержащие соединения [1]. Сернистый газ адсорбируется на поверхности растений и является причиной различных морфофизиологических повреждений. Растения способны усваивать газообразные токсиканты, накапливать их, выделять в неизменном виде, вовлекать в метаболизм веществ, тем самым снижая их концентрацию в окружающей среде.

Регулярно из атмосферного воздуха в живые организмы, в том числе и в растения, поступают токсичные вещества, негативно влияющие на их жизнедеятельность. Причиной попадания в атмосферу этих веществ служит работа автотранспорта и различная техническая деятельность. Растения не обладают системой адаптации к различным вредным веществам, поэтому при их накоплении в тканях происходит нарушение функционирования многих процессов, в особенности биосинтеза высокомолекулярных соединений [2, 3]. Однако именно зеленые растения являются наиболее точным индикатором определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Постоянное поглощение растениями вредных газов является одной из их главных функций – биоиндикация [4]. В связи с этим нами проведено исследование аккумуляционной способности и устойчивости к газообразным токсикантам березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в некоторых районах г. Йошкар-Ола.

Одним из наиболее широко используемых видов при озеленении городов является береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Из литературы известно, что *B. pendula* является негазоустойчивым видом [5]. Она не способна выносить постоянное загрязнение воздуха диоксидом серы.

Цель работы: изучить влияния сернистого ангидрида на содержание серы в листьях березы повислой, произрастающей на территории г. Йошкар-Олы. В задачи исследования входило: 1) определить количество сернистого ангидрида в атмосфере в разных районах города, 2) определить содержание серы в листьях березы повислой.

Объектом исследования являлась береза повислая (*Betula pendula* Roth.), как перспективный вид в озеленении городов. Жизненная форма *B. pendula*, как правило, одноствольное дерево [6]. По классификации жизненных форм Л. А. Жуковой с соавторами [7], береза повислая относится к прямостоячему, многоствольному (плейокормному) непартикулирующему (с единой корневой системой) дереву. Сбор материала осуществляли с 10 средневозрастных генеративных растений (g_2). С каждого дерева брали по 10 побегов, с каждого укороченного побега – по 10 листьев. Онтогенез березы повислой описан [8], согласно концепции дискретного описания онтогенеза.

В качестве районов исследования были выбраны 3 района: ООПТ лесопарк «Сосновая роща» (район 1 – условного контроля), частный сектор, перекресток ул. Комсомольской и ул. Некрасова (район 2 – слабого загрязнения), ул. Суворова (около завода ОАО «ММЗ») (район 3 – умеренного загрязнения). В атмосферном воздухе определяли сернистый ангидрид экспресс-методом с использованием газоанализатора Анкат 7654-01. Для определения серы в листьях растений использовали фотометрический метод [9]. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ «Statistica 6.0». В работе посчитано среднее арифметическое, ошибка среднего арифметического, сделано множественное сравнение и корреляционный анализ. Достоверность различий оценивали по распределению Стьюдента на доверительном уровне 95 %.

Одним из опасных загрязняющих газов в атмосферном воздухе является сернистый ангидрид. Особенно сернистый ангидрид является опасным соединением для растительных организмов. Из-за высокой гигроскопичности он быстро вступает в реакцию с водяным паром с образованием аэрозоля серной кислоты. На рисунке 1 показано содержание сернистого ангидрида в атмосферном воздухе. Предельно-допустимая концентрация сернистого газа для растений составляет $0,03 \text{ мг/м}^3$. Сравнивая количество сернистого ангидрида в атмосфере в изученных районах города с ПДК можно заключить, что в районе слабого загрязнения (2) и районе умеренного загрязнения (3) обнаружено превышение ПДК по сернистому ангидриду, в отличие от района условного контроля (1), где показатель был в пределах ПДК. Анализ содержания сернистого ангидрида в атмосферном воздухе показал, что его количество в воздухе в 1,7 раза выше в районе слабого загрязнения (2) и в 3,0 раза выше в районе умеренного загрязнения (3), по сравнению с районом условного контроля (1) ($P < 0,05$).

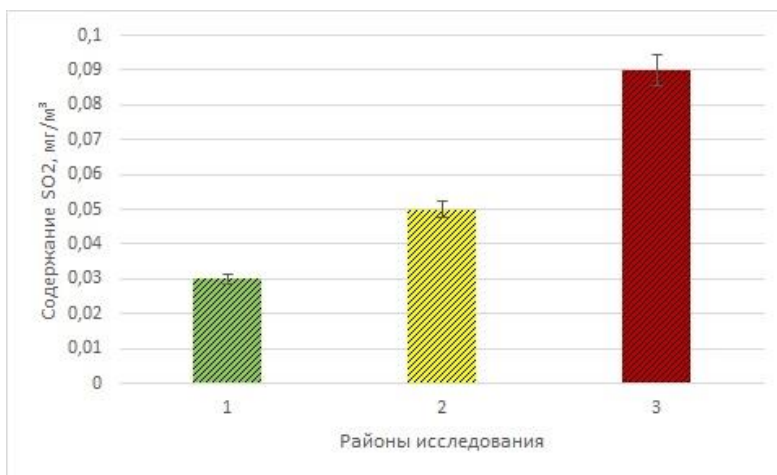


Рис. 1. Содержание сернистого ангидрида в атмосферном воздухе

Примечание: 1 – район условного контроля (ООПТ лесопарк «Сосновая роща»), 2 – район слабого загрязнения (частный сектор, перекресток ул. Комсомольской и ул. Некрасова), 3 – район умеренного загрязнения (ул. Суворова около завода ОАО «ММЗ»).

Однако в районе умеренного загрязнения (3) данный показатель был выше в 1,8 раза, чем в районе слабого загрязнения (2) ($P < 0,05$). Выявлено, что максимальная концентрация сернистого ангидрида в атмосферном воздухе была в районе умеренного загрязнения (3), и составила $0,09 \text{ мг/м}^3$. В районе слабого загрязнения (2) содержание загрязнителя составило $0,05 \text{ мг/м}^3$. Минимальная концентрация сернистого ангидрида обнаружена в районе условного контроля (1) – $0,03 \text{ мг/м}^3$.

Содержание серы в листьях березы повислой представлено на рисунке 2. Полученные результаты показали, что максимальное количество серы в листьях березы повислой выявлено в районе умеренного загрязнения (3) и составляет 0,112 %. В районе слабого загрязнения (2) содержание серы в листьях составило 0,078 %. Минимальное значение концентрации серы в листьях было обнаружено в районе условного контроля (1) – 0,029 %. Однако в районе умеренного загрязнения (3) эти показатели были выше, чем в районе слабого загрязнения (2) и районе условного контроля (1).

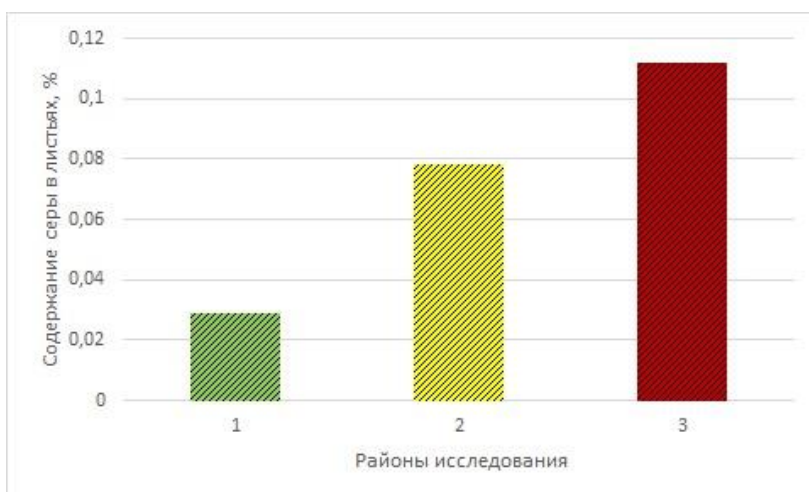


Рис. 2. Содержание серы в листьях березы повислой

Анализ содержания серы в листьях березы повислой показал, что ее содержание в листьях района слабого загрязнения (2) в 2,7 раза больше, чем в районе условного контроля (1). В районе умеренного загрязнения (3) содержание серы в 3,9 раза больше в сравнении с районом условного контроля (1). Содержание серы в листьях в районе умеренного загрязнения (3) в 1,4 раза больше, чем в районе слабого загрязнения (2).

Результаты множественных сравнений содержания серы в листьях березы повислой между районами исследования показали статистически значимую разницу (табл.).

Корреляционный анализ показал положительную зависимость между содержанием сернистого ангидрида в воздухе и содержанием серы в листьях ($r=0,93$, $P<0,05$).

Аналогичные исследования были проведены ранее [10], в которых было показано, что по мере увеличения концентрации сернистого ангидрида в атмосферном воздухе увеличивается количество серы и в листьях березы повислой.

Таблица

Результаты множественных сравнений содержания серы в листьях березы повислой (Крит. Шеффе)

Район	{1}	{2}	{3}
ООПТ лесопарк «Сосновая роща» {1}		0,023122	0,017716
перекресток ул. Комсомольской и ул. Некрасова {2}	0,023122		0,025645
ул. Суворова (около завода ОАО «ММЗ») {3}	0,017716	0,025645	

Таким образом, наибольшее количество сернистого ангидрида в атмосферном воздухе и серы в листьях обнаружено в районе умеренного загрязнения, а наименьшее – в районе условного контроля. Обнаружена положительная корреляция между содержанием сернистого газа в воздухе и содержанием серы в листьях. Следовательно, при увеличении сернистого газа в атмосфере увеличивалось содержание серы в листьях березы повислой. Наши исследования показали, что береза повислая является негазоустойчивым видом по отношению к сернистому ангидриду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисова Е. С. Аккумуляция растениями серосодержащих примесей атмосферы в условиях Западной Сибири // Омский научный вестник. 2009. № 1(84). С. 15–18.
2. Терещенко Т. В., Срослова Г. А., Постнова М. В., Зимина Ю. А., Срослов М. С. Влияние антропогенных факторов на состояние древесных растений г. Волгограда // Природные системы и ресурсы. 2021. Т. 11. № 1. С. 5–11.
3. Уразгильдин Р. В., Кулагин А. Ю. Техногенез и структурно-функциональные реакции древесных видов: повреждения, адаптации, стратегии. Часть 4. Влияние на жизненное состояние и выработку адаптивных стратегий древостоев // Биосфера. 2021. № 4. С. 209–211.
4. Мовсесова В. В., Блужина А. С., Бакуменко И. А. Экологическая оценка содержания сульфатов в воздушной среде г. Ставрополя методами биоиндикации // Наука. Инновации. Технологии. 2020. № 1. С. 141–149.
5. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 278 с.
6. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М.: Высш. шк., 1962. 378 с.
7. Жукова Л. А., Заугольнова, Л. Б., Мичурин В. Г. и др. Программа и методические подходы популяционного мониторинга у растений // Биол. науки. 1989. № 12. С. 65–75.
8. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники / А. А. Чистякова, Л. Б. Заугольнова, И. В. Полтинкина, И. С. Кутыгина, Н. Н. Лашинский; под ред. О. В. Смирновой. М.: «Прометей» МГПИ им. В. И. Ленина, 1989. Ч. 1. 102 с.
9. Федорова А. И., Никольская А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: ВЛАДОС, 2001. 288 с.
10. Сkochилова Е. А., Закамская Е. С. Изучение биохимических показателей *Betula pendula* Roth. в условиях городской среды // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15., № 3(2). С. 782–784.

Оценка качества воды нецентрализованного водоснабжения на территории СНТ «Дружба»

Саблина А. С., студ. 4 курса

Науч. рук. — Закамская Е. С., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
sablina.ania2018@yandex.ru

Введение

Актуальность темы исследования заключается в том, что на протяжении всей истории человечества с развитием общества интенсивно развивается хозяйственное использование природных ресурсов.

Подземные воды – это геологический объект, изучение которого методологически некорректно, а в некоторых случаях невозможно, в отрыве от изучения горных пород, геологических структур, строения

и истории развития земной коры, геологических процессов, происходящих в земной коре и мантии. Они также представляют собой водоем, который является частью единственной гидросферы на Земле.

Подземные воды являются весьма уязвимым природным ресурсом. Они менее подвержены загрязнению, чем поверхностные воды, но более сложным является оценка их состояния, что затрудняет выработку эффективных мероприятий по их охране. Для сохранения этого стратегического ресурса необходимо проведения целого комплекса мер охраны, имеющих своей целью предупреждение их загрязнения и истощения. С нашей точки зрения можно выделить два основных направления разработки таких мер. Это воспитательные, просветительские мероприятия и меры законодательного регулирования [1].

Одной из причин, вызывающих проблемы качественного состояния окружающей среды, устойчивого развития, рационального природопользования, является практически повсеместное использование разнообразных ядохимикатов и удобрений. Наиболее востребованными удобрениями являются азотные, фосфорные и калийные. Их использование может сопровождаться эвтрофикацией водоемов и ухудшением качества грунтовых вод, при этом в подземные воды могут попадать азот, фосфор, калий, ионы и др. [2].

Общее водопотребление в нашей стране приближается к 100 км³ в год. Подземные воды в этом балансе составляют примерно 1/3. Средний модуль эксплуатационных ресурсов подземных вод для территории нашей страны равен 0,76 л/сек/км² при его колебании от десятых долей до нескольких литров в секунду с квадратного километра площади. При этом общие ресурсы пресных подземных вод оцениваются в 350 км³ в год, из них практически используется примерно 7–8 % от этого количества. Следует также отметить, что в гумидных и предгорных областях условия водоснабжения за счет подземных вод сложились более благоприятные, чего нельзя сказать об аридных областях и районах развития многолетней мерзлоты. В основном за счет подземных вод обеспечивается водоснабжение городов с населением менее 100 тыс. человек. Крупные города с потребностью более 1–2 млн м³ в сутки снабжаются преимущественно поверхностными водами, но роль подземных вод как стабилизирующего запасного фактора сохраняется [3].

Для приведения качества воды нецентрализованного водоснабжения в соответствие с требованиями СанПиН 2.1.4.1175-02 необходимы правильное содержание и эксплуатация водозаборных сооружений, их регулярный ремонт, чистка, дезинфекция и промывка, содержание прилегающих к ним территорий в удовлетворительном санитарном состоянии, использование подземных вод из более защищенных водоносных горизонтов [4].

Охрана подземных вод – это система мер, направленных на предотвращение и ликвидацию загрязнения и истощения водных ресурсов; в то же время целью является сохранение качества и количества воды, позволяющего использовать их в национальной экономике. Основной целью охраны являются водоносные горизонты и водозабор, используемые для бытовых и питьевых целей.

Цель исследования – оценка качества подземных вод на территории СНТ «Дружба».

Методы исследования

В ходе работы были отобраны пробы воды на трех участках СНТ «Дружба», Республика Марий Эл, Медведевский район (рис. 1):

1. Скважина №17 СНТ «Дружба»
2. Водопровод на участке, 29-й квартал, участок 45
3. Индивидуальная скважина, 57-й квартал, участок 14.

Параметры качества подземных вод оценивались в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1075-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников».

Анализ проб воды выполнялись в территориальном центре «Маргеомониторинг».

Азот аммонийный, железо общее, нитриты, фосфаты, марганец, мутность определяли спектрофотометрическим методом, взвешенные вещества гравиметрическим методом, Рн-потенциометрическим методом, растворенный кислород, жесткость, перманганатная окисляемость и хлориды- методом титриметрии.

Материал обработан статистически. Рассчитывался средневзвешенный показатель, для установления зависимости содержания загрязняющих веществ от разных факторов использовался однофакторный дисперсионный анализ для малых выборок, проведены множественные сравнения.

Результаты исследования

Проведя анализ по органолептическим показателям можно дать первую оценку состояния качества воды. Так запах воды вызывают летучие пахнущие, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, при химическом воздействии содержащихся в воде компонентов, а также с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами.

После проведенного анализа проб воды на запах, мы получили следующие данные. Во всех отобранных пробах воды имелся запах 2 балла, чему соответствует очень слабый запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить на это его внимание.

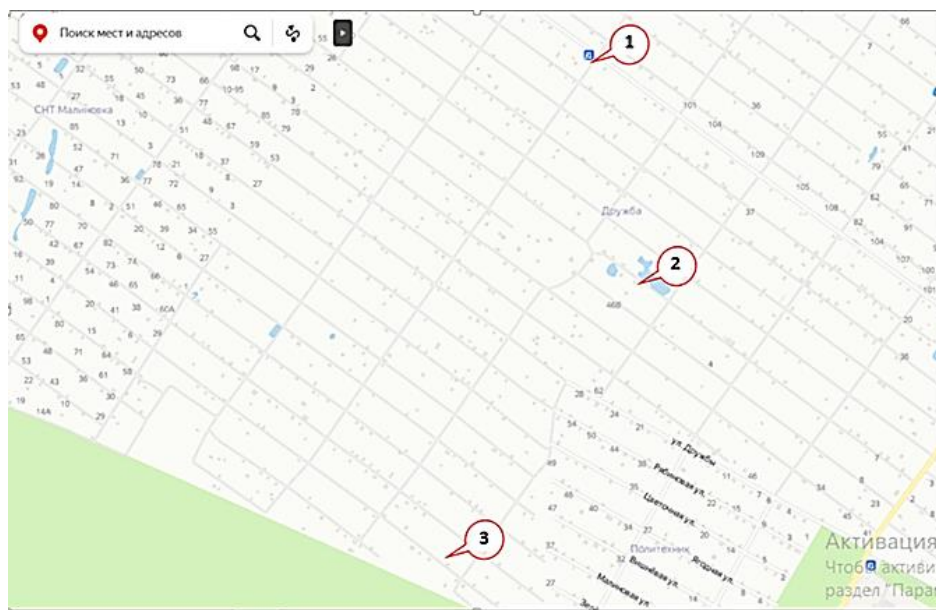


Рис. 1. Карта мест отбора проб

Результаты обобщенных и химических показателей качества воды в исследованных пробах представлены в таблице 1.

По мутности наблюдалось превышение на участке водопровод в 2,1 раз и составляет 5,4. Содержание на других участках находится в пределах нормы.

Таблица 1

Обобщенные и химические показатели качества воды

Пробы	Содержание веществ мг/л										
	Окис-ть	NH ₄	NO ₂	P	Cl ⁻	Fe _{общ}	Mn	Жесткость	Мутность	Раств. кис-д	Взв. в-ва
№1	0,04	0,291	0,08	0,02	20,18	0,05	0,02	3,64	2,42	6,03	0,16
№2	0,05	0,027	0,06	0,03	2,48	0,31	0,13	1,58	5,38	5,88	0,2
№3	0,05	0,003	0,06	0,02	6,06	0,08	0,01	2,34	2,002	7,42	0,18
ПДК	5,0 мг О ₂ /л	1,5 мг/дм ³	3,3 мг/дм ³	3,5 мг/дм ³	350 мг/дм ³	0,3 мг/дм ³	0,1 мг/дм ³	7,0 мг-экв./л	2,6	6 мг/дм ³	5,0

Примечание: № 1 Скважина №17 СНТ «Дружба»; № 2 Водопровод на участке, 29-й квартал, участок 45; № 3 Индивидуальная скважина, 57-й квартал, участок 14.

В выбранных нами пробах воды нецентрализованного водоснабжения на территории СНТ «Дружба» оценивались следующие обобщенные показатели: взвешенные вещества, жесткость, растворенный кислород, рН, перманганатная окисляемость.

По результатам анализа можно сказать, что по взвешенным веществам не наблюдались превышения ПДК во всех взятых пробах.

Содержание жесткости воды находится в пределах нормы на всех участках. Скважина № 17-3,64 мг/дм³; водопровод – 1,58 мг/дм³; индивидуальная скважина содержит – 2,34 мг/дм³;

По нормативу содержание растворенного кислорода не должно быть мене 6 мг/дм³. В скважине № 17 его содержание составляет 6,028 мг/дм³, в индивидуальной скважине – 7,42 мг/дм³, в водопроводной воде содержание растворенного кислорода ниже норматива – 5,88 мг/дм³.

Максимальное значение рН было на участке скважина № 17 СНТ «Дружба» и составляет 7,1; минимальное значение рН было на участке индивидуальная скважина, 57-й квартал, участок 14 и составляет 6,5.

Перманганатная окисляемость (0,04–0,06 мг О₂/л) находятся в пределах предельно допустимой концентрации на всех отобранных пробах.

В выбранных нами пробах воды нецентрализованного водоснабжения на территории СНТ «Дружба» оценивались следующие химические показатели: хлориды, аммонийный азот, нитриты, фосфор, железо, марганец.

Скважина №17 СНТ «Дружба». В данной пробе воды превышения по химическим показателям не наблюдались. Содержание хлоридов – 20,2 мг/дм³, нитритов – 0,08 мг/дм³, фосфор – 0,02 мг/дм³, аммонийный азот – 0,03 мг/дм³ железо – 0,04 мг/дм³, марганец – 0,03 мг/дм³.

Водопровод на участке, 29-й квартал, участок 45. Химические анализы воды выявили немного превышений от ПДК железа (0,31 мг/дм³) 1,02 раз и марганца (0,13 мг/дм³) в 1,31 раз. Все остальные показатели воды: хлориды (2,48 мг/дм³), нитриты (0,55 мг/дм³), аммонийные азот (0,03 мг/дм³) фосфора (0,03 мг/дм³).

Индивидуальная скважина, 57-й квартал, участок 14. В данной пробе воды по химическим показателям нет отклонений от ПДК. Содержание хлоридов – 6,06 мг/дм³, нитритов – 0,058 мг/дм³, фосфор – 0,24 мг/дм³, аммонийный азот – 0,02 мг/дм³ железо – 0,08 мг/дм³, марганец – 0,012 мг/дм³.

Гидрохимический индекс загрязнения варьировал от 0,21 до 0,52. По возрастанию этого критерия пробы воды располагались в следующем порядке: скважина № 17 → индивидуальная скважина → водопровод (рис. 2).

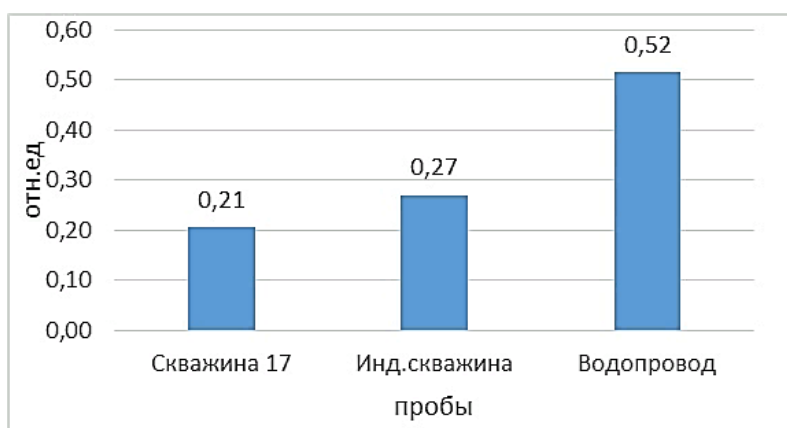


Рис. 2. Гидрохимический индекс загрязнения воды

Выводы:

1. Запах всех исследованных проб воды соответствует нормативным значениям. Мутность воды из скважин была в пределах нормы, в водопроводной воде наблюдалось превышение в 2,1 раза, что может быть связано с состоянием водопроводных сетей.

2. По общесанитарным показателям: водородному показателю, взвешенным веществам, жесткости, перманганатной окисляемости все исследованные пробы воды нецентрализованного водоснабжения на территории СНТ «Дружба» соответствуют нормативам. Содержание растворенного кислорода на 2% ниже нормы в водопроводной воде.

3. В пробах воды из скважин содержание хлоридов, фосфатов, нитритов, аммония, железа общего и магния находится в границах предельно допустимых концентраций. В пробах воды из водопровода имелось превышение по содержанию железа общего на 1 % и марганца – на 30 %.

4. Гидрохимический индекс загрязнения варьировал от 0,21 до 0,52. По возрастанию этого критерия пробы воды располагались в следующем порядке: скважина № 17 → индивидуальная скважина → водопровод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арустамов Э. А. Загрязнение подземных вод стало актуальной экологической проблемой // Вестник евразийской науки. 2019. №6. С. 89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zagryaznenie-podzemnyh-vod-stalo-aktualnoy-ekologicheskoy-problemy> (дата обращения: 11.03.2023).

2. Мусин Р. Х., Нуриев И. С. Влияние сельскохозяйственных удобрений на качество грунтовых вод // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2009. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-selskohozyaystvennyh-udobreniy-na-kachestvo-gruntovyh-vod> (дата обращения: 12.03.2023).

3. Кирюхин В. А., Норова Л. П. Экологическая роль подземных вод в жизни планеты // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. 2011. №2 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-rol-podzemnyh-vod-v-zhizni-planety> (дата обращения: 11.12.2022).

4. Жигаев Д. С., Трунова И. Е. О качестве воды нецентрализованного водоснабжения в Приморском крае в 2009 году // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2010. №1–2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-kachestve-vody-netsentralizovannogo-vodosnabzheniya-v-primorskom-krae-v-2009-godu> (дата обращения: 20.01.2023).

Геймификация как современный инструмент формирования экологической культуры молодежи

Сарбаев Д. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Сарбаева Е. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
dsarbnname@gmail.com

В настоящее время геймификация становится одним из самых ярких явлений общества, идея игры радикально определяет наш повседневный опыт – от отдыха до обучения. Сегодня геймифицировать можно любой процесс, добавив элемент случайности, выигрышные очки или рейтинговую шкалу. Игровые механики представляют собой различные специфические модели поведения и механизмы контроля, которые в совокупности помогают создать увлекательный пользовательский опыт. Природа этого опыта заключается преимущественно в мотивации, создающей определенную игровую динамику. Если обычная ежедневная игра может довольно быстро надоесть, то в случае, если игроки начнут фиксировать и анализировать свои достижения, то их опыт станет интереснее и глубже. Собирая статистику, игроки неосознанно ставят перед собой новые задачи, формируя новый уровень мотивации для продолжения игры и достижения новых целей.

Геймификация все чаще рассматривается как метод формирования «нового» типа поведения потребителя [1]. Так, А. В. Макеева указывает, что организации, уже имеющие опыт реализации геймификационных проектов, отмечают, что игровые элементы и методики успешно позволяют как модифицировать, так и формировать новые установки. Особенно активно геймификация используется в социально-ориентированных и экологических маркетинговых программах. Например, Recyclebank использует систему очков за «ежедневные экологические действия», отмечая меньшее количество потребляемой воды, покупку биопродуктов, эффективное использование электрической энергии, отказ от поездки на работу на машине в пользу велосипеда, пользователи получают дополнительные очки, могут делиться экологической информацией на сайте, а также через социальные сети и мобильные приложения. Существует схожая программа экологической направленности по сбору и сортировке бутылок – «The Bottle Bank Arcade» (игра с аркадным автоматом по сбору использованных стеклянных бутылок). Она используется не только для формирования новых форм экологического поведения, но и выступает эффективным маркетинговым инструментом продвижения автомобилей с энергосберегающими двигателями. Автомобильная компания Nissan с помощью мобильного приложения Carwings превращает вождение в игру. Владельцы могут сравнивать свои водительские качества с другими водителями, видеть свой статус, зарабатывать бронзовые, серебряные и золотые медали, тем самым поощряя их к более энергосбережению [2].

Следует отметить, что данное направление применения геймификации является одним из самых перспективных, так как позволяет формировать новые установки поведения не только потребителей, но и сотрудников организаций, обучающихся различных учреждений, применяться в других сферах. Однако для успешной реализации геймификации в данном направлении необходимо обеспечение трех важнейших факторов: наличия мотивации как у организаторов, так и у участников; обеспечение возможности для реализации нового, экологизированного поведения; подбора адекватных мотивационным установкам участников и задачам геймификации стимулов.

К основным принципам геймификации в области экологии относятся следующие [3]:

- 1) разработка устойчивой схемы развития навыка как ступени реализации от простого игрового механизма к сложному поведению, включение соревнования в масштабное мероприятие по формированию экологической компетенции;
- 2) формирование непрерывной обратной связи для мотивации к дальнейшим шагам в сторону экологизации повседневности (мотивация на успешное прохождение заданий, получение обратной связи, способность рефлексировать действия, оказывающие влияние на формирование экологического мышления и поведения);
- 3) принцип открытости, честности и ответственности, позволяющий развивать и внедрять экологическое поведение;
- 4) принцип «действие через сообщество» – организация сообщества единомышленников, которые работают над теми же целями и оказывают значительное влияние;
- 5) принцип коллективного достижения успеха и его распространение на социальные группы – поощрение становится также стимулом к дальнейшему экологическому поведению.

Экологические игры все сильнее проникают в нашу жизнь. Как правило, эко-игры выполнены в жанре стратегий, симуляторов и адвенчур. В 2019 году число геймеров во всем мире составило 2,55 млрд, в 2020 году –

2,69 млрд. К концу 2023 года прогнозируется рост количества поклонников видеоигр до 3 млрд. Игры становятся ключевым инструментом коммуникации в гейм-сообществе, с их помощью не просто растет осведомленность о загрязнении окружающей среды – возможности современных видеоигр также позволяют продемонстрировать игрокам все плюсы экологичного образа жизни и побуждают их менять мир.

Основной тренд развития глобального рынка игр в последние годы – это растущая популярность мобильного гейминга. Игры для смартфонов и планшетов – самый быстроразвивающийся сегмент на этом рынке, в том числе это касается и эко-видеоигр (рис. 1). Наши расчеты показали, что около 90% пользователей выбирают мобильные экоигры. Они нацелены как на совсем юную аудиторию («Зеленый патруль», «Очистим планету», «Экосити», «Экогид», «Экоферма», «Школьный эко-патруль» и др.), так и на ребят по старше («Eco Inc», «Спасти планету Земля», «Green the planet», «Ecolabel Guide», «EcoHub» и т.п.).

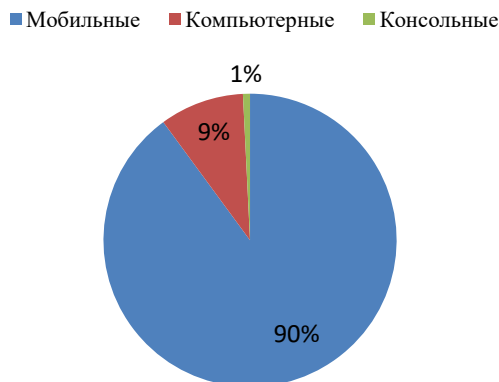


Рис. 1. Распределение сегментов рынка эко-видеоигр

Особой популярностью пользуются симуляторы и стратегии. Так, каждый из игр «ЭкоКликер: спасти планету», «Спасти планету Земля ЭКО ins», «Мусорный магнат» (рис. 2) в Google Play имеют более 1 млн. скачиваний, что свидетельствует о высокой востребованности такого рода приложений на рынке мобильных игр.

В экологических видеоиграх все явления и события, происходящие на экране, взаимосвязаны и моделируют взаимозависимость природных процессов, а понимание сути проблем, умение управлять ситуацией в зависимости от сочетания различных факторов способствуют экологическому воспитанию и образованию детей, начиная с раннего возраста. Существующие сегодня многочисленные варианты применения компьютерных игр образовательной практике позволяют превратить любые занятия по экологическому воспитанию в увлекательное занятие. Наглядность игр, возможность смоделировать ту или иную ситуацию позволяют привлечь внимание, пробудить детей интерес к познанию окружающего мира, заставляет задуматься о влиянии человека на окружающую среду [5].



Рис. 2. Наиболее популярные экоигры в Google Play

Таким образом, геймификация помогает развивать внутреннюю мотивацию при формировании экологической культуры, изначально используя очевидные и понятные инструменты наград и обратной связи.

Выполняя задания в игре, пользователь отслеживает конвертацию своей эффективности в элементы поощрения, но успешно спроектированная система работает таким образом, что со временем внешнее поощрение отходит на задний план: пользователь постепенно начинает чувствовать себя автономным, причастным к сообществу и, самое главное, компетентным в экологической сфере. Таким образом, геймификация стремится к тому, чтобы посредством внешней мотивации усилить внутреннюю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркеева А. В. Геймификация в бизнесе: проблемы использования и перспективы развития // *Лидерство и менеджмент*. 2015. Т. 2. № 3. С. 169–190.
2. Kim B. Gamification Examples, Definitions, and Related Concepts // *The Current and Evolving Landscape of Bibliometric Tools and Technologies*. Vol. 58. № 8. 2022. P. 10–18.
3. Тернер Е. Ю., Никитина Т. Н. Формирование устойчивого поведения молодежи в области экологии методом геймификации в обучении // *Современные проблемы науки и образования*. 2022. № 6–1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32258> (дата обращения: 21.03.2023).
4. Забота о природе с помощью эко-игр: список самых популярных стратегий и симуляторов // *Экология России*. URL: <https://ecologyofrussia.ru/> (дата обращения: 21.03.2023).
5. Сабирянова Ю. Ю. Использование компьютерных игр в экологическом воспитании дошкольников // *Биоэкономика и экобиополитика*. 2016. № 1 (2). С. 121–124.

Сезонная динамика изменения активности пероксидазы и каталазы в побегах можжевельника казацкого в условиях урбанизированной среды

Сарбаева Е. В.

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола
sarbaevaev@mail.ru

В связи с важной ролью городских древесно-кустарниковых насаждений в обеспечении экосистемных функций урбофитоценозов, все большее значение приобретает определение устойчивых к загрязнению видов и механизмов их адаптации к городской среде. Значительную роль в ответных реакциях на негативные воздействия играют окислительные процессы, протекающие в живых организмах, в частности, свободнорадикальные реакции, связанные с участием кислородных радикалов. Активные формы кислорода (как свободные радикалы, так и нерадикальные молекулы) являются ключевыми компонентами сети сигнальных путей и действуют как основные регуляторы клеточных ответов на факторы окружающей среды. Их накопление вызывает окислительный стресс и окислительное повреждение белков, ДНК и липидов. Перекись водорода – важная относительно стабильная нерадикальная реактивная форма кислорода, усиленная выработка которой у растений провоцируется стрессовыми факторами. В детоксикации перекиси водорода важную роль играют каталаза (в пероксисомах) и различные пероксидазы, которые присутствуют во многих компартментах растительной клетки. Эти ферменты способны осуществлять функции активаторов кислорода на заключительном этапе дыхания. Наличие нескольких ферментов, выполняющих одну и ту же каталитическую функцию, – весьма ценное свойство, расширяющее адаптационные возможности организма и обеспечивающее тончайшую самонастройку метаболизма в ходе онтогенеза, что имеет особую важность для растений в обеспечении быстрой приспособленности к постоянно меняющимся условиям внешней среды [1].

Чувствительность ферментов растений к изменению различных факторов среды и загрязнению воздуха показана в работах многих отечественных и зарубежных исследователей [2–4]. Показано, что наиболее выраженное изменение активности ферментов под влиянием различных факторов окружающей среды происходит в начале вегетационного периода, так как не достигшие зрелости листья наиболее уязвимы и подвержены внешнему воздействию поллютантов. В то же время эти сведения приводятся преимущественно для листовых древесных растений, у хвойных исследований динамики ферментативной активности вегетативных органов немногочисленны. Так как железосодержащие ферменты весьма чувствительны к воздействию на растения неблагоприятных факторов среды, то целью исследования стало изучение сезонной динамики активности пероксидазы и каталазы в побегах можжевельника казацкого, произрастающего в разных функциональных зонах г. Йошкар-Олы.

Объектом исследований служили особи хвойного кустарника *Juniperus sabina* L., произрастающие в разных районах г. Йошкар-Олы: рекреационная зона (территория ЦПКиО им. 30-летия ВЛКСМ); селитебная зона (ул. Рябинина) и промышленная зона (ул. К.Маркса). Активность каталазы оценивали по А. Н. Баху и А. И. Опарину на основании измерения количества оставшегося неразложившимся пероксида водорода, оттитрованным раствором перманганата калия в кислой среде [5]. Определение активности фермента пероксидазы проводилось фотоэлектрокалориметрическим методом с бензидином при длине волны

670 нм [6]. Экспериментальные данные были обработаны статистически методом двухфакторного дисперсионного анализа с помощью компьютерной программы «STATISTICA 5.5».

Активность каталазы – один из показателей потенциальной биологической активности, обезвреживающей функции фермента по отношению к токсичным перекисным соединениям, образующимся в клетках при воздействии негативных факторов среды. Изучение сезонной динамики активности данного фермента у *J. sabina* показало, что максимальные значения были отмечены у растений рекреационной зоны г.Йошкар-Олы в летний период – 3,9 мкмоль $O_2/г \times мин$ (рис. 1). Как весной, так и осенью активность каталазы была статистически значимо ниже (на 17 и 12% соответственно). В селитебной и промышленной зоне тенденция в изменении активности каталазы была аналогичной: в июле отмечен максимум активности данного фермента, а в мае и ноябре наблюдалось некоторое понижение исследуемого показателя, однако эти изменения у растений в промышленном районе не имели статистически значимых различий. Кроме того, установлено, что наиболее значимым в изменении активности фермента был фактор «местообитание» (вклад в изменчивость признака 89%). Так, у растений промышленной зоны активность фермента варьировала в разные сезоны от 1,31 до 1,46 мкмоль $O_2/г \times мин$, то есть была в 2,3–2,7 раз ниже, чем у *J. sabina* в рекреационной зоне. По-видимому, особое воздействие в данном районе оказывает близость посадок к автодороге и промышленным предприятиям – источникам загрязнения окружающей среды. Известно [2–3, 6], что каталаза весьма чувствительна к загрязнению окружающей среды, которое может привести к окислительному повреждению фермента и его инактивации. Растения в селитебном районе города произрастали так же вблизи проезжей части, но здесь отсутствовало воздействие промышленных объектов. По-видимому, это вызвало лишь незначительное понижение активности каталазы (до 2,30–2,62 мкмоль $O_2/г \times мин$).

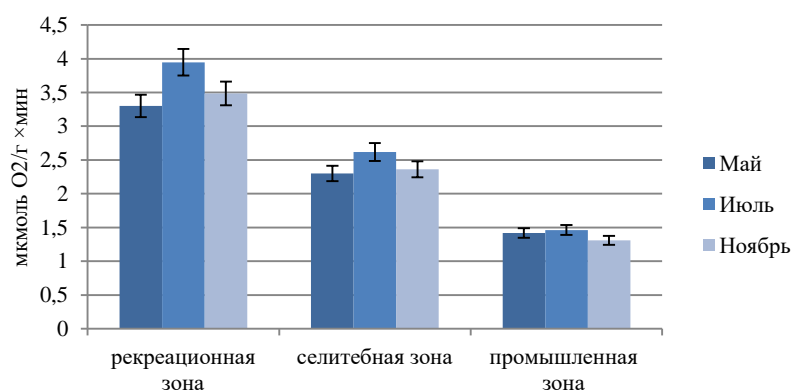


Рис. 1. Изменение активности каталазы в побегах можжевельника казацкого в сезонной динамике

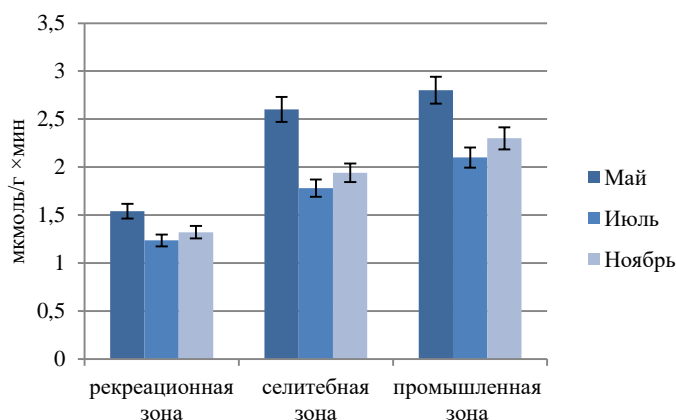


Рис. 2. Изменение активности пероксидазы в побегах можжевельника казацкого в сезонной динамике

В связи с тем, что зеленые насаждения в городах испытывают постоянное негативное воздействие выхлопных газов автомобилей, содержащих CO_2 , SO_2 , NO_2 (так называемых «кислых газов»), в растениях инициируется возникновение свободно радикальных цепных реакций окисления и образование органических перекисей [7]. Образование и накопление последних, по-видимому, обуславливает субстратную активацию пероксидазы, которая при каталитическом действии может использовать органические перекиси

в качестве источника активного кислорода. В наших исследованиях максимальная активность пероксидазы отмечена в вегетативных органах растений промышленной зоны – весной она достигала 2,8 мкмоль/г × мин. В летний период, по сравнению с маем, отмечено снижение активности фермента на 22%, а в осенний – на 16%. Высокая ферментативная активность в весенний период отмечена у растений всех районов исследования, что может быть вызвано более интенсивными ростовыми процессами, обуславливающими большое количество субстратов для пероксидазы. Двухфакторный дисперсионный анализ позволил выявить, что именно весной наиболее выражена разница в показателях между растениями разных районов исследования. В то же время в июле и ноябре у растений всех исследованных районов не было статистически значимых различий по активности исследуемого фермента.

Изменение активности железосодержащих оксидаз (пероксидазы и каталазы) в сезонной динамике способствует адаптационным процессам *J. sabina* к неблагоприятным факторам среды. В течение всего вегетационного периода растения пытаются противостоять им за счет активации пероксидазы, но к концу вегетационного периода активность каталазы оказывается пониженной, особенно у растений промышленной зоны города. Активность пероксидазы при этом была минимальна в летний период, а к осени, когда каталаза ингибируется и престает выполнять защитные функции, роль пероксидазы в снижении окислительного стресса возрастает – данный механизм может расширять адаптивные возможности *J. sabina* и позволяет успешно противостоять негативным факторам урбанизированной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Sofo A., Scopa A., Nuzzaci M., Vitti A.* Ascorbate Peroxidase and Catalase Activities and Their Genetic Regulation in Plants Subjected to Drought and Salinity Stresses. *Int J Mol Sci.* 2015 Jun 12;16(6):13561–78. doi: 10.3390/ijms160613561.
2. *Николаевский Т. В.* Эколого-физиологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1998. 64 с.
3. *Воскресенская О. Л., Сарбаева Е. В.* Эколого-физиологические адаптации туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в городских условиях. Йошкар-Ола. 2006. 130 с.
4. *Bansal P., Verma S., Srivastava A.* Biomonitoring of air pollution using antioxidative enzyme system in two genera of family Pottiaceae (Bryophyta). *Environ Pollut.* 2016. Sep; 216:512–518. doi: 10.1016/j.envpol.2016.06.003.
5. Методы эколого-биологических исследований: учебно-методическое пособие / Мар. гос. ун-т; О. Л. Воскресенская, Е. А. Алябышева, Е. В. Сарбаева, В. С. Воскресенский. Йошкар-Ола, 2018. 128 с.
6. *Жакова С. Н., Пименова Е. В., Лихачев С. В.* Экологические методы диагностики жизнеспособности древесных растений: практикум. Пермь. 2020. 54 с.
7. *Андреева В. А.* Фермент пероксидаза: участие в защитном механизме растений. М.: Наука, 1988. 359 с.

Содержание радионуклидов в листьях травянистых растений, произрастающих в разных условиях

Скулкина Е. А., Дрангой А. В., Скулкина О. А.

Науч. рук. – Воскресенская О. Л., д-р биол. наук, проф.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
e-skulkina5@mail.ru

На сегодняшний день особое значение имеет рассмотрение целого ряда вопросов, которые связаны с влиянием ионизирующих излучений на окружающую среду и живые организмы, а также изучение деятельности человека, приводящей к загрязнению биосферы радиоактивными веществами.

Целью работы являлось определение содержания естественного (^{40}K) и искусственных радионуклидов (^{90}Sr и ^{137}Cs) в листьях растений, произрастающих на территориях Республики Марий Эл (г. Йошкар-Ола и пгт. Советский) и Нижегородской области (п. Шаранга).

Объектами исследования являлись: крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) и пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.). Для исследования содержания радионуклидов в листьях изучаемых видов были выбраны зоны с разной степенью нагрузки на окружающую среду: рекреационная зона – ул. Свердлова (г. Йошкар-Ола), ул. Свободы (пгт. Советский) и ул. Садовая (п. Шаранга); производственная зона – ул. Суворова (г. Йошкар-Ола), ул. Зеленая (пгт. Советский) и ул. Свободы (п. Шаранга). Исследования проводились летом 2022 года.

Определение содержания ^{40}K , ^{90}Sr и ^{137}Cs проводили на гамма-бета-спектрометре МКС-1315, с программным обеспечением «SPTR». Полученные результаты были обработаны статистически в программах Microsoft Excel и «STATISTICA 6.0» [1].

Калий-40 – природный радионуклид, который легко мигрирует по пищевой цепи [2]. Период полураспада ^{40}K составляет $1,32 \cdot 10^9$ лет. Радионуклид является бета- и гамма-источником облучения биоты [3].

При изучении ^{40}K в листьях исследуемых видов было получено, что наибольшее количество радионуклида содержалось в растениях, собранных в производственных зонах рассматриваемых районов (рис.1). Высокое содержание калия-40 наблюдалось в пижме обыкновенной, произрастающей в производственной зоне п. Шаранга, и равнялось 182,4 Бк/кг, что на 29,36% больше, чем в г. Йошкар-Ола. Минимальное количество ^{40}K было обнаружено в *Tanacetum vulgare* L., собранной в производственной зоне пгт. Советский. Его показатель здесь был в 1,6 раз меньше, чем в п. Шаранга, и составлял 116,9 Бк/кг. В рекреационных зонах исследуемых районов количество ^{40}K было существенно ниже. Наибольшее содержание калия-40 наблюдалось в пижме обыкновенной, собранной в рекреационной зоне п. Шаранга, и в 1,7 раз превышало его значение в этой же зоне г. Йошкар-Олы, где количество данного радионуклида было минимальным.

Исследование крапивы двудомной показало, что максимальное содержание ^{40}K в ней было обнаружено в производственной зоне г. Йошкар-Олы и равнялось 176,3 Бк/кг, что на 7,96 % выше, чем в п. Шаранга. Содержание радионуклида в крапиве двудомной, произрастающей в производственной зоне пгт. Советский, было на 21,75% ниже, чем в г. Йошкар-Оле, и равнялось 144,8 Бк/кг. В рекреационной зоне максимальное количество ^{40}K наблюдалось в *Urtica dioica* L., собранной на территории п. Шаранга. В пгт. Советский содержание калия-40 в листьях исследуемого растения было на 43,29 % ниже и составляло 106,5 Бк/кг. Минимальное количество ^{40}K в этой было обнаружено в крапиве двудомной г. Йошкар-Олы и равнялось 98,3 Бк/кг, что в 1,6 раза меньше, чем в п. Шаранга.

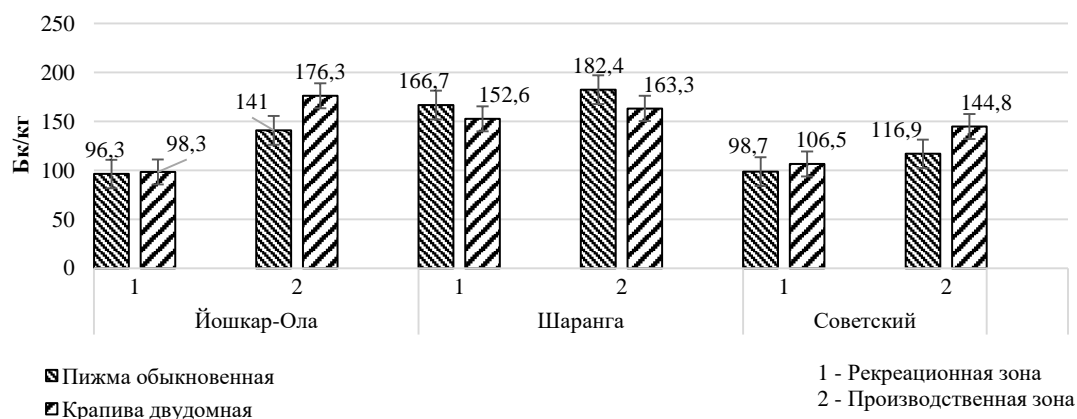


Рис. 1. Содержание К-40 в исследуемых растениях

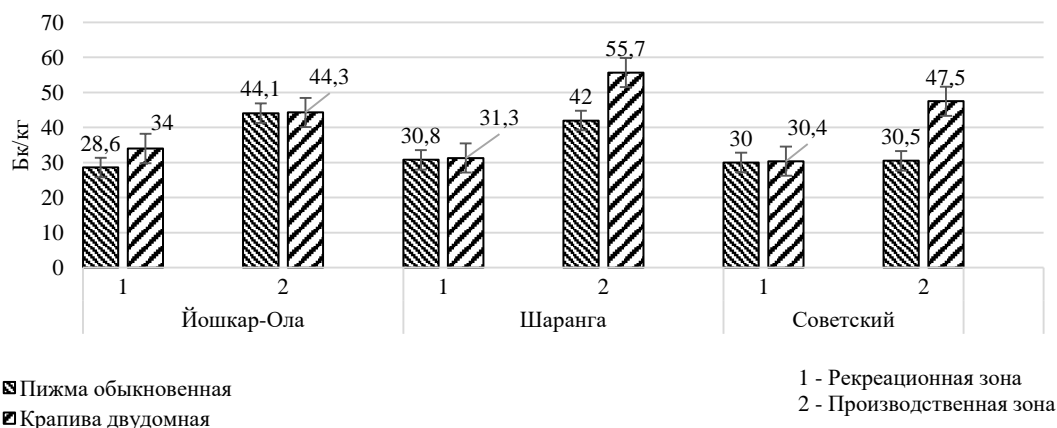


Рис. 2. Содержание Sr-90 в исследуемых растениях

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что содержание ^{40}K в листьях изучаемых видов зависит от зоны ($p < 0,001$) и района исследования ($p < 0,001$).

Стронций-90 относится к радионуклидам техногенного происхождения. Период полураспада радионуклида составляет 29 лет [4]. Основным источником ^{90}Sr выступают испытания ядерного оружия и аварии на предприятиях топливно-ядерного цикла. В растения стронций-90 может поступать через наземные органы или поглощением корневой системой из почвы вместе с элементами питания [5].

При сравнении исследуемых видов было получено, что высокое содержание ^{90}Sr наблюдалось в листьях крапивы двудомной (рис.2). Следует сказать, что наибольшее количество этого радионуклида было

зарегистрировано в производственной зоне. Максимальный показатель ^{90}Sr отмечался в *Urtica dioica* L., собранной в этой зоне п. Шаранга, и равнялся 55,7 Бк/кг, что на 17,26% превышало его содержание в пгт. Советский. Наименьшее количество ^{90}Sr наблюдалось в крапиве двудомной, произрастающей в г. Йошкар-Оле, и было на 25,73% меньше, чем в п. Шаранга. Что касается рекреационной зоны, то высокое содержание стронция-90 было обнаружено в *Urtica dioica* L., собранной в г. Йошкар-Оле, и равнялось 34 Бк/кг. Минимальное количество этого радионуклида наблюдалось в крапиве двудомной пгт. Советский. Содержание ^{90}Sr здесь составляло 30,4 Бк/кг, что на 11,84% меньше, чем в г. Йошкар-Оле.

По результатам исследования *Tanacetum vulgare* L. можно судить о том, что наибольшее количество ^{90}Sr отмечалось в листьях растений, которые были собраны в производственных зонах исследуемых районов (рис. 2). На основании данных можно построить ряд убывания по количеству стронция-90 в пижме обыкновенной: г. Йошкар-Ола → п. Шаранга → пгт. Советский. Следует отметить, что содержание ^{90}Sr в *Tanacetum vulgare* L. пгт. Советский было в 1,4 раза ниже, чем в городе. В рекреационной зоне максимальное количество стронция-90 наблюдалось в пижме обыкновенной п. Шаранга и было на 7,69% выше по сравнению с его значением в г. Йошкар-Оле, где содержание радионуклида было минимальным. Показатели ^{90}Sr в *Tanacetum vulgare* L., собранной в рекреационных зонах двух поселков, имели малозначительные отличия и равнялись 30–30,8 Бк/кг.

На основании двухфакторного дисперсионного анализа можно судить о том, что район ($p < 0,001$) и зона ($p < 0,001$) оказывают влияние на содержание ^{90}Sr в листьях исследуемых растений.

Цезий-137 – смешанный бета- и гамма- излучатель с периодом полураспада 30 лет [4]. Радионуклид образуется в процессе деления ядер атомов тяжелых элементов в ядерных реакторах [5]. Цезий-137 относится к группе радионуклидов, которые интенсивно поступают в растения и в большом количестве накапливаются в них [6].

Исследование показало, что максимальное содержание ^{137}Cs было обнаружено в растениях, произрастающих в производственных зонах изучаемых районов (рис. 3). Исследование листьев *Urtica dioica* L. показало, что наибольшее количество цезия-137 выявлено в производственной зоне г. Йошкар-Олы. Значение ^{137}Cs здесь на 4,74% превышало содержание данного радионуклида в этой же зоне пгт. Советский и равнялось 22,1 Бк/кг. Наименьшим количеством цезия-137 характеризовались образцы крапивы двудомной, собранные в производственной зоне п. Шаранга. Содержание радионуклида здесь было в 1,5 раз ниже, чем в городе. Подобная ситуация наблюдалась и в рекреационной зоне. Максимальное количество ^{137}Cs отмечалось в г. Йошкар-Оле и равнялось 15,7 Бк/кг. Минимальное содержание цезия-137 в *Urtica dioica* L. было обнаружено в п. Шаранга и составляло 12,6 Бк/кг, что на 24,6% ниже по сравнению с городом.

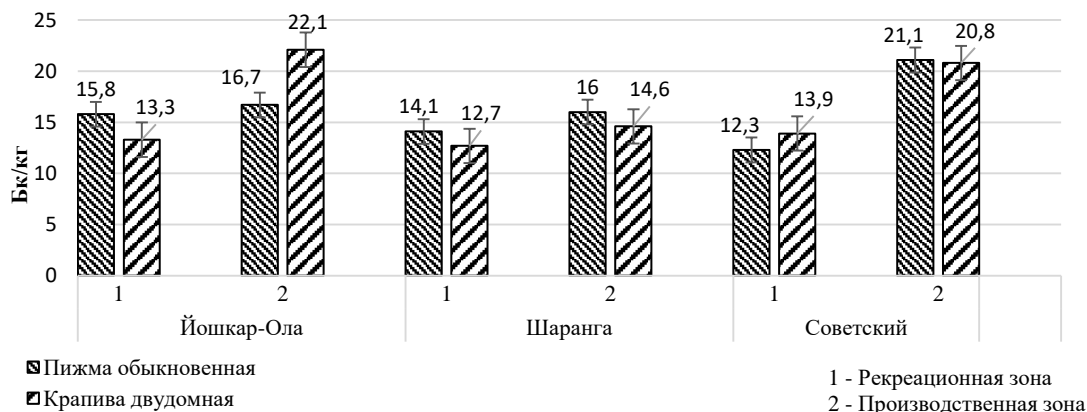


Рис. 3. Содержание Cs-137 в исследуемых растениях

При рассмотрении листьев пижмы обыкновенной было установлено, что наибольшие значения ^{137}Cs наблюдались в растениях пгт. Советский (рис. 3). Нужно подчеркнуть, что во всех изучаемых районах максимальное содержание данного радионуклида было выявлено в производственной зоне. Количество ^{137}Cs в растениях, произрастающих в этой зоне г. Йошкар-Олы, равнялось 16,7 Бк/кг, что в 1,2 раза меньше, чем в п. Советский, и в 1,3 больше, чем в п. Шаранга. Изучение рекреационной зоны показало, что наибольшее содержание ^{137}Cs было обнаружено в листьях *Tanacetum vulgare* L., собранных в п. Шаранга, а наименьшее в п. Советский. Разница между количеством радионуклида в растениях двух поселков составила 1,8 Бк/кг.

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа было получено, что такие факторы, как «район» ($p < 0,001$) и «зона» ($p < 0,001$), являются статистически значимыми.

Таким образом, содержание техногенных (^{137}Cs , ^{90}Sr) и естественных (^{40}K) радионуклидов было существенно выше в растениях, произрастающих в производственной зоне. При исследовании крапивы двудомной в этой зоне было обнаружено, что максимальным количеством калия-40 и цезия-137 характеризовались растения из г. Йошкар-Олы. Высокое содержание стронция-90 наблюдалось в листьях крапивы двудомной п. Шаранга. В листьях пижмы обыкновенной наибольшее количество ^{90}Sr было обнаружено в г. Йошкар-Оле. Содержание калия-40 в *Tanacetum vulgare* L. было выше в п. Шаранга, а накопление цезия-137 происходило в большей степени в этом растении пгт. Советский.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гурачевский В. Л., Леонович И. С., Хоровец И. Г.* Руководство по работе с приборами радиационного контроля. Минск: Институт радиологии, 2015. 108 с.
2. *Бекман И. Н.* Радиоэкология и экологическая радиохимия. М.: Издательство Юрайт, 2018. 409 с.
3. Радиационная медицина и экология : метод. рекомендации / А. Н. Стожаров [и др.]. Минск: БГМУ, 2007. 100 с.
4. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов / В. С. Калистратова, И. К. Беляев, Е. С. Жорова [и др.] / под ред. В. С. Калистратовой. М.: Изд-во ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. 2012. 464 с.
5. *Василенко И. Я., Василенко О. И.* Стронций радиоактивный // Энергия: экономика, техника, экология. 2002. № 4. С. 26–32.
6. *Воскресенская О. Л., Леухин А. В., Воскресенский В. С., Сазонов А. Р.* Накопление и распределение радионуклидов в органах туй западной, произрастающей в условиях городской среды // Вестник Марийского государственного университета. 2012. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nakoplenie-i-raspredelenie-radionuklidov-v-organah-tui-zapadnoy-proizrastayushey-v-usloviyah-gorodskoy-sredy> (дата обращения: 26.04.2023).

Роль акустических экранов в шумозащите в условиях города Йошкар-Олы

Скулкина О. А., Овчинникова Е. С., Скулкина Е. А.

Науч. рук. – Воскресенская О.Л., д-р биол. наук, проф.

*Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
o-skulkina@mail.ru*

В середине сентября 2022 года была запущена в тестовом режиме новая автомагистраль по ул. Кирова, которая связала промышленную зону города Йошкар-Олы и заречную часть для разгрузки автопотока от большегрузных автомобилей. К сожалению, автотранспорт, проходящий по новой магистрали, расположенной на территории ООПТ «Сосновая роща», создает повышенные уровни шума, что может негативно складываться на состоянии фауны. Во избежание критических уровней шума вдоль дороги были установлены шумозащитные экраны, которые являются новым элементом благоустройства для города.

Согласно ГОСТ Р 53187-2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий», шум в окружающей среде – это нежелательный или вредный наружный шум, создаваемый в результате деятельности человека, в том числе шум, излучаемый подвижными (средства дорожного, рельсового, авиационного транспорта) и стационарными (потоки автодорожного транспорта, промышленные предприятия, энергетические и пр. объекты) источниками шума [1].

Объектами исследований были новые акустические экраны, установленные на участке автодороги от Ленинского проспекта до ул. Луначарского, а также двурядные посадки тополя советского пирамидального (*Populus siewertica pyramidalis* Jabl.), расположенные на ул. Й. Кырли. Насаждения *P. siewertica pyramidalis* являются одними из самых эффективных видов для борьбы с повышенными уровнями шума на улицах города [2]. Нами были проведены замеры уровня шума (июнь и сентябрь) до и после акустических экранов, а так же древесных насаждений на различном расстоянии от источника шума (1 м перед экраном/деревьями, непосредственно перед экраном/деревьями, за экраном/деревьями, на 1 за экраном/деревьями, 2 м, 5 м и 10 м) на высоте 1,3 м и 2 м от уровня земли. Произведены расчеты по теоретической эффективности акустических экранов по формуле Маекавы (1969) [3], а результаты были соотнесены с реальными показаниями шумомера АТТ-9052. Также было проведено сравнение шумозащитных функций акустических экранов и зеленых насаждений. Кроме того, был произведен подсчет среднего количества единиц автотранспорта, проезжающих по дороге в обоих направлениях за 1 час.

Одним из важнейших факторов, определяющих зоны повышенного уровня шума при движении автотранспортных потоков, является их интенсивность. Как показали результаты наших исследований, интенсивность транспортного потока на автомагистрали по ул. Кирова составляла 948 авт./ч среди легковых автомобилей, и 72 авт./ч для грузовых. Ввиду подсчета автотранспортных единиц в начале тестовой эксплуатации объекта, количество автотранспорта, предполагается, может значительно увеличиться. При рассмотрении данных с ул. Й. Кырли было установлено, что интенсивность движения легковых автомобилей равнялась 1188 авт./ч, а грузовых – 108 авт./ч.

Допустимый уровень шума в городских условиях составляет 65 дБА днем и 45 дБА ночью [4]. Так, до акустических экранов уровни шума варьировали от 68,1 дБА до 70,8 дБА в зависимости от расстояния от земли (рис. 1). При этом, после экранов отмечено уменьшение на 6,2 дБА, но на уровне 2 м от земли уровень шума был на 9,0 дБА ниже, чем на 1,3 м. Предположительно, это может быть связано с нарушениями в установке конструкций шумовых экранов: стандартно они предполагают единое полотно без разрывов, тогда как сейчас в конструкции присутствуют значительные разрывы между основанием и самой конструкцией экранов.

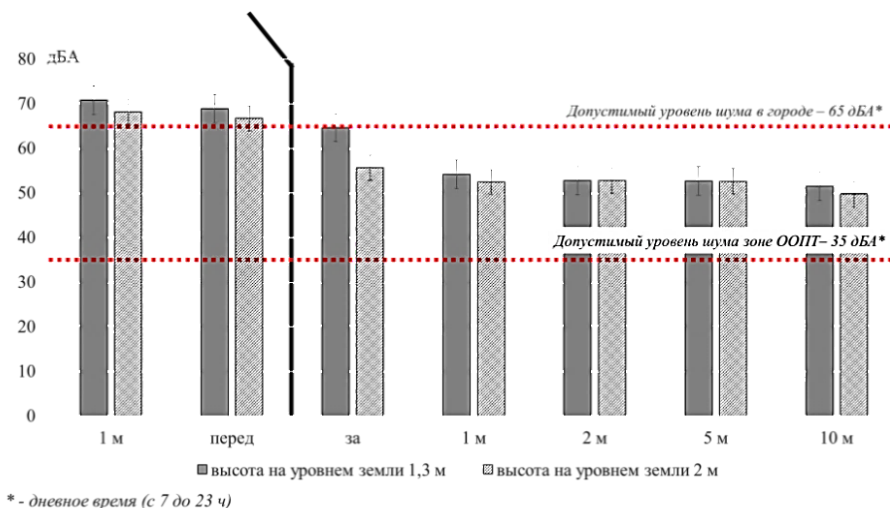


Рис. 1. Динамика уровней шума до и после акустических экранов

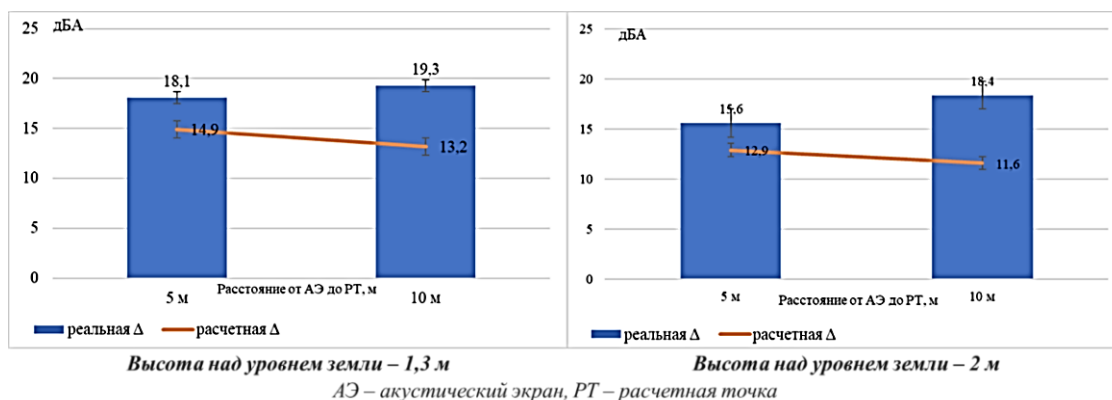


Рис. 2. Сравнение реальной эффективности АЭ и расчетной эффективности, дБА (по формуле 3. Маекавы, 1969)

Сравнение реальной эффективности акустических экранов с расчетными, показали следующие результаты (рис. 2). В зависимости от удаленности расчетной точки (5 или 10 м) уровень шума в реальности снижался в среднем на 17,8 дБА, в то время как расчетная эффективность предполагает снижение на 13,2 дБА. Если в реальности снижение акустической нагрузки с расстоянием увеличивалось благодаря затуханию звуковой волны в воздушной среде, то расчетные данные показывают резкое снижение уровня звука после самого акустического экрана с последующим постепенным снижением эффективности при удалении от него.

На основе данных, полученных в ходе исследования на участке дороги по ул. Й. Кырли, было выявлено, что уровни шума до посадок тополя советского пирамидального варьировали от 67,7 дБА до 71,7 дБА на различной высоте от земли (рис. 3). После зеленых насаждений на высоте 1,3 м отмечалось снижение шума на 3,7 дБА. На уровне 2 м от земли значения шума были на 2,1 дБА ниже по сравнению с 1,3 м. В условиях тестового режима эксплуатации жителями города Йошкар-Олы были зарегистрированы жалобы на тушки погибших птиц вдоль автомагистрали в непосредственной близости от шумозащитных экранов с прозрачными элементами. Выезд специалистов Марийского государственного университета (д. с.-х. н., заведующий каф. биологии В. А. Забиякин), а также Министерства природных ресурсов, экологии и окружающей среды Республики Марий Эл и комитета ветеринарии г. Йошкар-Олы, показал наличие множества мертвых птиц и были собраны образцы для установления причин их смерти. По результатам исследований

планируется направить в администрацию г. Йошкар-Олы рекомендации по улучшению сложившейся ситуации. В то же время, энтузиастами группы «Птицы Марий Эл» были размещены наклейки с изображениями хищных птиц на прозрачных элементах экранов. Но, некоторые специалисты отмечают, что при таком подходе может либо возникнуть привыкание и птицы будут игнорировать наклейки, либо сократить и в дальнейшем исключить присутствие городских птиц на оставшемся небольшом участке лесного массива Сосновой роши от ул. Петрова до ул. Кирова.

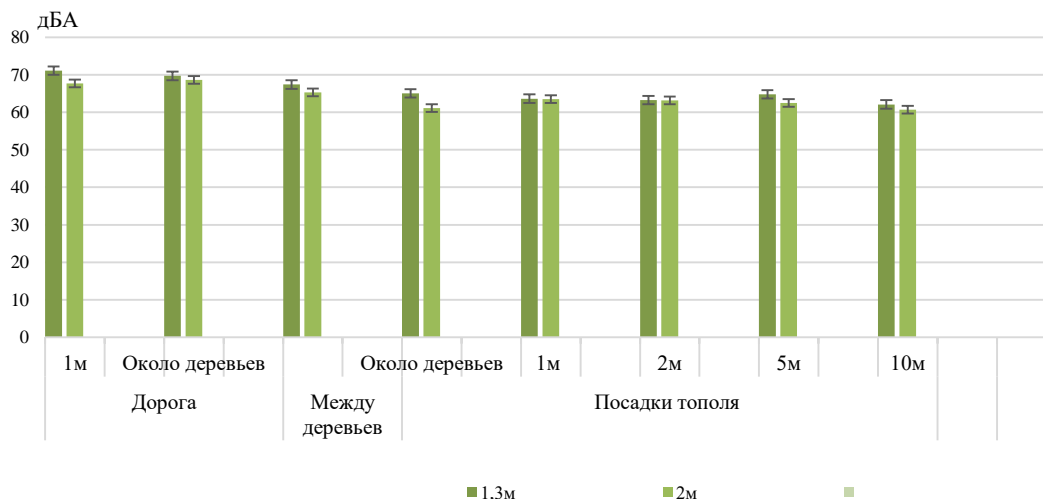


Рис. 3. Динамика уровней шума до и после посадок тополя советского пирамидального

Таким образом, действительно, отмечено нивелирующее воздействие на повышенные уровни шума на новом участке автодороги от ул. Кирова до ул. Луначарского акустическими экранами. Однако необходимы доработки конструкций шумозащитных элементов с учетом реальных условий эксплуатации в городе Йошкар-Оле. При сравнении эффективности акустических экранов и зеленых насаждений было установлено, что наибольшую защиту от шума обеспечивали экраны. Уровень звука за ними был практически в 2 раза меньше, чем за посадками тополя советского пирамидального.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53187-2008. Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий. М.: Издательство стандартов, 2008. 13 с.
2. Овчинникова Е. С., Алябьева Е. А., Воскресенская О. Л. Участие древесных насаждений в снижении риска здоровью населения от воздействия шума в г. Йошкар-Оле // Материалы V Международного молодежного экологического форума: Материалы форума, Кемерово, 25–26 ноября 2021 года / Под ред. Т. В. Галаниной, М. И. Баумгартэна. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. С. 313–314.
3. Иванов Н. И. Защита от шума и вибрации: учебник // СПб.: НИЦ АРТ. 2017. 268 с.
4. Методическое руководство и технические условия по реконструкции городских зеленых насаждений. М.: МГУЛ, 2001. 60 с.

Накопление свинца хвойными растениями в условиях городской среды (на примере г. Йошкар-Олы)

Старикова Е. А.

Науч. рук. – Воскресенская О. Л., д-р биол. наук, проф.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
katya-starikova@mail.ru

Загрязнение компонентов окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) в настоящее время представляет острую экологическую проблему. Тяжелые металлы активно накапливаются фотосинтезирующими органами растений. Поэтому индикацию состояния растительных объектов экосистемы при отсутствии внешних признаков угнетения можно проводить по содержанию тяжелых металлов в ассимиляционных органах [1, 2, 3, 4].

Объектами исследований служили хвойные виды растений, используемые в озеленении г. Йошкар-Олы: можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), ель колючая (*Picea*

pungens Engelm.). Исследования проводились в трех функциональных зонах г. Йошкар-Олы: рекреационная зона – ЦПКиО им. XXX-летия ВЛКСМ, селитебная зона – бульвар Чавайна, промышленная зона – ул. Строителей.

Определение содержания свинца в почвенных и растительных образцах (хвоя второго года жизни) проводили на атомно-абсорбционном спектрометре AAnalyst-400 (PerkinElmer, USA). Статистическую обработку данных проводили с использованием программ Microsoft Excel и Statistica 6.0.

Свинец (Pb) относится к элементам среднего накопления и не является жизненно необходимым элементом для растений, поэтому относительно слабо поглощается растениями, является токсичным металлом и относится к 1-му классу опасности. Большое количество свинца в растениях ингибирует процессы дыхания и фотосинтеза, вследствие чего снижается накопление фитомассы, негативно влияет на деление клеток, поглощение воды корневыми системами, ингибирует ряд ферментов, нарушает обмен веществ, а также снижает доступность для растений многих биогенных элементов [1, 5–8].

Как показали результаты нашей работы наибольшее содержание Pb было в поверхностном слое почвы промышленной зоны (20,1 мг/кг), что в 3,4 раза выше, чем в рекреационной зоне ($p=10^{-6}$). Содержание валовых форм свинца в пробах почв исследуемых функциональных зон г. Йошкар-Олы не превышало ПДК (65,0 мг/кг) (рис. 1).

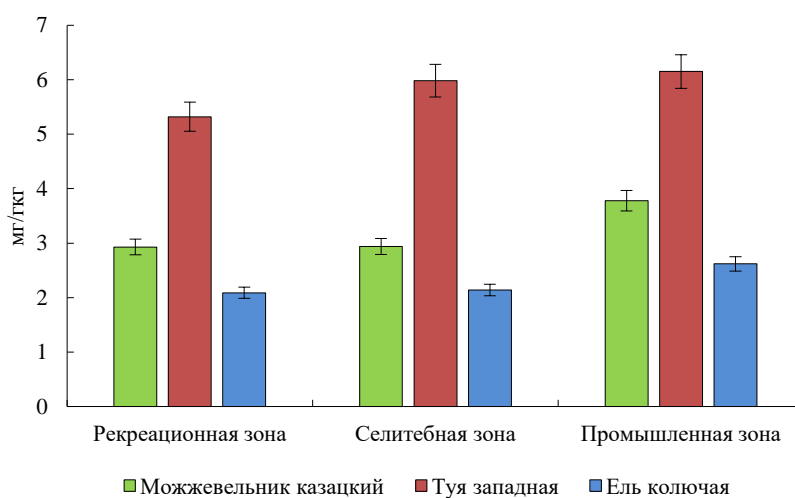


Рис. 1. Содержание свинца в хвойных растениях в условиях городской среды

Содержание свинца в хвое можжевельника казацкого изменялась от 2,9 до 3,8 мг/кг. В хвое особой туи западной, произрастающих в рекреационной и селитебной зонах, отмечалась минимальная аккумуляция исследуемого элемента (5,7 мг/кг). Наименьшие значения данного металла у ели колючей были в рекреационной и селитебной зонах (2,1 мг/кг), а у растений, произрастающих в промышленной зоне, концентрация свинца увеличилась на 22,4%. Таким образом, биоаккумулятивная способность по отношению к свинцу для исследуемых видов возрастала по мере усиления антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Результаты дисперсионного анализа показали, что на содержание свинца в хвое второго года жизни исследуемых видов хвойных растений оказывают влияние факторы «функциональная зона» ($p=10^{-3}$), «вид» ($p=10^{-3}$) и взаимодействие факторов «функциональная зона × вид» ($p=10^{-3}$).

Также нами рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП), характеризующий количественную меру степени поглощения химических элементов растениями и рассчитывается как соотношение содержания металла в золе различных частей растений к его содержанию в почве [9–11].

Известно, что свинец (Pb) чрезвычайно легко поглощается растениями. Значения КБП свинца в хвое хвойных растений находились в пределах 0,13–0,89 (табл. 1). Наибольшие значения данного коэффициента отмечались в хвое растений рекреационной зоны: у *J. sabina* – 0,49, у *T. occidentalis* – 0,89, у *P. pungens* – 0,35. Наименьшим поглощением свинца отличались растения *P. pungens.*, наибольшие значения КБП свинца – у *T. occidentalis*. Как показали результаты нашей работы коэффициенты биологического поглощения свинца у всех изученных видов хвойных растений, произрастающих в условиях г. Йошкар-Олы, были меньше 1, что свидетельствует о слабой поглотительной способности данного элемента.

Н. А. Бородина [12] отмечает, что при техногенном загрязнении окружающей среды увеличивается содержание свинца, большие концентрации данного элемента до 2,0 мг/кг отмечены в хвое *P. sylvestris*, произрастающих в дорожной зоне г. Благовещенска.

Таблица 1

Кoeffициент биологического поглощения свинца хвойными растениями в условиях г. Йошкар-Олы

Функциональная зона	Виды хвойных растений		
	можжевельник казацкий	туя западная	ель колючая
Рекреационная зона	0,49±0,010	0,84±0,029	0,35±0,010
Селитебная зона	0,37±0,006	0,75±0,003	0,27±0,005
Промышленная зона	0,19±0,002	0,30±0,004	0,13±0,002

Нами была рассчитана корреляционная зависимость между накоплением свинца в хвое хвойных растений от содержания их валовых форм в почвах исследуемых функциональных зон г. Йошкар-Олы. С помощью корреляционного анализа обнаружены корреляционные зависимости между накоплением свинца в золе хвои исследуемых видов растений и их валовой концентрацией в почве: у можжевельника казацкого ($r=0,61$), у туи западной ($r=0,72$), у ели колючей ($r=0,77$). Исходя из полученных данных, можно предположить, что накопление свинца в вегетативных органах хвойных растений зависит от его содержания в почве.

Таким образом, накопление свинца хвойными растениями увеличивалась по мере загрязнения окружающей среды. Наибольшей металлоаккумулирующей способностью к свинцу среди исследуемых видов во всех функциональных зонах отличались растения туи западной. По количественному содержанию свинца хвойные растения образуют следующий убывающий ряд: туя западная > можжевельник казацкий > ель колючая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев И. Ф., Деревягин С. С. Тяжелые металлы в экосистемах. Саратов: «Ракурс», 2017. 178 с.
2. Соболева С. В., Есякова О. А., Воронин В. М. Оценка аэрогенного загрязнения с использованием сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata*) // Хвойные бореальной зоны. 2020. XXXVIII. № 3–4. С. 115–122.
3. Cui N., Qu L., Wu G. Heavy metal accumulation characteristics and physiological response of *Sabina chinensis* and *Platycladus orientalis* to atmospheric pollution // Journal of Environmental Sciences. 2022. Vol. 112. P. 19–201.
4. Chen Y, Ning Y., Bi X., Liu J., Yang S., Liu Z., Huang W. Pine needles as urban atmospheric pollution indicators: Heavy metal concentrations and Pb isotopic source identification // Chemosphere. Vol. 296. June 2022. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134043>
5. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / Ильин В. Б., Сысо А. И. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
6. Михайлова Т. А., Шергина О. В. Особенности накопления и миграции свинца в древесных растениях и почвах г. Иркутска // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47. Вып. 1. С. 56–65.
7. Гиниятуллин Р. Х., Кулагин А. А., Зайцев Г. А., Бактыбаева З. Б. Санитарно-защитные насаждения лиственницы Сукачевы (*Larix sukaczewii* Dyl.) в условиях загрязнения Стерлитамакского промышленного центра: состояние и особенности накопления тяжелых металлов // Гигиена и санитария. 2018. 97 (9). С. 819–824.
8. Štofejová L., Fazekas J., Fazekasová D. Analysis of Heavy Metal Content in Soil and Plants in the Dumping Ground of Magnesite Mining Factory Jelšava-Lubenik (Slovakia) // Sustainability. 2021. 13 (8). 4508.
9. Пузаев С. В., Лукаткин А. С. Взаимное влияние почвы и дендрофлоры на накопление тяжелых металлов (на примере Ботанического сада МГУ им. Н.П. Огарева). Хвойные растения // Агрехимия. 2014. № 7. С. 53–59.
10. Опекунова М. Г. Биоиндикация загрязнений. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2016. 300 с.
11. Sulaiman F. R., Hamzah H. A. Heavy metals accumulation in suburban roadside plants of a tropical area (Jengka, Malaysia) // Sulaiman and Hamzah Ecological Processes. (2018. 7:28. <https://doi.org/10.1186/s13717-018-0139-3>).
12. Бородина Н. А. Аккумуляция тяжелых металлов хвоей сосны в урбозкосистеме города Благовещенска // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1 (8). С. 1958–1962.

Экологическая характеристика местообитаний пупочника завитого (*Omphaloides scorpioides* (Hanke) Schrank)

Тоймастова З. В., студ. 4 курса

Науч. рук. — Османова Г. О., д-р биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
zuhrotoimastova@gmail.com

Воздействие человека на природные экосистемы с каждым годом растет, в связи с этим все больше и больше растений нуждаются в охране. К сожалению, пополняются и списки Красных книг разных стран и регионов. Основными причинами этого кроме нарушения мест обитания, урбанизации, вырубки лесов также может быть изменение климатических условий, например, изменение состава почвы, температуры, светового режима и т.д.

На территории Республики Марий Эл произрастает порядка полсотни редких видов растений [3]. Объект исследования – пупочник завитой (*Omphaloides scorpioides* (Hanke) Schrank) представитель семейства Бурачниковых. В Республике Марий Эл встречаются виды Бурачниковых из 15 родов. Пупочник завитой произрастает в широколиственных лесах, предпочитает довольно увлажненные почвы, но к свету не требователен. В европейской части пупочник завитой относится к лесному виду; чаще встречается в центральной части Европы, на Балканах, Кавказе, и в южной части России. На территории России пупочник завитой относится к средней полосе Европейской части.

Пупочник завитой редкий для Республики Марий Эл вид, относится к 4 категории – вид с неопределенным статусом [3]. На территории РМЭ пупочник завитой произрастает на территории Волжского района. В Республике Марий Эл пупочник завитой практически не изучен. В конспекте флоры Республики Марий Эл [1] приведены сведения лишь о распространении этого вида в республике. Данных об экологической и фитоценогической приуроченности этого вида практически нет, поэтому выбранная для исследования тема представляется актуальной.

Цель работы – охарактеризовать местообитания ценопопуляций пупочника завитого методом фитоиндикации.

Задачи исследования:

1. Провести оценку местообитаний пупочника завитого по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова.
2. Рассчитать потенциальную и реализованную экологические валентности и индекс толерантности, а также оценить эффективность освоения экологического пространства пупочника завитого.

Пупочник завитой – одно- или двулетнее стержнекорневое травянистое растение, мезогрофит. Цветет в апреле-июне, плоды созревают в мае-июле. Растение размножается исключительно семенами. Слабый конкурент. Исследования проводили в Волжском районе в трех местообитаниях (рис. 1).

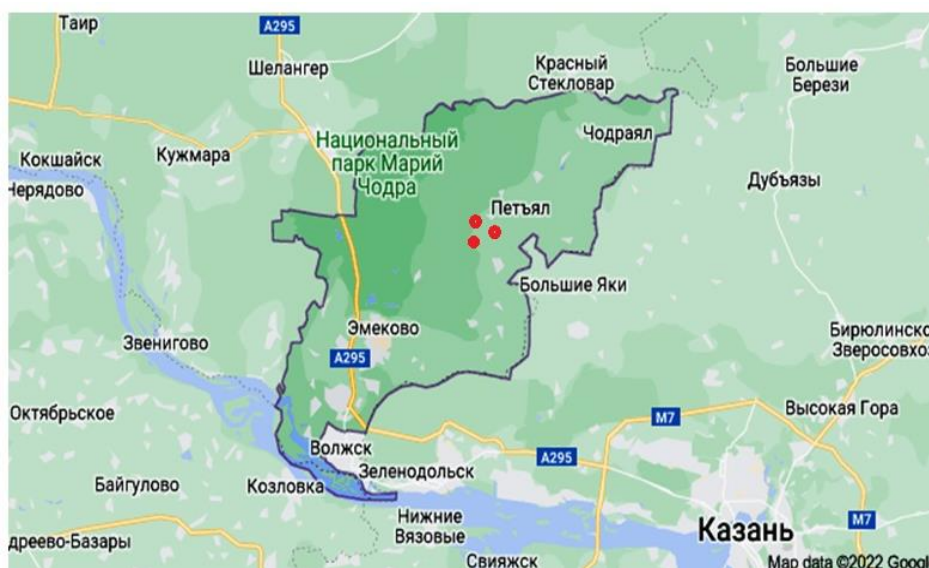


Рис. 1. Карта-схема Волжского района с местоположением ценопопуляций пупочника завитого

Две ценопопуляции (ЦП) располагались в окрестностях села Петьялы: ЦП 1 – ассоциация Вербейниково-горошково-злаковый луг в липовом лесу. ЦП 2 – ассоциация Липняк вербейниково-колокольчиковый. Одна ЦП находилась недалеко от Петьяльской церкви (ЦП 3 – ассоциация Березняк липовый широколистный).

Экологическую характеристику местообитаний проводили по результатам геоботанических исследований старшего научного сотрудника ГПЗ «Большая Кокшага» Г. А. Богданова. В работе использован геоботанический метод. Экологическую оценку местообитания проводили по геоботаническим описаниям данных фитоценозов с применением программного комплекса «EcoscaleWin» по 10 экологическим шкалам Д. Н. Цыганова методом средневзвешенной середины интервала [2].

Для обработки данных была использована экологическая валентность (PEV) определяемая Л. А. Жуковой как мера приспособления популяций определенного вида к изменению не более одного фактора [5]. Таким образом, есть возможность оценить экологическую позицию диапазоном значения определенного экологического фактора, в рамках которого популяция вида может существовать.

С использованием подходов Л. А. Жуковой нами рассчитаны:

1. *Потенциальная экологическая валентность вида (PEV)*, определяемая Л. А. Жуковой как отношение числа ступеней конкретной шкалы, занимаемой данным видом к общей протяженности шкалы в ступенях (баллах).

2. *Реализованная экологическая валентность (REV)* – демонстрирует, какая часть шкалы освоена, исследованными ЦП конкретного вида.

3. *Коэффициент экологической эффективности ($K_{e.эфф.}$)* – эффективность освоения экологического пространства вида конкретными ЦП.

4. *Индекс толерантности (I_t)* – мера приспособленности ЦП вида к комплексу экологических факторов.

Результаты обработки флористических списков по шкалам Д. Н. Цыганова [4] показали, что местообитания пупочника завитого находятся в условиях свежелесолугового / влажно-лесолугового, слабо переменного увлажнения / умеренно переменного увлажнения (табл. 1). Все местообитания характеризуются довольно богатыми, бедными азотом / достаточно обеспеченными азотом почвами. Кислотность почв характеризуется как слабокислая / нейтральная. По фактору шкалы освещенности-затенения пупочник завитой произрастает в условиях светлых лесов.

Из таблицы видно, что значения, полученные для пупочника завитого отличаются от приводимых Д.Н. Цыгановым для этого вида. Данные по фактору шкалы переменности увлажнения отсутствуют и приводятся нами впервые (4,6–5,3). По факторам остальных шкал полученные нами значения находятся в пределах экологической позиции вида.

Таблица 1

Характеристика сообществ пупочника завитого по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова [4]

Экологические шкалы	Экологическая позиция вида по шкале фактора	PEV	REV	REV	$K_{e.эфф.}$ %	I_t
Tm (1–17)	5–11	0,41 ГСВ	7,60–8,11	0,03	0,43	0,32 СБ
Kn (1–15)	6–11	0,40 ГСВ	7,86–8,43	0,04	13,3	
Om (1–15)	7–10	0,27 СВ	8,00–8,00	0,001	0,27	
Cr (1–15)	7–10	0,20 СВ	7,43–7,89	0,03	0,43	
Hd (1–23)	10–16	0,44 ГСВ	11,00–12,33	0,06	5,5	0,39 ГСБ
Tr (1–19)	3–9	0,48 МВ	5,50–6,71	0,06	8,0	
Nt (1–11)	3–9	0,37 ГСВ	4,80–6,22	0,13	2,84	
Rc (1–13)	5–11	0,64 ГЭВ	6,25–8,20	0,15	4,2	
Fh (1–9)	–	–	4,60–5,25	0,07	–	
Lc (1–11)	2–8	0,38 ГСВ	3,33–4,78	0,13	2,9	

Примечание: Tm – термоклиматическая шкала, Kn – шкала континентальности климата, Om – омброклиматическая шкала аридности-гумидности, Cr – криоклиматическая шкала, Hd – шкала увлажнения почв, Tr – шкала солевого режима, Rc – шкала кислотности почв, Nt – шкала богатства почв азотом, Fh – шкала переменности увлажнения почв, Lc – шкала освещенности-затенения. Св – стеновалентный, МВ – мезовалентный, ГСВ – гемистеновалентный, ГЭВ – гемизэривалентный, PEV – потенциальная экологическая валентность, REV – реализованная экологическая валентность, $K_{e.эфф.}$ % – коэффициент экологической эффективности, I_t – индекс толерантности.

Результаты наших исследований показали, что по факторам двух климатических (Tm и Kn), двух почвенных (Hd и Nt) и шкале освещенности-затенения пупочник является гемистеновалентным видом. По факторам (Om и Cr), данный вид охарактеризован нами как стеновалентный. Лишь по шкале солевого режима почв пупочник завитой имеет широкие возможности, поскольку является мезовалентным видом. Показатели реализованной экологической валентности имеют очень низкие значения и варьируют от 0,001 до 0,15 (табл. 1), а коэффициент экологической эффективности – от 0,27 до 8. Индекс толерантности также имеет невысокие значения: По фактору климатических шкал пупочник завитой является стенобионтным, а по почвенным шкалам – гемистенобионтным.

Таким образом, по большинству экологических факторов пупочник завитой является геми- и стеновалентным видом. Видом охвачен незначительный диапазон амплитуд по всем экологическим факторам (для климатических факторов $K_{e.эфф.}$ от 0,27 % до 13,3 %; для почвенных факторов $K_{e.эфф.}$ варьирует от 2,84 до 8,0%; по фактору освещенности-затенения – 2,9%). Все это и объясняет узкое распространение пупочника завитого.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамов Н. В.* Флора республики Марий Эл: инвентаризация, районирование, охрана и проблемы рационального использования ее ресурсов / Н.В. Абрамов. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2000. 163 с.
2. *Зубкова Е. В., Халина Л. Г., Грохлина Т. И., Дорогова Ю. А.* Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы «EcoScaleWin». Йошкар-Ола: Изд-во Мар. гос. ун-та, 2008. 96 с.

3. Красная книга Республики Марий Эл. Т. «Растения. Грибы» / Сост. Г. А. Богданов, Н. В. Абрамов, Г. П. Урбанавичюс, Л. Г. Богданова. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. 324 с.

4. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

5. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография / Л. А. Жукова [и др.]; под общ. ред. проф. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2010. 368 с.

Право граждан на благоприятную окружающую среду

Угольков И. А.

Московский государственный областной университет, г. Фрязино
ugolkoff.ivan@yandex.ru

Актуальность статьи обусловлена тем, что реализация экологических прав помогает добиться экологического равновесия и обеспечить успешное экологическое будущее. Экологические права влияют на развитие государства. Государство основной регулятор экологических прав, которое играет главную роль в реализации права на благоприятную окружающую среду.

Цель работы: проанализировать особенности реализации экологического права.

Задачи: 1) выделить принципы реализации право граждан на благоприятную окружающую среду; 2) проанализировать основные законы, регулирующие экологические права граждан; 3) обозначить экологические правонарушения.

Основным источником экологического права служит Конституция Российской Федерации, Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 года № 7 – закон основной регулятор экологической политики [1, с. 8].

Конституция Российской Федерации рассматривает такое право, как естественное существование человека, закрепленное в Стокгольмской декларации по развитию окружающей среды 1972 года, реализация права получило международную значимость. В декларации сказано, что любому человеку гарантировано равенство, свобода, благополучные условия жизни, получение достоверной информации о состоянии атмосферы и окружающей среды, принцип закрепила декларация Международного союза охраны природы по обеспечению экологической безопасности: «Право на окружающую среду, право каждого человека настоящего, будущего поколения на безопасное и здоровое развитие».

Статья 11 Федерального закона «Об охране окружающей среды» предусматривает защиту людей от неблагоприятного воздействия окружающей среды и на право на возмещение ущерба.

Реализация права на благоприятную окружающую среду представляет социально-значимую потребность, которая оказывает огромное влияние на экологическую безопасность. Огромную роль в реализации прав граждан на благоприятную окружающую среду, играют экологические объединения, которые улучшают работу экосистемы. Экологические объединения необходимы для успешной реализации экологической политики и защиты экологических прав и предотвращения катастроф.

Качество экологии для человека имеет первостепенное значение. Человек должен чувствовать экологическую защищенность. Состояние экологии для человека должно постоянно совершенствоваться. Природоохранные структуры основной регулятор экологической политики в стране и в регионах. Природоохранная деятельность приоритет работы прокуратуры, как обозначил Президент РФ.

Право гражданина на благоприятную окружающую среду составляет основу экологической политики и безопасности государства. Право на благоприятную окружающую среду является социально-общественной ценностью, которая закреплена в Конституции РФ и в Федеральном законе «Об охране окружающей среды». Реализация такого право приоритет экологического развития [1, с. 7].

Реализация такого права должна выглядеть так, чтобы жизни граждан ничего не угрожало, государство в лице природоохранных органов должно предотвращать и не допускать техногенные катастрофы, и стихийные бедствия.

Многие страны мира закрепили право граждан на окружающую среду в своих Конституциях, и обозначили, как принцип международного права. Страны дорожат экологической репутацией [2, с. 8].

Граждане вправе создавать экологические объединения, направлять обращения в органы государственной власти и местного самоуправления, требовать в судебном порядке возмещения ущерба о состоянии окружающей среды, содействовать органам государственной власти в сфере природной охраны.

Экологические права граждан и их реализация основа экологических правоотношений, экологического взаимодействия гражданина и государства.

Под принципами экологического права понимается политика по обеспечению экологической безопасности, функционирования окружающей среды: 1) высокий уровень экологической защищенности;

2) равный доступ к природным ресурсам и ценностям; 3) охрана особо значимых природных объектов, как часть природного богатства и национальных интересов; 4) предотвращение экологических правонарушений.

Под экологическим правом гражданина понимается закрепление и реализация права человека, удовлетворение потребностей, как индивида и общества. Пользование природными ресурсами, реализация экологических прав не должно наносить ущерб окружающей среде. Экологические права принадлежат общим и специальным субъектам их различают в зависимости от принадлежности к субъекту.

Экологические права делятся на два вида: общие право на благоприятную окружающую среду и специализированные, регулирующие особенности отношений к экологическим объектам; выделяются права в зависимости от содержания основные и смежные [3, с. 8].

В европейском законодательстве термин экологическое право рассматривается в рамках политики различных отраслей и институтов. Экологические права – это совокупность основных и фундаментальных прав, таких как: 1) право на охрану окружающей среды; 2) право на судебную защиту. Частными правами признаны: возмещение вреда, причиненного экологическими правонарушениями.

Помимо прав в России предусматриваются гарантии экологической защиты, к которым относятся: 1) открытие правозащитных организаций; 2) направление обращений в государственные структуры; 3) право на получение информации о состоянии экологии. Экологические гарантии и права тесно взаимосвязаны, направлены на удовлетворение потребностей в обществе [4, с. 9].

Экологические права граждан закрепляет Лесной Кодекс Российской Федерации, в котором сказано «Любой гражданин вправе бесплатно, свободно пребывать в лесу и удовлетворять собственные интересы, пребывание в лесах направлено на удовлетворение собственных потребностей».

Хорошие знания экологического права и своих прав помогает избежать стихийных бедствий. Лесной кодекс Российской Федерации разрешает, открывать фермы, зоны отдыха, благотворительные объекты.

На развитие экологии оказывает влияние, человеческая деятельность, грамотное распределение природных ресурсов, пресечение экологических правонарушений, к которым относится незаконная вырубка леса.

К экологическим правонарушениям относят нелегальный оборот древесины, который приносит огромные деньги. Стадии незаконного функционирования древесины: 1) подготовка (вырубание леса), за реализацию какого то этапа предусмотрена уголовная ответственность. В Уголовном Кодексе РФ существует статья незаконная вырубка деревьев.

Загрязнение атмосферы и плохое качество экологии нарушает право на здоровье. В 2012 году в 138 городах выявили основательный уровень загрязнения.

На сегодняшний день в России существуют города с высоким уровнем загрязнения, такие как Тольятти, Липецк, Братск, Чита, Череповец (металлургический центр), Омск (в котором зафиксировано 700 экологических правонарушений), Норильск (Никельский комбинат), добыча камней, руды, драгоценностей, Челябинск, Новокузнецк, Магнитогорск (металлургический завод), Красноярск крупный транспортно-промышленный узел, Карабаш самый грязный город на Земле. Кузбасс – угольный центр, Липецк, находящиеся между трассами федерального значения, центр черной металлургии.

Таким образом, можно сделать вывод, что в городах нарушается право граждан на благоприятную окружающую среду и экологическая политика требует совершенства. Сильный уровень загрязнения воздуха снижает продолжительность жизни и вызывает различные заболевания, такая ситуация происходит в Норильске, там производят опасные химические вещества.

Государство заинтересовано в успешном проведении экологической политики, один из годов был объявлен годом экологии и вышел Указ Президента РФ от 10.08.2012 года № 1157, была принята концепция экологического развития России до 2030 года, подписанная Президентом РФ, основные направления экологической политики: 1) популяция и разнообразия экологического, биологического многообразия; 2) удовлетворение и защита интересов поколений; 3) забота о редких видов растений и животных. Данные принципы не должны нарушать права граждан и противоречить Конституции Российской Федерации, и международному праву.

Данные нормативно-правовые акты образуют единую отрасль экологического права.

Вышеуказанные приоритеты часть национальных и стратегических интересов России. Успешное экологическое развитие помогает России двигаться вперед, закладывает фундамент благополучной социально-экономической, политической стабильности, представляет Россию на международной конкуренции.

Структурным элементом экологического развития является стратегия по развитию железнодорожного транспорта, утвержденная до 2030 года. Документ вышел 17 июня 2008 года № 877 и был утвержден Правительством России. Документ ставит задачу, реализацию экологических прав [5, с. 8].

Государство должно быть заинтересовано в реализации экологических прав их состояние должно совершенствоваться. Предложения по совершенству: 1) своевременно и оперативно выявлять экологические угрозы; 2) проводить экологический мониторинг; 3) проводить экологическое просвещение; 4) разработать экологическую стратегию; 4) дополнить Конституцию и расширить экологические права граждан; 5) расширять экологические коллекции и открывать, как можно больше экологических парков.

В завершении можно сделать вывод, что экологические права граждан часть конституционного строя. Реализация экологических прав помогает обеспечивать экологическую безопасность государства. Право на благоприятную окружающую среду залог успешного развития любого цивилизационного государства, обеспечение успешной реализации экологических прав приоритет социально-экономического и политического развития современного общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камиллов Д. В. Содержание права человека и гражданина на благоприятную окружающую среду в законодательстве России // Вестник ДГУ. 2020. № 6. С. 8–9.
2. Евдокимова И. С. Механизм обеспечения экологических прав граждан: в Российской Федерации и зарубежных странах // Ученые записки КФУ имени В.И. Вернадского. 2021. № 6. С. 9–10.
3. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2002. № 30. ст. 4532.
4. Лесной кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 г. № 200-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2006. № 50.
5. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 05.02.2014 №2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ) // Собрание законодательства РФ. 2014. № 31. ст. 4398.

Характеристика травяно-кустарничкового яруса в посадках сосны в разных экологических условиях

Холиков М. Н., студ. 4 курса

Науч. рук. – Бекмансуров М. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
holikovm8@gmail.com

Лесовосстановление на вырубках направлено на сохранение породного состава древостоя, увеличение продуктивности лесов, также оно способствует сохранению биологического разнообразия. При этом искусственные насаждения приобретают все более значительный удельный вес среди лесных ландшафтов [1].

Цель данной работы – анализ флористического состава травяно-кустарничкового яруса в культурах сосны обыкновенной (научные названия растений см. табл. 1).

Исследования проводили в июле 2022 г. на 7 участках, расположенных на территории учебно-опытного лесхоза Марийского государственного технического университета. Шесть из них представляют собой чистые лесные культуры разного возраста, созданные в 2018–2021 гг. в различных типах лесорастительных условий на вырубках по обработанной почве (посадочные борозды). Седьмой участок – не засаженная вырубка на гаре 2021 г. Для учета использовали метод трансект, которые закладывали как в посадочных бороздах (рядах), так и в промежутках между ними (междурядьях). Протяженность трансект 20 м. На каждой трансекте закладывали по 10 учетных площадок размером 1 м². В ходе описаний учитывали следующие показатели: общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса (С) с последующим переводом в баллы обилия по шкале Браун-Бланке, мохово-лишайниковый ярус (D), проективное покрытие каждого вида растений в пределах трансекты, а также за пределами пробной площади. Для характеристики флористического разнообразия использовали следующие показатели: видовое богатство (число видов на участке), видовую насыщенность на 1 м² и индекс Шеннона [2, 3].

Участок № 1 был пройден пожаром в 2021 г. В 2022 г. на участке создана культура сосны обыкновенной. Междурядья не обработаны. Тип лесорастительных условий (ТЛУ) – А1. Здесь произрастают 15 видов сосудистых растений. Мохово-лишайниковый ярус не выражен. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса (С) составляет 11,3 % в рядах и 22,6 % в междурядьях. Доминант – вейник наземный. Его проективное покрытие 10,8 % в рядах и 16,1 % в междурядьях. Встречаемость данного вида – 100 %.

Таблица 1

Таксономическое разнообразие исследованных участков

№	Научное название	Русское название	Участки						Семейство	
			1	2_1	2_2	3	4	5		6
1	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	Кошачья лапка двудомная							+	Астровые
2	<i>Solidago virgaurea</i> L.	Золотарник обыкновенный	+	+		+	+	+	+	Астровые
3	<i>Erigeron acris</i> L.	Мелколепестник острый				+	+			Астровые
4	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	Пижма обыкновенная		+						Астровые
5	<i>Trommsdorfia maculata</i> (L.) Bernh.	Прозанник крапчатый		+						Астровые
6	<i>Gnaphalium sylvaticum</i> L.	Сушеница лесная					+			Астровые
7	<i>Hieracium pilosella</i> L.	Ястребинка волосистая		+			+		+	Астровые
8	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	Ястребинка зонтичная	+	+		+		+	+	Астровые
9	<i>Betula pendula</i> Roth	Береза повислая		+	+		+	+		Березовые
10	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	Береза пушистая	+		+		+	+		Березовые
11	<i>Vicia sepium</i> L.	Горошек заборный					+			Бобовые
12	<i>Genista tinctoria</i> L.	Дрок красильный	+	+		+			+	Бобовые
13	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Vorosch.) Klask.	Ракитник русский	+	+		+	+	+	+	Бобовые
14	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Брусника обыкновенная				+	+	+		Вересковые
15	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Черника миртолистная			+		+	+		Вересковые
16	<i>Dianthus superbus</i> L.	Гвоздика пышная				+				Гвоздичные
17	<i>Silene nutans</i> L.	Смолевка поникшая		+			+			Гвоздичные
18	<i>Rumex acetosella</i> L.	Щавель малый								Гречишные
19	<i>Linnaea borealis</i> L.	Линнея северная						+		Жимолостные
20	<i>Hypericum perforatum</i> L.	Зверобой продырявленный				+				Зверобойные
21	<i>Angelica sylvestris</i> L.	Дудник лесной					+			Сельдерейные
22	<i>Salix caprea</i> L.	Ива козья			+		+		+	Ивовые
23	<i>Salix cinerea</i> L.	Ива пепельная			+					Ивовые
24	<i>Populus tremula</i> L.	Тополь дрожащий		+	+	+	+	+	+	Ивовые
25	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	Иван-чай узколистный					+	+	+	Кипрейные
26	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	Колокольчик круглолистный	+	+		+	+		+	Колокольчиковые
27	<i>Frangula alnus</i> Mill.	Крушина ломкая		+			+	+		Крушиновые
28	<i>Vincetoxicum hirundinaria</i> Medikus	Ластовень обыкновенный							+	Ластовневые
29	<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	Купена лекарственная	+			+				Лилейные
30	<i>Convallaria majalis</i> L.	Ландыш майский	+	+		+	+	+		Лилейные
31	<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	Майник двулистный						+		Лилейные
32	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	Прострел раскрытый	+			+			+	Лютиковые
33	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	Вейник наземный	+	+	+		+	+	+	Мятликовые
34	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	Вейник тростниковидный	+	+	+	+	+	+		Мятликовые
35	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	Луговик дернистый					+			Мятликовые
36	<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	Молиния голубая						+		Мятликовые
37	<i>Poa trivialis</i> L.	Мятлик обыкновенный		+		+				Мятликовые
38	<i>Festuca rubra</i> L.	Овсяница красная				+				Мятликовые
39	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	Полевица тонкая	+			+				Мятликовые
40	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	Вероника дубравная					+			Норичниковые
41	<i>Veronica spicata</i> L.	Вероника колосистая				+				Норичниковые
42	<i>Melampyrum pratense</i> L.	Марьянник луговой					+			Норичниковые
43	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Орляк обыкновенный				+	+	+		Орляковые
44	<i>Carex ericetorum</i> Pollich	Осока верещатниковая		+			+	+	+	Осоковые
45	<i>Trientalis europaea</i> L.	Седмичник европейский	+		+			+		Первоцветные
46	<i>Diphysastrum complanatum</i> (L.) Holub	Дифазиаструм сплюснутый	+						+	Плауновые
47	<i>Fragaria vesca</i> L.	Земляника лесная				+	+			Розовые
48	<i>Rubus saxatilis</i> L.	Костяника каменистая				+	+			Розовые
49	<i>Rubus idaeus</i> L.	Малина обыкновенная						+		Розовые
50	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	Рябина обыкновенная		+		+		+		Розовые
51	<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	Ожика волосистая		+				+		Ситниковые
52	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Сосна обыкновенная		+	+		+		+	Сосновые
53	<i>Hylotelephium triphyllum</i> (Haw.) Holub	Очиток пурпурный		+						Толстянковые
54	<i>Viola canina</i> L.	Фиалка собачья		+		+	+		+	Фиалковые

Участок № 2 посадки сосны обыкновенной на вырубке сосняка черничного. ТЛУ – В2. И окружающий посадки лестной массив, и рубка были пройдены пожаром в 2021 г. На участке заложено 2 пробные

площади (ПП): 2_1 – в верхней части склона мезопонижения, 2_2 – в нижней. В верхней части высаженные сеянцы сосны сохранились, в нижней из-за близкого уровня грунтовых вод погибли. В посадочных бороздах появились мхи, в том числе и сфагновые. На ПП 2_1 общее проективное покрытие С-яруса составляет 11,3 % и 22,6 % в соответственно. Доминантом, также, как и на участке 1, является вейник наземный. Его покрытие составляет 21,8 % в рядах сосен и 30,5 % в междурядьях. На ПП 2_2 высаженные сосны погибли. Исследование С-яруса проводили только в междурядьях. ТЛУ – В3. Проективное покрытие С-яруса составляет 59,2 %. По сравнению с предыдущими участками здесь наблюдается смена доминанта, им становится вейник тростниковидный. Его среднее покрытие составляет 57,5 %. Суммарное покрытие остальных видов – менее 4 %. Проективное покрытие мохово-лишайникового яруса составляет 36,5 %. Доминируют в нем зеленые мхи, но изредка встречаются также и сфагновые.

Таблица 2

Альфа-разнообразие исследованных участков

Показатели	Участки						
	1	2_1	2_2	3	4	5	6
Видовое богатство	15	22	10	23	29	23	18
Средняя видовая насыщенность на 1 м ²	3,8	7,2	2,9	8,5	8	7,5	5,1
Индекс Шеннона	1,403	2,161	0,445	2,271	1,787	1,895	2,252

Таблица 3

Результаты фитоиндикационной оценки экологических параметров местообитаний

Участки	Шкала									
	Нд –увлажнения почв		Тг – богатства и засоления почв		Nt – богатства азотом		Rc – кислотности почв		Fh – переменности увлажнения	
	Балл	Режим	Балл	Режим	Балл	Режим	Балл	Режим	Балл	Режим
1 P*	11,12	Сухолесолуговое	6	Небогатые-довольно богатые	5,21	Бедные азотом	6,14	Кислые-слабокислые	6,5	Слабо-умеренно переменные
1 MP	11,78	Свежелесолуговое	5,74	---	4,78	---	5,74	---	5,82	---
2_1 P	11,79	---	5,55	---	4,74	---	6,2	---	5,66	---
2_1 MP	12	---	5,69	---	4,96	---	6,18	---	5,49	Слабо переменные
2_2 MP	13,88	Сыровато-лесолуговое	5,29	Небогатые	5,04	---	6,21	---	4,5	---
3 P	12,07	Свежелесолуговое	5,6	Небогатые-довольно богатые	4,83	---	6,02	---	5,3	---
3 MP	12,09	Свежелесолуговое	5,44	Небогатые	4,77	---	5,94	---	5,33	---
4 P	12,79	Влажно-лесолуговое	5,21	Небогатые	4,83	---	5,87	---	5,11	---
4 MP	12,6	---	5,06	---	4,87	---	5,57	---	4,7	---
5 P	12,65	---	5,12	---	4,54	---	5,27	Кислые	5,09	---
5 MP	12,92	---	4,87	---	4,52	---	5,21	---	4,71	---
6 P	11,02	Сухолесолуговое	5,38	---	4,38	Очень бедные-бедные азотом	5,27	---	5,97	Слабо-умеренно переменные

* P – ряд, MP – междурядье

Участок № 3. В 2018 году здесь были созданы культуры сосны. За 4 года сформировался мощный С-ярус (общее покрытие около 80 %), а также подрост деревьев и кустарников. На пробной площади произрастают 23 вида сосудистых растений. Мохово-лишайниковый ярус не выражен. Доминантом С-яруса является орляк обыкновенный (покрытие 20 % и 28,5 %), содоминант – вейник тростниковидный (покрытие 15,7 % и 14,5 %). Следует отметить, что высота травостоя и подроста сосны практически одинакова, и здесь культура сосны подвержена затенению травянистыми растениями, а местами и подростом деревьев и кустарников.

Участок № 4 посадка по вырубке на подготовленной почве в 2021 году. ТЛУ – В2. Общее проективное покрытие составляет 61 %. Доминирует орляк обыкновенной (покрытие 26,5 % и 55,1 %).

Участок № 5. В 2019 году здесь были созданы культуры сосны. Преобладает орляк обыкновенный (покрытие 36 % и 55 %).

Участок № 6. На данном участке нет выраженных доминантов. С-ярус находится в стадии формирования. Его общее проективное покрытие составляет 25 %. Максимальным участием в сложении травянистого яруса характеризуется тот же вейник наземный, но его проективное покрытие составляет всего 5 %, при этом встречаемость – 60 %.

На всех исследованных участках произрастает 54 вида сосудистых растений, относящихся к 46 родам и 27 семействам. Доминируют по числу видов представители семейств мятликовые и астровые (табл. 1).

Видовое богатство сосудистых растений варьирует от 10 до 29 (табл. 2). Минимальное количество видов отмечено в участке 2_2 с избыточным увлажнением (табл. 3), максимальное на участке 4. Последнее можно объяснить относительно невысоким проективным покрытием травостоя, в том числе и орляка обыкновенного. Схожая тенденция отмечается также и для видовой насыщенности и величины индекса Шеннона.

В таблице 3 представлены экологические параметры местообитаний, выявленные с использованием диапазонных фитоиндикационных шкал Д. Н. Цыганова [4]. Наибольшие различия наблюдаются в увлажнении почв. В некоторых случаях они выявляются не только между участками, но и в пределах одного участка – в рядах и междурядьях.

Таким образом, флористическое разнообразие и проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса в культурах сосны обыкновенной зависит от типа лесорастительных условий, экологических параметров местообитаний и возраста посадок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тырченко И. В. Особенности лесовосстановления на вырубках и гарях в Сомовском лесничестве Воронежской области // Лесотехнический журнал. № 3. 2017. С. 157–165
2. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 383 с.
3. Мэггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М., Мир, 1992. 184 с.
4. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 196 с.

Экологические особенности функциональных зон г. Йошкар-Олы

Черных В. В., Желонкина О. Ю., студ. 3 курса

Науч. рук. – Сарбаева Е. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
olga_zhelonkina00@mail.ru

Функциональное зонирование – это деление территории по однородности функционального назначения, то есть территория предназначена для определенного типа деятельности.

Функциональное зонирование делится по следующим категориям [2]:

- селитебная зона – в нее входят жилые районы разной этажности, микрорайоны, социальные и коммунально-бытовые объекты;
- рекреационная зона – в нее включаются территория для отдыха, занятий спортом, а также скверы, парки, пляжи;
- промышленная зона – на данной территории располагаются объекты промышленности;
- общественно-деловая зона – в ней располагаются объекты здравоохранения, образования, общественного питания, предпринимательства;
- зоны инженерной и транспортной инфраструктур – входят объекты транспортной коммуникации;
- сельскохозяйственные зоны – входят объекты сельскохозяйственных назначений, садово-дачные участки;
- специальные и иные зоны – включает в себя зону кладбищ, полигоны для размещения отходов и военные объекты.

В данной работе мы исследовали три функциональные зоны города Йошкар-Олы.

Город Йошкар-Ола – современный административный, производственный, культурный и научный центр Республики Марий Эл. Площадь города составляет 100,39 км². Численность населения по состоянию на 10.01.2020 – 285,5 тыс. человек. Число промышленных организаций – 959, из них 37% являются производство компьютеров и электронных изделий, 17% – производство пищевых продуктов, 14% – производство готовых металлических изделий и 10% – производство машин и оборудования. Структуру города формируют несколько зон: селитебная, рекреационная и промышленная (рис. 1) [1].

Основой системы озеленения являются насаждения Центрального парка культуры и отдыха, Сосновой рощи, Дубовой рощи, скверов, междомовых территорий микрорайонов, санитарно-защитных зон предприятий и т.п. Рекреационную оценку проводили в Сосновой роще города Йошкар-Олы. Данные брали с двух исследуемых участков: плотина на реке Малая Кокшага (рис. 2) и аллее здоровья (рис. 3).

В ходе исследования рекреационной оценки ландшафтов Сосновой рощи была присуждена высокая (3 балла) категория рекреационной оценки ландшафтов: ландшафт имеет отличные показатели по состоянию древесно-кустарниковой растительности и других элементов. Возможно ее использование для отдыха без дополнительных мероприятий, передвижение удобно во всех направлениях [4]. Комплексная (интегральная) рекреационная оценка лесных ландшафтов [3] показала общую сумму баллов по 11 признакам равной 57. Это значит, что лес высокого рекреационного качества. Доминирующие виды растений: дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.).

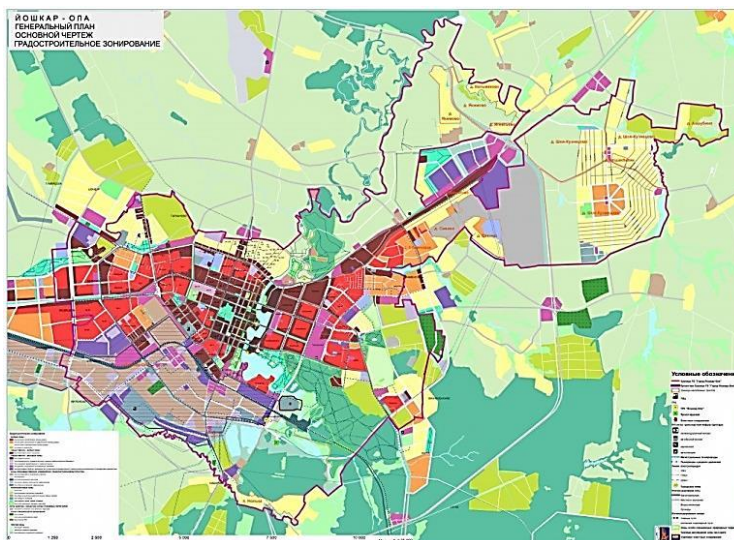


Рис. 1. Генеральный план городского округа «Города Йошкар-Ола» в редакции решения Собрания депутатов городского округа «Города Йошкар-Ола» от 22.06.2022 № 362-VII



Рис. 2. Плотина на реке Малая Кокшага

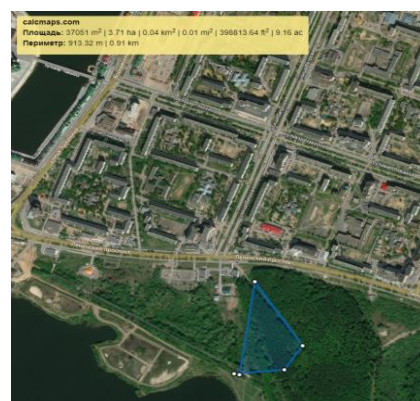


Рис. 3. Аллея здоровья

Сосновая роща подходит под определение рекреационной зоны по ряду параметров: присутствует обильная древесная растительность, зона относится к категории городских парков, присутствует инфраструктура в виде асфальтированных пешеходных троп, велодорожек, скамеек, уличных фонарей, урн, спортивных площадок. Тем не менее, на участке «Аллеи здоровья» можно рекомендовать произвести, высадку новых экземпляров деревьев и кустарников, произвести ремонт некоторых объектов инфраструктуры.

Исследование селитебной зоны города Йошкар-Олы проводили в микрорайоне Спортивный (рис. 4) по методике инвентаризации городских зеленых насаждений [6].

По итогам проведенного анализа жилого квартала, сделан вывод о том, что территория подходит под критерии селитебной зоны, по ряду параметров: присутствует инфраструктура в виде детских площадок, фонарных столбов, скамеек, урн. Присутствуют молодые растительные насаждения в отличном состоянии.

Доминирующим видом растений является пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* L.). На исследуемой территории в достатке присутствуют парковочные места и четыре въезда на внутреннюю территорию квартала. Рекомендации для этого района – создание защитных заграждений возле молодых деревьев и кустарников, своевременный уход за растениями, регулярная уборка территории от мусора.

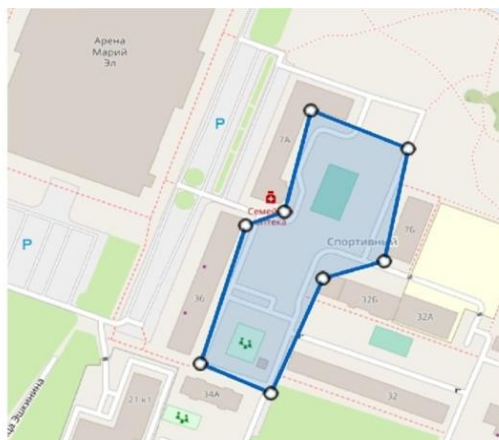


Рис. 4. Карта исследуемой селитебной зоны



Рис. 5. Исследуемый участок на территории МУП Йошкар-Олинская ТЭЦ-1

Изучение промышленной зоны, основываясь на данных, собранных вблизи территории МУП Йошкар-Олинская ТЭЦ-1 (рис. 5) и ссылаясь на СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [5].

Санитарно-защитная зона предприятия ТЭЦ-1 соответствует расчетным критериям санитарно-защитных зон для предприятий 3 класса опасности. У фасада здания присутствуют декоративные насаждения. С западной стороны завода санитарно-защитная зона облагорожена однорядовыми посадками липы сердцелистной (*Tilia cordata* Mill.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.). С южной стороны завода санитарно-защитная зона облагорожена трехрядовыми посадками березы повислой, тополя черного (*Populus nigra* L.), клена платанолистный (*Acer platanoides* L.).

Линейные объекты озеленения города представлены рядовыми посадками деревьев и кустарников вдоль улиц и магистральных дорог и сформированы разными видами зеленых насаждений. Среди древесного яруса распространены: ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) Н. Karst.), клен татарский (*Acer tataricum* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Среди кустарников чаще всего встречаются: сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.), калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), чубушник венечный (*Phaladelphus coronarius* L.) [7].

Для комфортной жизни населения условия окружающей среды должны быть благоприятными, поэтому при оценке функциональных зон мы учитывали один из самых важных показателей – состояние атмосферного воздуха, так как от чистоты атмосферного воздуха зависит комфортное пребывание в той или иной зоне, а также здоровье населения. Основываясь на информационный отчет, мы выяснили, что 2020 году уровень загрязнения атмосферного воздуха имел значение «низкий» [8].

По данным мониторинга, химические показатели загрязненности воды в этих водотоках сильно превышены, они характеризуются как «грязные» и «загрязненные». Основными источниками загрязнения служат тяжелые металлы, органические вещества и соединения различных биогенных элементов [1].



Рис. 2. Содержание аммонийного азота в р. Ундолка

Одним из примеров может служить аммонийный азот который содержится в NH₄⁺ – ионах. Эти ионы образуются в процессе биохимической деградации и аммонификации пептидов, аминокислот, мочевины и других азотсодержащих органических соединений под действием микроорганизмов, а также в процессе анаэробного восстановления NO₂⁻ и NO₃⁻ ионов.

Повышенное содержание данного биогенного соединения в малых водотоках региона регистрируется каждый год.

Наибольшую опасность для водных объектов представляют минеральные удобрения и гербициды, используемые в сельском хозяйстве, кроме – того в последние годы часто возникает опасность внесения большого количества удобрений на ограниченной площади. В этих условиях лишь незначительная часть внесенных элементов питания, соединений N и P может использоваться культурными растениями. В результате большое количество питательных веществ, а также органические стоки от животноводческих и птицеводческих предприятий вместе с поверхностным стоком или путем инфильтрации попадают в стоячие или текущие водоемы, высокое содержание в них азота, фосфатов, серы и тяжелых металлов приводит к эвтрофикации водоемов и их биологическому загрязнению [5].

Эвтрофикация водотоков сопровождается развитием в экосистеме опасных для человека патогенных микроорганизмов и ростом численности сине-зеленых водорослей – продуцентов токсичных для человека и многих гидробионтов веществ. Кроме того, значительный уровень загрязнения соединениями азота приводит к появлению в экосистемах водотоков высокотоксичных N-нитрозоаминов.

Пути поступления загрязнений в водные объекты за счет сельскохозяйственной деятельности разнообразны. Различают диффузные, а также площадные источники загрязнения.

Таблица 1

Источники поступления загрязнений в водные объекты за счет сельскохозяйственной деятельности во Владимирской области

Источники площадного загрязнения	Диффузные источники загрязнения
Среди источников площадного загрязнения водных объектов приоритетное место занимают сельскохозяйственные угодья, расположенные на водосборах речных бассейнов. На расчлененных участках водосбора диффузный сток связан с процессами эрозии, выщелачивания и растворения.	В качестве диффузных источников загрязнения рассматриваются сельскохозяйственные угодья, территории сельских поселений, животноводческих ферм, сельскохозяйственных производственных предприятий, земли фермерских и дачных кооперативов, на которых технические решения по контролю за качеством или вообще не предусмотрены, или не отвечают установленным требованиям.

Важную роль в деградации малых водоток в регионе играет процесс заиления, являющийся следствием распахивания и последующей эрозии сельскохозяйственных угодий, таким образом, большинство поступающих микроэлементов присутствуют в водных объектах в виде тонких взвесей и коллоидов. Они не могут находиться в таких состояниях длительное время и оседают в донных отложениях, илах. Их концентрация в донных осадках часто свидетельствует о загрязнении воды [6].

По уровню загрязнения донных отложений стоками сельскохозяйственных предприятий можно выделить такие реки как: Черная, Большая Липня, Каменка, Содышка, Рпень.

Таблица 2

Характеристика водотоков и источников их загрязнения

Река	Длина реки, км	Площадь водосбора, км ²	Источники загрязнения
Черная	15	65,7	Стоки с с/х угодий и птицеводческих и животноводческих ферм Кольчугинского и Юрьев-Польского районов
Большая Липня	55	272	Стоки с ферм и с/х угодий Петушинского района
Каменка	41	313	Стоки с с/х угодий и животноводческих ферм Суздальского района
Содышка	22	82,7	Стоки с коллективных садов, автодороги, птицефабрик
Рпень	44	270	Стоки с с/х угодий Суздальского района

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин В. С., Днейрук В. И., Панкратов В. Ф. Изучение, использование и охрана малых и средних рек // Гидротехническое строительство. 1988. № 9. С. 35.
2. Бабкина И. В., Кореньков В. А. Гидрологическое обоснование лицензирования водопользования – необходимое условие сохранения малых рек // ЭКО-бюллетень ИнЭКА. 2002. № 1. С. 1–5.
3. Карлович И. А. Экология Владимирской области. Владимир: ВГПУ, 1998. 224 с.
4. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д., Добролюбов С. А. Гидрология. М.: Высш. шк., 2005. 463 с.
5. Новикова Я. Э., Арустамов Э. А., Калинина А. А. О состоянии малых рек в год экологии России [Электронный ресурс] // Отходы и ресурсы: электрон. научн. журн. 2017 № 2, <https://resources.today/PDF/06RRO217.pdf> (дата обращения: 9.10.2022)
6. Ткачев Б. П., Булатов В. И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы = Small rivers: state-of-the act and ecological problems: Аналит. обзор // ГПНТБ СО РАН. 2002. Сер. Экология. Вып. 64. 114 с.

Биоповреждения памятников культурного наследия федерального значения (Владимирская область)

Шишкин А. Ю., Аникина Н. А., Смирнов В. Ф., Смирнова О. Н., Абустина А. С.

Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского, г. Нижний Новгород
biodeg@mail.ru

Биоповреждения памятников культуры наносят непоправимый ущерб культурному наследию. Большинство имеющихся в настоящее время в нашей стране памятников культурного наследия находятся в аварийном состоянии, возникающим не только за счет механического разрушения, но и за счет негативно-го воздействия на строительные материалы и конструкции биоагентов, в основном микроскопических грибов, которые в процессе роста на последних вызывают их биодegradацию.

Рост грибов на материалах обусловлен тем, что последние используются микроорганизмами в качестве источника питания. В этом случае происходит не только разрушение материалов, но и ухудшение их физико-механических свойств, причем для ряда материалов даже при незначительном росте. Кроме этого, рост грибов на материалах, особенно внутри зданий и сооружений, способен негативно влиять на здоровье человека, т.к. представители различных видов микромицетов способны вызывать техногенные микозы, микотоксикозы и микоаллергозы.

Целью работы являлось обследование на предмет наличия биоповреждений ряда памятников культурного наследия федерального значения г. Суздали и Суздальского района Владимирской области и выдача рекомендаций по их устранению.

В качестве объектов исследований служили «Тюремный (Питиримовский) корпус», XIX век, входящего в состав объекта культурного наследия федерального значения Владимирской области «Ансамбль Спасо-Евфимиева монастыря» XVI–XX веков г. Суздаль и «Палаты Андрея Боголюбского», 1158 г., входящий в состав объекта культурного наследия федерального значения «Ансамбль Боголюбского монастыря» Владимирская обл., Суздальский район, п. Боголюбово.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Органолептический анализ поврежденных материалов.
2. Определение количества микобиоты в воздухе помещений обследованных памятников культурного наследия.
3. Идентификация грибов-деструкторов, высеянных из воздуха и строительных материалов.
4. Выдача рекомендаций по предотвращению процессов биоповреждений.

Проведенные микробиологические и органолептические анализы показали наличие процесса биоповреждений строительных материалов на объектах: «Тюремный (Питиримовский) корпус» и «Палаты Андрея Боголюбского», подтверждающееся очаговым визуальным ростом мицелиальных грибов на строительных материалах, находящихся в стадии спороношения, которые под воздействием малейшего

движения воздуха способны очень быстро распространяться по всем помещениям объектов, контаминируя еще не пораженные материалы.

Косвенным подтверждением наличия процессов биоповреждений, является наличие отслаивания, растрескивания, вспучивание штукатурных, шпатлевочных и лакокрасочных покрытий строительных конструкций в помещениях, а также изменение природного цвета строительных материалов за счет пигментации грибами.

Процессу биоповреждений подвергались следующие материалы: каменные плиты, штукатурные, шпатлевочные, лакокрасочные покрытия, в том числе и настенные фрески, деревянные конструкции, белый камень.

Необходимо отметить наличие высолов на материалах (белый камень и каменное напольное покрытие). Известно, что соляная коррозия может приводить к снижению несущей способности строительных элементов и служить источником минерального питания для грибов.

В 1 м³ воздуха помещений «Тюремного (Питиримовского) корпуса» в среднем содержалось 180 КОЕ (колоний образующих единиц), помещений «Палаты Андрея Боголюбского» – 855 КОЕ.

Со строительных материалов «Тюремного (Питиримовского) корпуса» были выделены и идентифицированы микромицеты видов: *Gliocladium roseum*, *P. chrysogenum*, *P. oxalicum*, *P. cyclopium*, *P. chrysogenum*, *P. lanosum*, *Cl. herbarum*, *Cl. elatum*, *Alt. solani*, *Alt. dianthi*, *Alt. alternata*, *Rhizopus cohnii*, *Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus oryzae*, *A. clavatus*, *Fusarium moniliforme*, *Chaetomium dolichotrichum*.

Со строительных материалов помещений «Палат Андрея Боголюбского» были выделены и идентифицированы микромицеты видов: *Aspergillus ustus*, *Gliocladium roseum*, *P. chrysogenum*, *P. oxalicum*, *P. nigricans*, *P. lanosum*, *Cl. elatum*, *Cl. herbarum*, *Alt. alternata*, *Alt. pluriseptata*, *Rhizopus cohnii*, *Fusarium moniliforme*, *Fus. avenaceum*, *Chaetomium dolichotrichum*.

Отмечено значительное сходство в микобиоте, выделенной со строительных материалов в обоих зданиях. Различия же, на наш взгляд, объясняются спецификой используемых в этих зданиях строительных материалов и режимом их эксплуатации.

Выделенные с объектов виды микромицетов являются типичными деструкторами различных промышленных и строительных материалов. Данные микроорганизмы относятся к полифагам, т.е. к грибам способным использовать в качестве источника питания широкий круг природных и синтетических материалов за счет высокой лабильности и разнообразия их ферментных систем.

Как отмечалось нами выше, интенсивный рост грибов на материалах может приводить не только к их разрушению, но и ухудшать качество среды обитания человека. Следует отметить, что представители таких видов грибов, выделенных с вышеуказанных объектов, как *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *P. cyclopium*, *P. chrysogenum*, *Alternaria alternata*, *Alternaria solani*, *Rhizopus cohnii*, *Fusarium moniliforme*, *P. chrysogenum*, *Cl. herbarum* могут являться условно-патогенными и вызывать заболевания людей: микозы, микоаллергозы и микотоксикозы.

Необходимо отметить, что интенсивность биоповреждений микромицетами здания «Палаты Андрея Боголюбского» выше, чем «Тюремного (Питиримовского) корпуса». Это связано с тем, что на объекте «Палаты Андрея Боголюбского» более благоприятные условия для роста и развития грибов: отсутствие какого-либо ремонта, высокая влажность, возникающая за счет отсутствия должной естественной и принудительной вентиляции, гидроизоляции и отмостки вокруг здания, наличие протечки кровли и органических загрязнений. Тогда как помещения объекта «Тюремный (Питиримовский) корпус» эксплуатируются (в них располагаются музей, библиотека и т.п.) и постоянно в них проводится косметический ремонт.

На основе видового и количественного состава грибов-деструкторов были даны рекомендации по предотвращению процессов биоповреждений. Как правило, эти рекомендации носят экологический характер, т.е. создание условий неблагоприятных для жизнедеятельности микроорганизмов. К таким мероприятиям могут быть отнесены:

1. Устранение причин увлажнения строительных конструкций (обеспечение гидроизоляции, должной отмостки и вентиляции, устранение протечки кровли и попадания с кровли влаги на стены зданий).
2. Проведение тщательной зачистки строительных поверхностей от биоповреждающих агентов.

Наиболее распространенным способом защиты зданий и сооружений, в том числе и памятников культурного наследия, от биоповреждений является введение в состав используемых строительных материалов различных биоцидных добавок и/или обработка строительных поверхностей дезинфицирующими средствами. Вид биоцидных средств и их эффективные концентрации определяется способностью выбранных соединений эффективно уничтожать все виды микромицетов-деструкторов, участвующих в биоповреждении исследуемых объектов культурного наследия.

В качестве таких препаратов нами были рекомендованы следующие биоцидные средства: «Родекс Минеральный Реабилитация», «Родекс древесный Реабилитация», Neomid 215, Neomid 180, Neomid 430 ECO, Neomid EXTRA ECO, NEOMID BASA ECO, Neomid 600, Neomid BIO Ремонт, Антисоль

Neomid 550, Neomid H2O STOP, Bioneural W7, Capatox, Bioneutral H 50, Биор, Полиакрэм С, Полиакрэм П, Сенеж огнебио, Реставратор «Teflex», Мипор марки У, Картоцид-компаунд марки «Каменный доктор» или «Универсальный доктор», Troysan 1050, Troysan 899, Polyphase AF-3, Polyphase 636, Эком, Аквасил.

Влияние экологических условий на биометрические показатели мяты полевой

Ягдарова О. А.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
berdniko1984@mail.ru

В современных условиях антропогенной трансформации растительного покрова и ландшафтов городской среды остро встает вопрос о сохранении природных функций экосистем, обеспечивающих жизненно важные условия среды существования человека. Практическое решение этой проблемы требует понимания закономерностей организации природных сообществ и образующих их популяций в урбанизированной среде. Одним из важных направлений является понимание экологических механизмов, обеспечивающих устойчивость популяций к абиотическим, биотическим и антропогенным воздействиям. При такой постановке вопроса из всего разнообразия видов региональной природной флоры, прежде всего, необходимо исследование ключевых видов (ценообразователей), определяющих специфику состава и структуры экосистем и редких видов, разнообразие которых обеспечивает устойчивое функционирование определенного сообщества. Для понимания устойчивости экосистем не менее важным являются знания о популяционной стратегии видов и их адаптации к меняющимся условиям среды обитания. Изучение адаптационных возможностей разных жизненных форм растений раскрывает механизмы освоения ими экологического пространства и его устойчивого использования во времени. В популяционных исследованиях менее изученным остается вопрос о закономерностях пространственной структуры популяций, которая характеризует размещение особей и их группировок в пространстве и является показателем жизнеспособности популяции в конкретном местообитании.

Изучение биометрических показателей позволяет более полно описать особенности биологии вида. В процессе роста и развития количественные показатели, такие как высота растений, размер листовой пластинки, длина придаточных корней и др. закономерно изменяются. Эти изменения можно проследить в пределах одной особи, так и сравнивая между собой разные растения, принадлежащие одной ценопопуляции (внутрипопуляционная изменчивость) или между различными ценопопуляциями (межпопуляционная изменчивость).

В данной работе исследовалось влияние разных экологических условий местообитания на внутри и межпопуляционные показатели мяты полевой *Mentha arvensis* L. – бореальный евро-азиатский вид, который распространен в Европейской части. Вид приурочен к достаточно увлажненным местообитаниям. Данный вид обитает на полях, лугах, по берегам водоемов, рек, озер, канав, у болотистых участков, в болотистых тенистых лесах, преимущественно в лесной зоне. Сбор материала проводился в фитоценозах г. Йошкар-Олы. Особенности поведения *Mentha arvensis* в ценозах рассматривались в разных экологических условиях. В онтогенезе мяты полевой нами было описано 2 периода и 7 возрастных состояний. Для изучения внутрипопуляционной и межпопуляционной изменчивости, были подробно изучены биометрические показатели вида в разных условиях произрастания. В ходе исследований нами были измерены следующие биометрические показатели: высота наземной и подземной частей растений, количество листьев на побегах, длина междоузлий, длина и ширина листовой пластинки без черешка, длина черешка, количество жилок на листовой пластинке, количество и длина придаточных корней.

Исследования проводили на территории лесопарка Сосновая роща по стандартной методике было сделано 3 геоботанических описания лесных сообществ с участием мяты полевой (*Mentha arvensis* L.). Были исследованы 3 ценопопуляции в следующих фитоценозах: сосняк ивово-разнотравный (ЦП 1), разнотравный луг на лесной поляне (ЦП 2), сосняк бересклетовый (ЦП 3). Их краткая характеристика проводится ниже.

1. Сосняк ивово-разнотравный на территории Сосновой рощи. Почва супесчаная. В состав древесного яруса входит *Betula pendula* Roth., *Pinus sylvestris* L. Сомкнутость крон 0,6. Подрост представлен *Populus tremula* L., *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L., редкий. Подлесок густой, образован *Salix caprea* L., *Rubus idaeus* L., *Rosa majalis* Herrm., *Euonymus verrucosa* Scop. Травяно-кустарничковый ярус развит слабо. Общее проективное покрытие (ОПП) 25%. Преобладают *Mentha arvensis* L., *Fragaria vesca* L. Всего в сложении данного фитоценоза участвуют ценопопуляции 60 видов.

2. Экотонное сообщество (разнотравный луг на лесной поляне). Почва супесчаная. Встречается редкий подрост *Pinus sylvestris* L., *Tilia cordata* Mill., *Populus tremula* L. подлесок образован *Alnus glutinosa* (L.)

Gaertn., *Sorbus aucuparia* L., *Ulmus glabra* Huds. Преобладает *Mentha arvensis* L., *Hieracium acrogymnon* (Malme) Juxip ex Schljakov., *Hypericum perforatum* L. В травяном ярусе ОПП 90%, проективное покрытие мяты полевой составляет 50%. Фитоценоз образован ценопопуляциями 55 видов.

3. Сосняк бересклетовый. Почвы супесчаные. В состав древесного яруса входит *Abies sibirica* Ledeb., *Betula pendula* Roth. Сомкнутость крон 0,7. Подрос представлен *Pinus sylvestris* L., *Tilia cordata* Mill. Подлесок представлен *Crataegus nigra* Waldst. & Kit., *Euonymus verrucosa* Scop., *Populus alba* L. Травяно-кустарничковый ярус развит хорошо; преобладают *Mentha arvensis* L., *Amoria hybrida* (L.) C. Presl., *Galium palustre* L. ОПП 60%. Всего травяно-кустарничковый ярус образован ценопопуляциями 26 видов. Экологическая характеристика местообитаний ЦП мяты полевой (*Mentha arvensis* L.) получена в результате обработки геоботанических описаний с помощью программы ECOSCALE по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова [2].

В ходе изучения экологической валентности вида, нами были получены следующие результаты: по всем шкалам *Mentha arvensis* является эвривалентным видом, за исключением мезовалентности шкалы увлажнения почв. Индекс толерантности мяты полевой составляет 0,77. Значения реализованной экологической валентности малы (REV), это связано с небольшим числом изученных ЦП.

При изучении высоты наземной и подземной частей *Mentha arvensis* L. (рис. 1), нами были получены следующие результаты. Растения 2 ЦП, расположенной на разнотравном лугу, отличаются меньшей высотой надземной части от тех, которые расположены в сосновых лесах (ЦП 1, ЦП 3) ($p < 0,05$).

Таблица 1

Балловая оценка местообитаний *Mentha arvensis* L. по шкалам Д. Н. Цыганова [2]

Фитоценоз	Шкалы									
	Tm*	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Nt	Rc	Lc	fH
ЦП 1	7,95	8,18	7,84	7,49	12,57	6,95	5,86	6,98	3,72	5,69
ЦП 2	7,88	8,41	7,83	7,17	13,17	6,97	5,38	6,84	3,41	5,45
ЦП 3	7,91	8,83	7,67	6,92	12,73	6,79	5,87	7,28	3,50	5,78

Примечание* – Tm (термоклиматическая шкала), Kn (шкала континентальности климата), Om (омброклиматическая шкала аридности-гумидности), Cr (криоклиматическая шкала), Hd (шкала увлажнения почв), Tr (шкала солевого режима почв), Nt (шкала богатства почв азотом), Rc (шкала кислотности почв), Lc (шкала освещенности – затенения), fH (шкала переменности увлажнения) (Цыганов, 1983).

Таблица 2

Характеристика экологической валентности *Mentha arvensis* L.

Экологическая шкала		PEV	REV	кec.ef.	It	
Климатические шкалы	Tm	0,77	0,005	0,008	0,793	0,770
	Kn	0,73	0,044	0,060		
	Om	0,67	0,012	0,018		
	Cr	1,00	0,039	0,039		
Почвенные шкалы	Hd	0,48	0,027	0,056	0,745	
	Tr	0,68	0,010	0,015		
	Nt	0,82	0,045	0,055		
	Rc	1,00	0,035	0,035		
Шкала освещенности – затенения	fH	–	0,031	–		
	Lc	0,78	0,036	0,046		

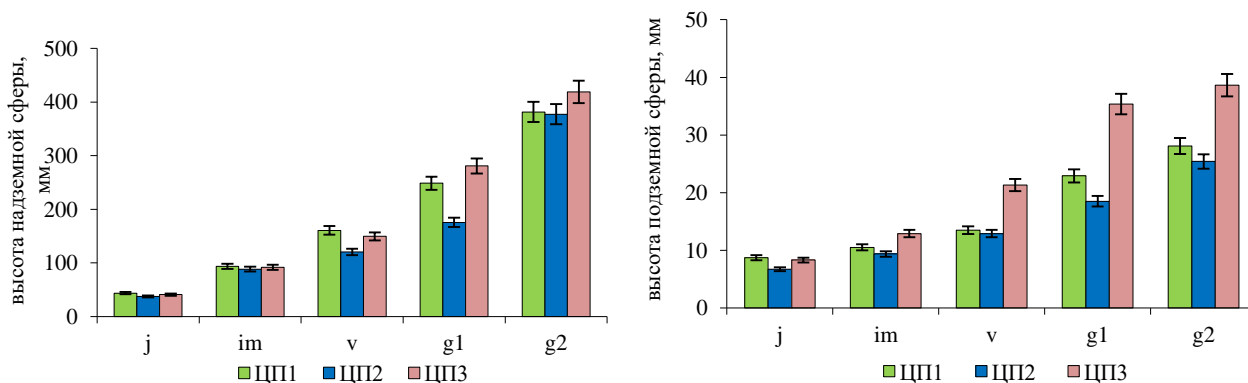


Рис. 1. Среднее значение высоты надземной и подземной сфер в разных онтогенетических состояний

ЦП 1 и ЦП 3 располагаются в сходных экологических условиях (сосняк ивово-разнотравный, сосняк бересклетовый). Достоверных различий по длине подземной части нами не выявлено, но замечено та же тенденция что и в надземной части (то есть в затененных местообитаниях особи характеризуются большей длиной подземной части). Обратная зависимость нами получена по длине придаточных корней – у особей ЦП 2 отмечена наименьшая длина придаточных корней (рис. 2). Это может быть связано с лучшими условиями увлажнения (табл. 2) или более напряженными внутривидовыми конкурентными отношениями (общее проективное покрытие ЦП 2 достигает 90%, тогда как в двух других ЦП – 25–60 %).

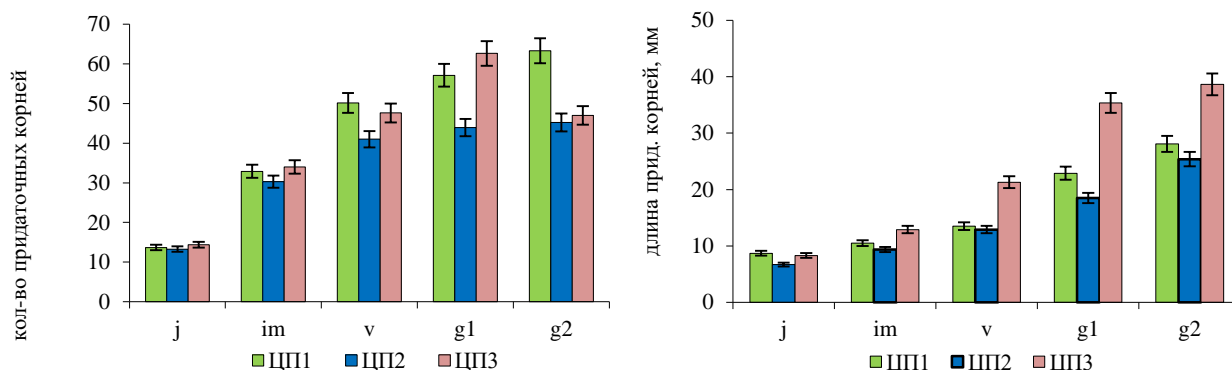


Рис. 2. Особенности развития придаточных корней у мяты полевой на разных этапах онтогенеза

При анализе среднего значения количества листьев на побеге у особей генеративного периода было выявлено, что в ЦП 2 количество листьев у особей в 1,5 раза больше, чем в остальных ЦП (табл. 3). Световые ЦП обычно отличаются мелколистностью и большим количеством листьев по сравнению с теньвыми, что и характерно для изученных ЦП.

Таблица 3

Влияние условий местообитания на количества листьев на побеге *Mentha arvensis* L.

ЦП	j	im	v	g1	g2
ЦП 1	9,80±0,019	12,90±0,009	13,20±0,011	38,10±0,088	42,80±0,014
ЦП 2	10,90±0,015	13,20±0,0139	18,80±0,023	56,40±0,018	51,50±0,117
ЦП 3	9,20±0,014	11,20±0,010	13,80±0,014	45,50±0,063	39,80±0,049

Изучение экологических условий местообитаний на такой биометрический признак как ширина листовой пластинки (рис. 3) нами были получены соответствующие результаты: растения лесных местообитаниях характеризуются большой шириной листовой пластинки, а соответственно и площадью листа. Мелкие листья свойственны растениям-гелиофитам.

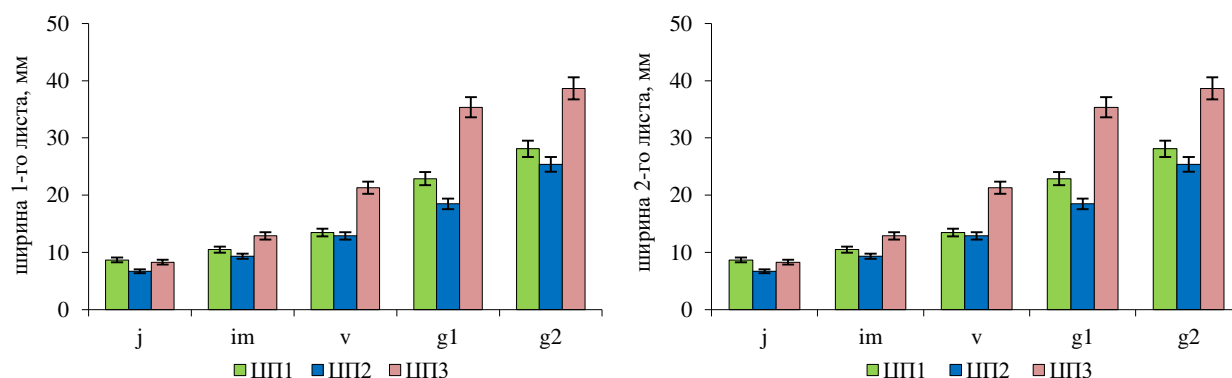


Рис. 3. Влияние ширины листовой пластинки 1-го и 2-го листьев на биометрические показатели мяты полевой

Однако схожих данных по длине листовой пластинке нами не получено; во всех изученных местообитаниях этот признак статистически не различался. В ходе изучения таких биометрических показателей, как длина междоузлий и черешка, количества жилок и придаточных корней достоверных различий в зна-

чении данных признаков нами не было обнаружено, что, скорее всего, связано с небольшим диапазоном экологических условий исследованных местообитаний.

В результате проделанной работы, была установлена зависимость морфометрических показателей изученного вида от условий произрастания. Ценопопуляция на открытом местообитании (разнотравный луг) отличается от ценопопуляций, находящихся в тени (сосняк ивово-разнотравный, сосняк бересклетчатый) меньшими размерами особей (надземная и подземная сфера), листовой пластинки (ширины листа), длиной придаточных корней. Таким образом, на биометрические показатели мяты полевой влияют такие экологические условия как освещенность, степень увлажнения местообитания, а также конкуренция с другими видами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хуснидинов Ш. К., Галемина М. А., Белых О. А. Интродукция мяты перечной (*Mentha piperita* L.) и мяты курчавой (*Mentha crispa* L.) в Прибайкалье // Успехи современного естествознания. 2015. № 6. С. 137–140.
2. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 198 с.

**К вопросу межвидового различия системы цитохрома P450
при проведении доклинических исследований лекарственных средств**

Абрамян А. С., Макарова Л. М., Погорельый В. Е.

Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, г. Пятигорск
anait.abramyan05@mail.ru

Учитывая значительный прогресс за последние два десятилетия в аналитических технологиях, в настоящее время стало относительно просто охарактеризовать метаболический профиль нового химического соединения у животных и людей. Однако перевод химической структуры в токсикологический потенциал остается сложной задачей. Межвидовые различия в метаболизме лекарств являются скорее правилом, чем исключением, и часто усложняют экстраполяцию данных о безопасности животных на человека [1]. Кроме того, генетические полиморфизмы ферментов и транспортеров, метаболизирующих лекарственные средства, как у животных, так и у людей, могут приводить к выраженным внутривидовым различиям в распределении лекарственных средств, что еще больше усугубляет проблему. Тем не менее, был достигнут значительный прогресс в научном понимании этих вопросов, что привело к более глубокому пониманию роли биотрансформации в токсичности, вызванной лекарствами [2,3].

Модели на животных часто используются в доклинической разработке лекарств для прогнозирования метаболической активности новых соединений у людей. Однако люди отличаются от животных изоформным составом, экспрессией и каталитической активностью ферментов, метаболизирующих лекарственные средства. Поэтому необходимо знать сходства и различия ферментов между разными видами, в том числе и людьми. Это может помочь исследователям-фармакологам выбрать наиболее подходящие виды животных для изучения метаболизма соединений, чтобы экстраполировать результаты на людей. Экстраполяция является одним из основных критериев оценки достоверности научных исследований. На доклинической стадии разработки лекарств результаты, полученные на животных, должны быть применимы к клиническим условиям, и конвергенция имеет первостепенное значение. Важно понимать, как ксенобиотики и лекарства воздействуют на организм через систему цитохрома P450.

Цитохром P450 (цитохром P450-зависимая монооксигеназа, англ. cytochrome P450, CYP) — общее название ферментов семейства P450. CYP входят в класс гемопротеинов, относятся к цитохромам типа b. Цитохром P450, связанный с монооксидом углерода, имеет максимум поглощения света при длине волны 450 нм, что определило его название. Цитохромы P450 обнаружены во всех без исключения царствах живых существ. Отсутствуют только у облигатно анаэробных организмов. На современном этапе описано более 11 000 белков системы CYP. Система цитохрома P450 участвует в окислении многочисленных как эндогенных (стероидов, желчных кислот, ненасыщенных жирных кислот), так и экзогенных соединений (ксенобиотиков). CYP животных в большинстве случаев имеют сходное строение. Однако, несмотря на сходство, в ферментах присутствуют различия в сродстве к субстрату, ингибировании, уровнях экспрессии и/или кинетике ферментов, которые могут опосредовать межвидовые различия в фармакокинетики и фармакодинамике лекарств у лабораторных животных и людей.

1. Роль CYP в метаболизме лекарственных средств

CYP представляет собой комплекс ферментов, метаболизирующий малополярные вещества. Данная система ферментов возникла в начале эволюции и присутствует во всех современных организмах млекопитающих [4]. Все CYP связывают два атома кислорода. Эти ферменты называются оксидазами со смешанными функциями и относятся к классу монооксигеназ. Они ускоряют различные реакции: гидроксирование углеводов; эпоксирирование двойной связи; окисление гетероатома и деалкилирование; перенос окислительной группы; обезвоживание; восстановительное дегалогенирование. Ферменты цитохрома P450 играют ключевую роль в биотрансформации лекарств. На экспрессию и активность каждого CYP450 влияет уникальная комбинация биохимических факторов, видов, генетических различий, возраста, пола, питания и влияния окружающей среды. У млекопитающих известно более 60 CYP, которые под-

разделяются на 17 семейств. Важность изучения CYP в практической медицине возросла после того, как несколько препаратов были сняты с рынка в связи с неизученными лекарственными взаимодействиями, приведшими к опасным для жизни последствиям [5].

Понимание механизма ингибирования и стимуляции ферментов очень важно в доклинических исследованиях, а также в клинической практике для назначения комплексного лечения. Активность этих ферментов у человека и лабораторных животных значительно различается. Ниже представлены наиболее важные в метаболизме лекарств представители подсемейств цитохрома у человека.

CYP3A4 и родственный CYP3A5 метаболизируют большинство лекарств. Конечно, препараты, являющиеся субстратами CYP3A4, могут взаимодействовать друг с другом. Ингибиторы CYP3A4 включают азольные противогрибковые препараты, некоторые макролидные антибиотики, статины и блокаторы кальциевых каналов.

Другими важными CYP, участвующими в метаболизме лекарств, являются:

- CYP2D6 метаболизирует бета-блокаторы, ингибиторы обратного захвата серотонина, трициклические антидепрессанты;
- CYP2C9, метаболизирует S-варфарин, нестероидные противовоспалительные препараты, противодиабетические препараты;
- CYP2C19, осуществляющий метаболизм трициклических антидепрессантов;
- CYP2E1, метаболизирует парацетамол, галотан, этанол, ацетон, ацетонитрил, нитрозамины;
- CYP1A2, метаболизирует теофиллин, кофеин, клозапин и такрин [6].

FDA в 2019 г опубликовало рекомендации по разработке новых терапевтических средств. Согласно этим рекомендациям, фармакокинетические параметры новых препаратов должен определяться в клинических исследованиях у людей с разным питанием. Предполагается, что пища с высоким содержанием жира и высокой калорийностью оказывает наибольшее влияние на фармакокинетические свойства лекарственного средства. Показано, что диета с высоким содержанием жиров увеличивает воздействие мидазолама и омепразола, что указывает на модуляцию CYP3A4 и CYP2C19 соответственно. Биофлавоноиды, такие как нарингин или нарингенин в грейпфрутовом соке, приводят к ингибированию CYP3A4, что вызывает увеличение биодоступности лекарств, которые являются субстратами CYP3A4 (блокаторы кальциевых каналов, бензодиазепины, статины). Эти изменения биодоступности могут затем быть связаны с серьезными побочными эффектами, включая изменения на ЭКГ или рабдомиолиз. Клинические исследования показали, что генистеин, один из основных изофлавоноидов, вызывает снижение активности CYP1A2 и CYP2A6 (у ряда женщин наблюдается повышение), вызывая при этом индукцию CYP3A4 [1].

2. Экспериментальные животные и их характеристика

2.1. Мышь

Сравнивая участие семейств системы цитохрома P450 мыши и человека в метаболизме лекарств, становится ясно, что подсемейства CYP2A, CYP2B, CYP2C и CYP2D функционируют у мышей не так, как у людей. Следовательно, фармакокинетические и фармакодинамические свойства исследуемых лекарственных веществ, метаболизм которых в организме человека в основном связан с группой CYP2 (за исключением CYP2E), будут существенно различаться между двумя сравниваемыми видами. Другими словами, исследования этого типа лекарств на мышах будут иметь небольшую прогностическую ценность и мало экстраполировать на людей. Например, хинидин ингибирует CYP2D у людей, собак и обезьян, но не у крыс и мышей. С другой стороны, фенобарбитал является сильным индуктором CYP2B у мышей и многих видов животных, в отличие от человека. С другой стороны, фармакокинетические и фармакодинамические свойства исследованных препаратов, метаболизм которых в большей степени относится к семействам CYP1 и CYP3, у сравниваемых видов более сходны. Соответственно, прогностическая ценность и экстраполяция будут выше [7,8].

2.2. Крысы

Основная форма CYP3A в печени крыс, CYP3A1, отличается от таковой у людей, поэтому крысы не являются подходящей экспериментальной системой для изучения индукции CYP3A4. Примером этого является отсутствие индукции рифампицина, нормального индуктора CYP3A у людей. Многие субстраты фермента CYP3A человека, такие как дигидропиридин и нифедипин, не метаболизируются CYP3A1 у крыс [9]. Сравнивая участие подсемейств системы цитохрома P450 печени в метаболизме лекарств крысы и человека, можно сказать, что как и у мышей, наибольшие различия в функциональной активности наблюдались для второго семейства систем P450, CYP2C и CYP2D. Соответственно, фармакокинетические и фармакодинамические свойства исследуемых препаратов, чей метаболизм в основном связан с данными изоформами, будут значительно различаться между двумя сравниваемыми видами, и опять же прогностическая ценность будет низкой. Что касается семейств CYP1 и CYP3, а также подгрупп CYP2A, CYP2B и CYP2E, то их функциональная активность больше похожа на активность у человека. Соответ-

ственно можно предположить наличие определенной прогностической ценности и экстраполяции данных, полученных при изучении лекарственных веществ, метаболизм которых в основном связан с ферментами этих семейств и подгрупп.

2.3. Собаки

Сравнивая участие подгрупп системы цитохрома P450 печени в метаболизме лекарств у собак и людей, различия в функциональной активности наблюдаются во втором семействе систем P450, а именно: CYP2B и CYP2C. Соответственно, фармакокинетические и фармакодинамические свойства изучаемых препаратов будут иметь небольшое прогностическое значение, поскольку метаболизм, связанный с ферментами этих подгрупп, будет сильно различаться у разных видов. Сульфафеназол является одним из наиболее сильнодействующих и селективных ингибиторов CYP2C9. Сульфафеназол менее ингибирует у собак, чем у людей. Одна из причин, по которой некоторые распространенные человеческие субстраты и ингибиторы CYP2C не взаимодействуют с CYP2C собак, заключается в том, что у собак нет анион-связывающего сайта, присутствующего в основной изоформе человеческого CYP2C9 [11]. Следует отметить, что собаки имеют уникальные характеристики системы цитохрома P450 в зависимости от породы.

2.4. Приматы

Общая содержание CYP в печени яванских макаков в три раза выше, чем у человека. Соответственно, образцы печени обезьян более метаболически активны, чем образцы печени человека. Например, активность n-деметилирования бензфетамина, этилморфина и эритромицина посредством CYP3A в печени у приматов осуществляется в 2 раза активнее, чем у человека [10].

Прогностическая ценность модели приматов в доклинических исследованиях очень высока. В таблице 1 представлена информация об активности ферментов системы цитохрома P450, участвующих в метаболизме лекарств, по сравнению с их аналогами у человека.

Таблица 1

Активность ферментов системы цитохрома P450 у экспериментальных животных и у человека

Человек Подсемейство CYP	Вид модельного животного			
	Мыши	Крысы	Собаки	Приматы
1A	+	+/-	+/-	+
2A	-	-	+	+
3A	+/-	+/-	+/-	+/-
2B	-	+	-	+
2C	-	-	-	+/-
2D	-	+/-	+/-	+
2E	+	+	+/-	+

Примечание:

“+” — общая активность ферментов подсемейства, сопоставима с активностью у человека;

“-” — общая активность ферментов подсемейства, не сопоставима с активностью у человека;

“+/-” — общая активность ферментов подсемейства, сопоставима приблизительно на 50% с активностью у человека.

Заключение

Одной из важнейших задач фармакологии является изучение молекулярных основ метаболизма лекарственных средств. Модели на животных предоставляют прекрасную возможность заранее отбраковать лекарства, вызывающие нежелательные побочные эффекты. Однако необходимо правильно подбирать вид лабораторных животных при проведении экспериментального исследования лекарственных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Погорелый В.Е., Макарова Л.М. Общие вопросы лекарственной токсикологии. Казань, 2021, 188 с.
2. Макарова Л.М., Погорелый В.Е. Современный взгляд на проблемы лекарственного повреждения печени. Казань, 2022, 116 с.
3. Петров В.И., Гаевый М.Д., Галенко-Ярошевский П.А., Основы фармакотерапии и клинической фармакологии. Ростов на Дону, 2010. (3-е издание, исправленное и дополненное), 800 с.
4. Finnigan J.D., Young C., Cook D.J.I, et al. Cytochromes P450 (P450s): A review of the class system with a focus on prokaryotic P450s. *Adv Protein Chem Struct Biol.* 2020; 122:289–320.
5. Nelson D.R.. The Cytochrome P450 Homepage.
6. Ларина С.Н., Игнатьев И.В., Чебышев Н.В., Раменская Г.В., Пасхина О.Е.. Оптимизация моделирования биотрансформации лекарственных средств цитохромами CYP-системы. *Биомедицина* № 6 2007, с. 48–56.
7. Martignoni M., Groothuis G.M., de Kanter R.. Species differences between mouse, rat, dog, monkey and human CYP-mediated drug metabolism, inhibition and induction. *Expert Opin Drug Metab Toxicol.* 2006; 2(6):875–894.
8. Dalgaard L.. Comparison of minipig, dog, monkey and human drug metabolism and disposition. 2015; 74:80–92.
9. Hrycaу E.G., Bandiera S.M.. Cytochrome P450 enzymes. In ed. by Shayne CG: *Preclinical development handbook: ADME and biopharmaceutical properties.* Hoboken: Wiley. 2008: 627–696.

10. Shimada T., Mimura M., Inoue K., et al. Cytochrome P450-dependent drug oxidation activities in liver microsomes of various animal species including rats, guinea pigs, dogs, monkeys, and humans. *Arch Toxicol.* 1997; 71(6):401–408.

11. Lv X., Li J.X., Wang J.X., et al. Regioselective hydroxylation of carbendazim by mammalian cytochrome P450: A combined experimental and computational study. *Environ Pollut.* 2022; 293:118523.

К столетию со дня рождения выдающегося ученого в области фармакогнозии Сюзевой Зинаиды Фоминичны

Аканаева А., студ. 1 курса

Науч. рук. – Шутова Т. Ю.

ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Минздрава России, г. Пермь
akanaeva.arina@yandex.ru

В нашей жизни мы встречаем огромное количество людей, которые нас чему-то учат. Сначала это родители, бабушки и дедушки, далее ребенок растет и развивается и тут на помощь ему приходят воспитатели детских садов, потом наши первые учителя стараются осветить мир знаний и помочь ребенку освоить этот огромный материал. Дети вырастают и уже стремятся освоиться в жизни и получить профессию, тут уже на помощь приходят преподаватели колледжей и институтов.

По приказу Президента Российской Федерации 2023 год объявлен годом педагога и наставника [1]. В этом году есть еще одно памятное событие 100 лет со дня рождения выдающегося ученого в области фармакогнозии Сюзевой Зинаиды Фоминичны.

Цель работы: восстановление биографии заведующей кафедрой фармакогнозии в Пермской фармацевтической академии – Сюзевой Зинаиды Фоминичны.

Материалы и методы: документальный анализ с вторичными и первичными источниками информации, в том числе работа с архивными документами, интервьюирование. Методы обработки собранной информации: группировка данных, табулирование. Были использованы архивные материалы, опубликованные документальные и литературные источники, результаты анкетирования сотрудников ПГФА.

На первом этапе нами было изучено личное дело Зинаиды Фоминичны Сюзевой, хранящееся в архиве ПГФА. Для нас его откопировали, и мы работали с копиями документов. При изучении личного дела мы выделили следующие этапы ее биографии:

1. **Рождение и детство:** Сюзева Зинаида Фоминична родилась 10 августа 1923г. в городе Молотове (нынешний г. Пермь) в семье служащего. В детстве много переезжала из-за работы родителей, закончила среднюю школу в 1941 году в г. Молотов.

2. **Юность и годы Великой отечественной войны.** В год окончания школы началась война, и Зинаида Фоминична уехала к дяде в Молотовскую область, где устроилась контролером ОТК на металлургический завод. Но уже в 1942 году она поступила в Молотовский фармацевтический институт.

3. **Деятельность после окончания фармацевтического института.** По окончании института в 1946 году Зинаида Фоминична устроилась работать старшим лаборантом на кафедру фармакогнозии Молотовского фармацевтического института. Но уже через год уехала на работу в качестве преподавателя в Курскую фармацевтическую школу, где вела курс фармакогнозии и аналитической химии. Но вскоре Зинаида Фоминична заболела экссудатным плевритом и по настоянию врачей вернулась обратно в город Молотов. В городе Молотове она вновь начинает работать в Молотовском фармацевтическом институте, но уже в должности исполняющего обязанности ассистента кафедры Фармакогнозии.

4. **Научная деятельность.** На протяжении своей ассистентской работы Зинаида Фоминична участвовала в научно практических и научно – исследовательских конференциях. За период с 1950–1957 работала над двумя своими исследованиями: «К химико-фармакогностическому исследованию кипрея узколистного» и «Фармакогностическое изучение колючника длиннолистного». В период с 1959 по 1968 года Зинаида Фоминична начинает работать над новой научной статьей, она изучает колючник Биберштейн. В 1966 году Сюзева Зинаида Фоминична поехала в командировку в Ленинградский химико-фармацевтический институт, для завершения своей исследовательской работы. В это время в данном учебном заведении кафедрой фармакогнозии руководила Советский фармакогност, педагог, специалист по микро- и макроанализу лекарственного растительного сырья – Адель Федоровна Гаммерман. В дальнейшем Зинаида Фоминична поступила в аспирантуру под ее началом. В своей работе она рассматривала строение, местообитание и фитохимические свойства колючника Биберштейна. В результате своего научного исследования Зинаида Фоминична выяснила, что он содержит: флавоноиды и антоцианы во всех органах растения, алкалоиды в плодах и соцветиях, эфирное масло в соцветиях и корнях; смолы и каучук;

фитостеролы и жирное масло; инсулин, слизи и пектиновые вещества; минеральный состав соцветий представлен 21 элементом [2, с. 17].

Всего научных работ у Зинаиды Фоминичны 11, при этом 4 из них уже после защиты диссертации.

5. Продвижение по службе. В 1963 году Сюзева Зинаида Фоминична становится старшим преподавателем кафедры, она продолжает исследовать растения, произрастающие на территории Пермского края, а также читает лекции и ведет практические занятия по фармакогнозии, умело пользуясь новейшими достижениями фармацевтической науки.

С 1967 года становится доцентом кафедры фармакогнозии, а с 1972 по 1977 года заведовала этой же кафедрой.

Общий стаж работы Зинаиды Фоминичной после окончания вуза составил 23 года, 21 год из которых она преподавала.

6. Награды. Сюзева Зинаида Фоминична удостоена медалью «За доблестный труд в ознаменование 100-летия В.И. Ленина», значком «Отличнику здравоохранения», а также множеством благодарственных писем. [3]

На следующем этапе нами были проведены беседы с сотрудниками ПГФА, лично знавшими З.Ф. Сюзеву. Беседа с Гурьяновой М.Н. – директором музея ПГФА. На третьем курсе в нашу 311 группу пришла З.Ф. Сюзева. Она заменила ушедшую в декрет молодого преподавателя Иванову Г.А. Молодая преподаватель нам очень нравилась. А про З.Ф. Сюзеву, мы знали, что она заведующая кафедрой, и что она очень строгая. И заранее боялись. Но занятия проходили спокойно. Надо было только реально готовиться к занятиям. Когда пришло время выбирать темы курсовых работ, то Зинаида Фоминична дала сама мне тему про исторические аспекты появления и использования бальзамов. Подсказала, что надо обратиться к учебнику «Фармакогнозия» профессора В.А. Тихомиров и дореволюционным фармакопеям. Я считаю, что она как-то поняла мою склонность к изучению истории профессии. Я пришла в библиотеку Лабораторного корпуса, и сотрудники библиотеки выдали мне и учебник, и императорскую фармакопею, и фармакопею шестого издания. И даже подобрали мне научно популярные статьи, в которых доказывалось сходство бальзамов Дон Кихота и Д'Артаньяна. Конечно, курсовая была написана. И на защиту курсовых я пришла с хорошо и от души сделанным докладом. Получила оценку отлично. Считаю, именно З.Ф. Сюзева и направила меня по тому пути, по которому я иду сейчас.

Вывод:

Сюзева Зинаида Фоминична старалась прививать студентам любовь к своей науке, поэтому уделяла внимание методической работе и разрабатывала методические указания для написания курсовых работ, а также по анализу эфирных масел.

ЛИТЕРАТУРА

1. https://edu.gov.ru/god_pedagoga_i_nastavnika
2. Сюзева З. Ф. Автореферат «Фармакогностическое изучение колючника Биберштейна, произрастающего в Пермской области». Ленинград. 1966.
3. Личное дело № 8980 «Сюзева Зинаида Фоминична – доцент кафедры фармакогнозии».

Продукты компании ЗАО «ЭКОлаб»

Андреева Е. А.¹, Рогожникова Е. П.^{1,2}, Рогожников А. Ю.^{1,2}, Помазанов В. В.^{1,2}, Марданлы С. Г.^{1,2}

1 – Закрытое акционерное общество «ЭКОлаб», г. Электрогорск

2 – Государственный гуманитарно-технологический университет, Орехово-Зуево
ekolab-npo_bad@mail.ru

Недавно предприятие ЗАО «ЭКОлаб» открыло новое направление своей деятельности – разработка и выпуск биологически активных добавок к пище. Научно-производственное отделение БАД расположено в отдельно стоящем здании, где спроектированы и организованы необходимые помещения, организована подготовка воздуха для производственных помещений, установлена водоподготовительная система, обеспечивающая производство водой очищенной. Закуплено и установлено емкостное и упаковочное современное оборудование, которое способно обеспечить качество выпускаемой продукции.

Основное усилие руководства предприятия направлено на обеспечение качества продукции, минимизируя риски, отрицательно влияющие на качество препаратов и риски связанные с опасностью применения таких препаратов. При этом особое внимание уделяется качеству исходного сырья, упаковочных материалов, эффективности технологии.

На данный момент сотрудниками отделения биологически активных добавок разработано, зарегистрировано и выпускаются следующие продукты: Эхинацея сироп ЭКОлаб», «ЭКОдетрим», «ЭКОфитол»,

Экофитол детокс + ЭКОлаб», «Коллаген + гиалуроновая кислота + витамин С ЭКОлаб», «Коллаген Anti Age ЭКОлаб», «Коллаген Anti Age + ресвератрол ЭКОлаб», «Лизангин В₆ ЭКОлаб», «Реутери ЭКОлаб», «Лакталиф ЭКОлаб», «Карнитенос ЭКОлаб», «Омега-3 ЭКОлаб (рыбий жир)», «специализированный пищевой продукт для спортсменов «Масло МСТ ЭКОлаб среднепочечные триглицериды», «ЭКО-Кардио-Фито», «ЭКОвир ЭКОлаб», «Стальника сироп»,.

«Эхинацея сироп ЭКОлаб» – сироп для приема внутрь состоит из экстракта эхинацеи травы, который оказывает стимулирующее действие на иммунную систему. Обладает также антибактериальным и противовирусным свойствами. Повышает защитные силы организма, укрепляет иммунитет. Рекомендуется принимать в период сезонных простудных заболеваний, профилактики и лечения иммунодефицитных, астенических состояний.

«ЭКОдетрим», содержит в своем составе витамин Д₃:

- 80 МЕ в одной капле для детей с 1,5 до трех лет;
- 400 МЕ в одной капле для детей с трех лет до 18 лет и взрослым;
- 500 МЕ в одной капле для взрослых.

Содержит натуральный жирорастворимый витамин, естественным способом поступает в организм, благодаря очищенному маслу-носителю, повторяя природный способ поступления витамина Д₃ с пищей. Витамин Д₃ влияет не только на усвоение кальция, но и на все виды обмена веществ, на иммунную и эндокринную системы. Обеспечивает правильное развитие мышц, укрепляет костную и зубную ткань, поддерживает работу иммунной системы, зрительных органов, обладает противовирусным действием.

«ЭКОфитол ЭКОлаб» – эффект продукта обусловлен комплексом входящих в состав листьев артишока полевого биологически активных веществ. Цинарин в сочетании с фенолокислотами обладает желчегонным, а также гепатопротекторным действием. Содержащиеся в артишоке аскорбиновая кислота, каротин, витамины В₁ и В₂, инулин способствуют нормализации обменных процессов. Он является весьма ценным препаратом, который может найти широкое применение у населения с хроническими заболеваниями печени и желчевыводящих путей, хронической почечной недостаточностью, при интоксикации [1].

«ЭКОфитол Детокс+ ЭКОлаб» – суспензия растительного происхождения, в состав которой входят хорошо себя зарекомендовавшие растительные компоненты такие как: куркумин (полифенол, обладающий антиоксидантным, антисептическим и противовоспалительным свойствами); экстракт росторопши пятнистой (силитарин снижает риски развития различных заболеваний печени, уменьшает интенсивность токсичного воздействия на организм, способствует регенерации тканей печени); экстракт артишока полевого (цинарин, хлоргеновая и кофейная кислоты, инулин восстанавливают клетки печени, ускоряют выработку и отток желчи, приводят в норму уровень холестерина и мочевины в крови, способствуют выведению избыточной жидкости из организма); экстракт солодки густой (глицирризиновая кислота оказывает антиоксидантное, противовирусное, противовоспалительное и антиаллергическое действие) [2].

«ЭКОфитол Детокс+ ЭКОлаб» продукт, разработанный для бережной защиты печени и желчного пузыря от негативного воздействия экологии, лекарственных средств синтетического происхождения, алкогольных напитков и поддержания функции печени при интоксикации вредными химическими веществами из окружающей среды [4].

Выпускается линейка продуктов содержащих коллаген и гиалуроновую кислоту: «Коллаген + гиалуроновая кислота + витамин С ЭКОлаб», «Коллаген Anti Age ЭКОлаб» и «Коллаген Anti Age+ ресвератрол ЭКОлаб» – безопасный «коктейль» из коллагена и гиалуроновой кислоты, которые оказывают стимулирующее клеточное обновление верхних слоев эпидермиса, способствуют дополнительной выработке коллагена, что в свою очередь формирует подкожный каркас для упругости и гладкости кожи, служат адсорбентом для выведения токсинов из организма, замедляют старение, поддерживают упругость, эластичность и мягкость кожи, укрепляют волосы, ногти, кости, сухожилия и связки, способствуют быстрой регенерации поврежденных клеток организма, обеспечивают защиту от воспалительных процессов.

Ресвератрол – природное соединение, которое содержится в красном винограде. Это мощный антиоксидант, который препятствует развитию окислительного стресса и замедляет старение [4, 5].

«Лизангин В₆ ЭКОлаб» предназначен для орошения полости рта и горла. Биологически активное соединение лизоцим по своему действию, аминокислотной последовательности и молекулярной массе схож с эндогенным лизоцимом человека. У детей концентрация и активность лизоцима в слюне ниже, чем у подростков и взрослых, что приводит к высокой восприимчивости детей к инфекциям верхних дыхательных путей, полости рта и глотки. Спрей оказывает комплексное антибактериальное, противогрибковое и противовирусное действие, направленное на профилактику инфекционно-воспалительных заболеваний слизистой оболочки полости рта, десен и гортани. Состав продукта гарантирует выраженный эффект при профилактике и комплексной терапии вирусных и бактериальных инфекций [6].

«Реутери ЭКОлаб» – разработанная биологически активная добавка к пище, в состав которой входят: лиофилизированная биомасса лактобактерий штамма *Lactobacillus reuteri* В-9448, МСТ среднепочечные

триглицериды, каприл / каприновые триглицериды. Данный продукт является дополнительным источником пробиотических лактобактерий, которые принимают участие в формировании иммунного ответа и резистентности организма человека к острым респираторным и кишечным инфекциям. Лактобактерии угнетают в кишечнике рост условно-патогенных микроорганизмов за счет синтеза молочной кислоты, лизоцима, бактериоцинов. Лактобактерии входящие в состав «Реутери ЭКОлаб» активируют клеточный иммунитет. Фундаментальная наука подтверждает положительное влияние лактобактерий на работу иммунной системы. В настоящее время с продуктами питания недостаточно поступает лактобактерий, что обуславливает восприимчивость населения к инфекционным заболеваниям. Применение «Реутери ЭКОлаб», содержащего *Lactobacillus reuteri* способствует адекватному функционированию желудочно-кишечного тракта, иммунной системы, что способствует снижению сезонной заболеваемости у детей и взрослых [7].

«Лакталиф ЭКОлаб» – продукт, созданный на основе фермента лактазы, содержащийся и вырабатывающийся у человека в стенках тонкого кишечника. Фермент расщепляет лактозу (молочный сахар), который в большом количестве содержится в грудном молоке, поэтому помогает детскому организму с рождения избежать клинического проявления лактозной непереносимости. Первыми симптомами непереносимости лактозы у новорожденных являются – срыгивания, метеоризм, колики, диарея. Они могут возникать с момента рождения, но чаще появляются на 3–6 недели жизни, это связано с увеличением питания и соответственно лактозы в рационе ребенка. Метеоризм, вздутие кишечника и боли в животе обусловлены образованием большого количества газов при ферментации лактозы микрофлорой. Стул у детей с лактазной недостаточностью частый, жидкий, пенистый с кислым запахом [8].

«Лакталиф ЭКОлаб» содержит в составе только фермент, это обеспечивает безопасность и натуральность добавки без дополнительных консервантов. «Лакталиф ЭКОлаб» можно применять:

- при врожденной лактазной недостаточности (генетически обусловленная, семейная, конституциональная);
- при транзиторной (морфологическая и функциональная незрелость тонкой кишки у детей, родившихся ранее 34–36 недели) лактазной недостаточности недоношенных и незрелых новорожденных детей;
- при снижении активности лактазы, из-за повреждения клеток эпителия кишечника при инфекционном или аллергическом воспалительном процессе в кишечнике, при атрофических изменениях слизистой оболочки кишки.

«Карнитенек ЭКОлаб» – специально разработанный сироп сбалансированного состава для детей с 3-х лет. L-карнитин аминокислота – природное вещество, улучшающее переносимость психоэмоциональных и физических нагрузок, способствующее повышению устойчивости к стрессам, улучшающее физическую работоспособность и настроение, повышающее концентрацию внимания. Также L-карнитин улучшает белковый и жировой обмен, повышает секрецию и ферментативную активность желудочного и кишечного соков, улучшает усвоение пищи. У детей с пониженной массой тела и сниженным аппетитом позволяет повысить массу тела, существенно улучшая функциональное состояние организма, снижает утомляемость, повышает иммунитет, ускоряет восстановление после перенесенных заболеваний [9].

Сок брусники – обладает уникальными полезными свойствами. В его состав входят практически все органические вещества, которые необходимы для правильного функционирования организма. Также есть минералы и микроэлементы, которые нормализуют обмен веществ и наполняют жизненной силой.

«Успокой-ка ЭКОлаб» – сироп с седативным успокаивающим действием на основе композиции биологически активных веществ из цветков календулы и ромашки, травы пустырника и чабреца, плодов боярышника, листьев мяты перечной и витаминно-минерального комплекса, содержащего магний и пиридоксин. На протяжении многих столетий человечество использует успокоительные сборы из растительного сырья, что подтверждает эффективность и безопасность применения. Сироп имеет длительное положительное действие на организм, практически исключена возможность передозировки, при этом он не имеет токсичности и противопоказаний. «Успокой-ка ЭКОлаб» может быть рекомендован как сироп, содержащий биологически активные вещества природного происхождения, направленные на снижение усталости, тревоги, перевозбуждения, неврозов [10].

«Омега-3 ЭКОлаб (рыбий жир)» Одними из ключевых компонентов оказывающими положительное влияние на рост и развитие ребенка, являются полиненасыщенные жирные кислоты. Жирные кислоты класса омега-3 (докозагексаеновая и эйкозапентаеновая) и омега-6 (арахидоновая) являются двумя наиболее биологически значимыми группами полиненасыщенных жирных кислот. Недостаточное потребление омега-3 с пищей характерно, где превалирует западный тип питания, обеспечивая поступление в организм омега-6 и омега-3 в соотношении от 8:1 до 25:1, что значительно отличается от оптимального отношения 4–5: 1.

Доказано, что докозагексаеновая и арахидоновая кислоты участвуют в развитии иммунной системы ребенка. Включение длинноцепочечных жирных кислот в рацион питания детей нормализует количество и функцию иммунных клеток, снижает риск острых респираторных заболеваний и диареи.

Клинические исследования показывают, что употребление биодобавок омега-3 матерями во время беременности (лактации) и детьми в раннем возрасте играет важную роль в развитии нервной системы ребенка. Омега-3 улучшает усвоение витаминов, кальция и магния клетками, обеспечивая транспорт этих минералов через клеточную стенку [11].

Специализированный пищевой продукт для спортсменов «Масло МСТ ЭКОлаб среднецепочечные триглицериды». Это масло активизирует работу головного мозга, способствует ускорению метаболизма и снижению риска развития ожирения, нормализует функции кишечника за счет положительного влияния на работу микрофлоры, помогает контролировать вес и повышает работоспособность, увеличивает энергетический потенциал и улучшает настроение, что позволяет избежать переудания на нервной почве, регулирует процесс выделения тепла в организме [12].

«ЭКО-Кардио-Фито» – продукт из экстрактов растений давно и прочно зарекомендовавших себя в народной медицине. Подобраный состав «ЭКО-Кардио-Фито» способствует снижению нервной возбудимости, тревоги, повышает работоспособность, концентрацию внимания в стрессовых ситуациях и при переутомлении. «ЭКО-Кардио-Фито» состоит только из натуральных растительных компонентов, не имеет побочных действий и может использоваться большой категорией населения [13, 14]. Валериана понижает возбудимость центральной нервной системы, уменьшает возбуждение. Мелисса оказывает положительное действие на состояние нервной системы и помогает справиться с переутомлением, масло мяты перечной имеет спазмолитическое действие, снимает воспаление, успокаивает нервы, обладает антиоксидантными свойствами, устраняет пищеварительные проблемы. Родиола розовая стимулирует умственную работоспособность человека, несколько улучшает память и внимание. Прием «ЭКО-Кардио-Фито» не влияет на способность управлять автотранспортом, сложными механизмами и другими потенциально опасными видами деятельности, требующими повышенной концентрации внимания и быстроты психомоторных реакций.

«Стальника сироп ЭКОлаб» – корень стальника снимает воспаления в области желудочно-кишечного тракта, оказывает мочегонное и слабительное действие, снижает кишечные и желудочные боли, снижает кровоточивость геморроидальных узлов, позволяет быстрее зажить внутренние язвы и эрозии, способствует уменьшению хрупкости и проницаемости капилляров. Плоды шиповника оказывают желчегонное, общеукрепляющее действие на организм, применяются для лечения и профилактики гиповитаминозов, кроме того, экстракт шиповника придает тонус коже, способствуя ее регенерации [15].

«ЭКОвир ЭКОлаб» разработан и внедрен в производство в рамках импортозамещения комплексный продукт, аналог европейского «Виусид», «Каталисис С.Л.», Испания. «ЭКОвир ЭКОлаб» – это сбалансированный комплекс биологически активных компонентов, для функционирования всех систем, оказывает стимулирующее влияние на организм, повышает адаптационные силы организма. Специальный многокомпонентный состав гарантирует эффект при профилактике и в комплексе с терапией вирусных и бактериальных инфекций (грипп, пневмония, ОРВИ, коронавирус и др.) [16].

В настоящее время ЗАО «ЭКОлаб» нацелено как на увеличение номенклатуры продуктов, позволяющих дополнительно к пище пополнять организм веществами необходимыми для работы отдельных органов и систем так и на расширение их форм выпуска. Проводятся работы по разработке и регистрации продуктов в капсулах, расширяется ассортимент в форме сиропов, суспензий и растворов. Линейка продуктов ЗАО «ЭКОлаб» – это источники веществ, направленные на восполнение потенциального пищевого дефицита, их применение обеспечивает людей всех возрастов необходимыми, но содержащимися в недостаточном количестве в ежедневном рационе веществами, что способствует поддержанию здоровья всех органов и систем человека. Они не токсичны, действуют мягко, не провоцируют побочных проявлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глушко Е. В. Экофитол Эколаб – натуральный гепатопротектор / Е. В. Глушко, Т. А. Королева, Н. П. Николаева // Известия ГГТУ. Медицина, фармация. 2021. № 2. С. 63–66.
2. Овсяян В. Использование имбиря и куркумы в лечебно-профилактических целях / В. Овсяян, Т. Мартиросян // Евразийский союз ученых. 2020. № 4–5 (73). С. 56–60.
3. Рогожников А. Ю. Композиция общеоздоровительного действия с торговым названием «Экофитол детокс плюс Эколаб» / А. Ю. Рогожников, Е. П. Рогожникова, Т. Ю. Гашенко // Известия ГГТУ. Медицина, фармация. 2023. № 1. С. 39–44.
4. Матолыгина Е. М. Разработка и подбор состава БАД к пище с коллагеном и гиалуроновой кислотой / Е. М. Матолыгина // Перспективы внедрения инновационных технологий в медицине и фармации: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Орехово-Зуево, 26 ноября 2021 года. С. 173–179.
5. Хабаров В. Н. Гиалуроновая кислота: получение, свойства, применение в биологии и медицине / В. Н. Хабаров, П. Я. Бойков, М. А. Селянин // Практическая медицина, Москва. 2012. 164 с.

6. Калужин О. В. Антибактериальные, противогрибковые, противовирусные и иммуномодулирующие эффекты лизоцима: от механизмов к фармакологическому применению / О.В. Калужин // Эффективная фармакотерапия. Педиатрия № 1 (14). С. 6–13.
7. Туркина Л. В. Эффективность применения *Lactobacillus gutenbergi* в клинической практике / Л. В. Туркина // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 3–2. С. 106–109.
8. Ипатова М. Г. Лактазная недостаточность у детей раннего возраста и особенности питания при патологии. Разбор клинических случаев / М. Г. Ипатова, М. И. Дубровская, Т. И. Корнева, Е. К. Кургашева, Ю. Г. Мухина // Вопросы современной педиатрии. 2012. Том 11. № 1. С. 119–123.
9. Рылова Н. В. Влияние карнитина на выносливость юных спортсменов / Н. В. Рылова, А. В. Жолинский, А. А. Биктимирова // Практическая медицина. 2020. Т. 18. № 4. С. 45–48.
10. Прожогина Ю. Э. Эффективность седативных препаратов растительного происхождения в клинической практике / Ю. Э. Прожогина, М. А. Джавахян // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: Сборник материалов IX Международная научная конференция молодых ученых – Москва: ФГБНУ ВИЛАР, 2021. С. 491–497.
11. Орлова С. В. Еще раз об омеге: влияние омега-3 ПНЖК на состав материнского молока и здоровье детей / С. В. Орлова, Е. А. Никитина, Н. В. Балашова, Е. В. Прокопенко // Медицинский алфавит. 2022. № 3. С. 34–40.
12. Ариповский А. В. Физиология среднецепочечных жирных кислот. Физиология, особенности и применение в пластике / А. В. Ариповский, В. Н. Титов // Клиническая лабораторная диагностика. 2013. №6. С. 3–10.
13. Помазанов В. В. Фармация, фармацевтика и национальная безопасность / В. В. Помазанов, С. Г. Марданлы, В. А. Киселева // Компетентность. 2020. № 4. С. 35–41.
14. Мизина П. Г. Растительные и минеральные биологически активные комплексы для медицинских технологий здоровьесбережения. Москва: Наука. 2021. 164 с.
15. Королева Т. А. Разработка технологии получения сиропа из корней стальника и плодов шиповника / Т. А. Королева, Н. П. Николаева // От биохимии растений к биохимии человека: Международная научная конференция. Москва: ФГБНУ ВИЛАР, 2022. С. 182–185.
16. Помазанов В. В. Каталисис. Качество жизни / В. В. Помазанов, Г. В. Помазанов, Ю. В. Королева // М: Федеративная информационная система, 2010. 270 с.

Отхаркивающие средства растительного происхождения

Ахтамов И. И., студ. 4 курса

Науч. рук. — Закамская Е. С., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
smilepharmjob@gmail.com

Сегодня все больше людей интересуются здоровым образом жизни, а значит и способами лечения заболеваний без применения синтетических препаратов. Растительные отхаркивающие средства имеют более мягкое действие, и имеют меньше побочных эффектов, свойственных синтетическим препаратам и естественным путем включаются в метаболизм [1, 2]. Побочными эффектами синтетических препаратов на основе ацетилцистеина (АЦЦ, Флуимуцил) являются желудочно-кишечные расстройства, бронхоспазм; длительное применение препаратов амброксола (Амбробене, Лазолван) может вызывать изжогу, тошноту, рвоту, крапивницу, ангионевротический отек; прием карбоцистеина (Карбоцистеин-Тева, Бронхобос, Либексин Муко) может приводить к запорам; применение протеолитических ферментов (трипсин, рибонуклеаза) сопровождается высоким риском аллергических реакций и спазма бронхов [3, 4]. Побочное действие растительных отхаркивающих средств, наблюдается в очень редких случаях в виде аллергических реакций (кожная сыпь, крапивница), а также проблем стороны желудочно-кишечного тракта (тошнота, диспепсия). Чрезвычайно редко могут возникать серьезные побочные эффекты, например, анафилактический шок, обструкция дыхательных путей, головокружение, потеря сознания и другие симптомы, требующие немедленной медицинской помощи [5, 6]. В связи с этим растительные отхаркивающие препараты широко используются в педиатрии [2, 7, 8]. Кроме того, растительные отхаркивающие средства имеют невысокий ценовой диапазон. Таким образом, развитие растительных отхаркивающих средств может иметь большой потенциал для удовлетворения потребностей пациентов, которые ищут естественные и безопасные способы лечения кашля.

Цель данного исследования: анализ биологически активных соединений природного происхождения отхаркивающего действия.

Механизм действия растительных отхаркивающих средств заключается в их способности разжижать и эвакуировать слизь из дыхательных путей, уменьшая воспаление и раздражение бронхиальных трубок. Растительные отхаркивающие средства могут также стимулировать местный иммунитет, что помогает бороться с инфекцией в дыхательных путях [9].

Одним из наиболее распространенных компонентов растительных отхаркивающих средств являются слизи, которые образуют защитный слой на поверхности слизистой оболочки дыхательных путей и помогают в ее защите от внешних раздражителей. Другие компоненты, такие как эфирные масла, флавоноиды и сапонины, могут также оказывать отхаркивающее действие.

Основные категории растительных отхаркивающих средств и их примеры.

Растительные отхаркивающие средства могут быть классифицированы по различным критериям, таким как механизм действия, химический состав и форма выпуска. В данном разделе мы рассмотрим основные категории растительных отхаркивающих средств и приведем примеры из каждой категории.

- Сиропы на основе меда и растительных экстрактов. Примеры: сироп алтеи корневой, сироп солодки, сироп подорожника.
- Чай и настои. Примеры: чай из цветков липы, чай из травы тимьяна, настойка аниса.
- Таблетки и капсулы. Примеры: Мукалтин, Респеро Миртол, Термопол (Таблетки от кашля), Трависил.
- Ингаляторы и спреи. Примеры: ингалятор с эвкалиптом, спрей с прополисом, ингалятор с ментолом.
- Эфирные масла и бальзамы. Примеры: масло чайного дерева, масло эвкалипта, бальзам "Звездочка".

Это лишь некоторые из категорий растительных отхаркивающих средств и примеров из каждой категории. Конкретный выбор средства зависит от индивидуальных потребностей и рекомендаций врача.

Основные растительные соединения, обладающие отхаркивающими свойствами.

Слизи и сапонины относятся к группе отхаркивающих средств рефлекторного действия, они действуют на рецепторы желудка и вследствие этого рефлекторно усиливают секрецию бронхиальных желез, увлажняют слизистые оболочки дыхательных путей, уменьшают вязкость мокроты, облегчая ее отхождение и уменьшая кашель [10]. Слизи содержатся в таких растениях, как подорожник большой, мать-и-мачеха обыкновенная, алтей лекарственный и армянский, липа сердцелистная и крупнолистная. Тритерпеновые пентациклические сапонины (сапонизиды) – это группа гликозидов, содержащихся в солодке голой и солодке уральской, синюхе голубой.

Эфирные масла – относятся к отхаркивающим средствам прямого действия, ароматические углеводы и терпеноиды которых стимулируют секрецию бронхиальных желез, а также обладают бактерицидным и противовоспалительным действием [5].

Алкалоиды с отхаркивающим эффектом действуют рефлекторно, стимулируют рецепторы желудка, вследствие этого рефлекторно усиливается секреция бронхиальных желез, повышается эффективность кашлевого рефлекса; стимулируют рвотный и дыхательный центры [5].

Флавоноиды обладают антиоксидантными свойствами, способствуют уменьшению воспаления и улучшению кровообращения в дыхательных путях, что способствует облегчению кашля [11].

Клинические исследования являются важным инструментом в оценке эффективности и безопасности растительных отхаркивающих средств. Ниже приведены некоторые результаты клинических исследований, проведенных на растительных ингредиентах, которые широко используются в качестве отхаркивающих средств.

Экстракт прополиса. Прополис – это смолистое вещество, производимое пчелами из смол деревьев и других растений. Он содержит множество биологически активных веществ, включая флавоноиды, фенолы, ароматические кислоты и многое другое [12].

Исследования показали, что у пациентов с бронхиальной астмой, принимающих экстракт прополиса, наблюдалось снижение симптомов и улучшение функции легких по сравнению с плацебо. Кроме того, экстракт прополиса имеет противовоспалительные свойства, которые могут помочь снизить воспаление дыхательных путей [13]. Было установлено, что пациенты, получавшие прополис, имели значительное улучшение симптомов кашля, затруднения дыхания и бронхиальной обструкции по сравнению с пациентами, получавшими плацебо [14]. Это указывает на потенциальную эффективность прополиса в лечении кашля и других симптомов верхних дыхательных путей. Однако, как и со всеми растительными препаратами, необходимо проводить дополнительные исследования для подтверждения этих результатов и определения оптимальной дозы и продолжительности лечения.

Экстракт эвкалипта получают из листьев эвкалипта прутовидного (*Eucalyptus viminalis* Labill). Эфирные масла, содержащиеся в листьях эвкалипта круглого, оказывают стимулирующее влияние на рецепторы слизистых оболочек, обладают также противовоспалительной и антисептической активностью [15]. Исследование показало, что у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких, принимающих экстракт эвкалипта, наблюдалось снижение симптомов и улучшение функции легких по сравнению с плацебо. Кроме того, экстракт эвкалипта имеет противовоспалительные и антимикробные свойства, которые могут помочь снизить риск развития инфекций дыхательных путей. Пациенты, получавшие экстракт эвкалипта, имели существенно меньшее количество слизи в бронхах по сравнению с пациентами из группы плацебо. Кроме того, у пациентов, получавших экстракт эвкалипта, было замечено улучшение функции легких и снижение уровня воспалительных маркеров [16].

Экстракт корня солодки получают из корней растений *Glycyrrhiza glabra* L. и *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. Корень солодки содержит тритерпеновые пентациклические сапонины и широко используется в традиционной медицине для лечения кашля и других респираторных заболеваний, что подтверждает его эффективность в отхаркивающих средствах. Однако, стоит обратить внимание на то, что при длительном

и/или чрезмерном употреблении корня солодки может возникнуть гипертензия и задержка жидкости в организме, поэтому следует использовать его с осторожностью и только по рекомендации врача [17]. У пациентов с хроническим бронхитом, принимающих экстракт корня солодки, наблюдалось улучшение симптомов по сравнению с плацебо.

Экстракт плюща получают из листьев плюща обыкновенного (*Hedera helix* L.). Терапевтический эффект препаратов на основе *Hedera helix* связан, главным образом, с тритерпеновыми сапонинами [18]. (С. Lang et al было продемонстрировано противовоспалительное, муколитическое и бронхоспазмолитическое действие сухого экстракта листьев плюща [19]. В результате рандомизированного, плацебо-контролируемого исследования, проведенного немецкими и швейцарскими учеными с участием 181 пациента было показана эффективность и безопасность экстракта листьев плюща при остром кашле [20].

При использовании растительных отхаркивающих средств необходимо соблюдать меры предосторожности и следить за реакцией своего организма на препарат. Если возникнут какие-либо нежелательные эффекты, следует незамедлительно прекратить применение средства и обратиться за консультацией к врачу. Также не стоит превышать рекомендованную дозу и продолжительность приема, указанные на упаковке или рекомендованные врачом.

Таким образом, к основным БАВ отхаркивающего действия относятся слизи, сапонины и эфирные масла, которые способны разжижать мокроту и улучшать ее отхождение, а также обладают противовоспалительными и противомикробными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прожерина Ю. Растительные средства для лечения кашля: эффективность, доказанная веками // Ремедиум. 2019. №1–2. С. 27–30.
2. Лазарева Н. Б., Карноух К. И. Фитопрепараты: современные возможности использования в терапии респираторных инфекций // Медицинский совет. 2020. № 17. С. 114–122.
3. Косарев В. В., Бабанов С. А. Отхаркивающие препараты: клинико-фармакологические подходы к применению // Медицинская сестра. 2009. №6. С. 31–35.
4. Якимова С. С. Растительные препараты при кашле: клиническая эффективность и целесообразность // МС. 2012. №3. С. 16–21.
5. Косарев В. В., Бабанов С. А. Отхаркивающие препараты // Медицинская сестра. 2011. №5. С. 40–45.
6. Микучлык Н. В., Годовальников Г. В. Фармацевтическая помощь при отпуске безрецептурных лекарственных средств. Симптоматическое лечение кашля. Информационное пособие [Электронный ресурс]. URL: https://www.bsmu.by/downloads/kafedri/k_org_farm/2021-1/fpk/alg-3.pdf (дата обращения: 08.05.2023).
7. Мельникова И. М., Мизерницкий Ю. Л. Индивидуально ориентированный выбор муколитического препарата при кашле у ребенка с ОРВИ // МС. 2019. №2. С. 224–230.
8. Бондарь Г. Н. Проблемы лечения кашля в педиатрической практике // ВСП. 2008. №2. С. 124–127.
9. Булгакова В. А. Выбор эффективного фитопрепарата в терапии респираторных заболеваний у детей // Практика педиатра. 2013. № 4. С. 16–23.
10. Зайченко А., Мищенко О. Муколитики в лечении болезней органов дыхания: фокус на безопасность // Фармацевт Практик. 2015. № 2. С. 30–31.
11. Жаркова Н. Е. Кашель: причины, диагностика, лечение. // РМЖ. 2006. № 16. С. 1171–1174.
12. Суханова Л. В., Канарский А. В. Прополис как биологически активный продукт // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №4. С. 198–203.
13. Propolis from cough: useful properties and how to apply. <https://medhelpsis.com/en/posts/12258>.
14. The Potential Use of Propolis as a Primary or an Adjunctive Therapy in Respiratory Tract-Related Diseases and Disorders: A Systematic Scoping Review. / F. Zuhlendri, C. O Perera, S. Tandean, R. Abdulah et. el. // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2022 Vol. 146. P. 112595.
15. Alamgeer Traditional medicinal plants used for respiratory disorders in Pakistan: a review of the ethno-medicinal and pharmacological evidence // Chinese Medicine 2018. [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/327779816_Traditional_medicinal_plants_used_for_respiratory_disorders_in_Pakistan_a_review_of_the_ethno-medicinal_and_pharmacological_evidence.
16. Anti-inflammatory activity of 1,8-cineol (eucalyptol) in bronchial asthma: A double-blind placebo-controlled trial. / J. Uwe, D. Uwe, S. Gratiana, A. Gillissen, R. Repges, H. Vetter // Respiratory medicine. 2003. Vol. 97. P. 250–6. DOI: 10.1053/rmed.2003.1432.
17. Кароматов И. Д., Абдувохидов А. Т. Побочные эффекты препаратов солодки (обзор литературы) // Биология и интегративная медицина. 2018. С. 47–58.
18. Pre-treatment with α -hederin increases β -adrenoceptor mediated relaxation of airway smooth muscle. / A. Wolf, R. Gosens, H. Meurs, H. Häberlein // Phyto medicine 2011. № 18. P. 214–218.
19. Lang C, Röttger-Lüer P, Staiger C. A. valuable option for the treatment of respiratory diseases: review on the clinical evidence of their dry extract EA 575®. // Planta Med. 2015. № 81. P. 968–974.
20. Результаты рандомизированного, контролируемого, двойного слепого, многоцентрового исследования эффективности и безопасности препарата на основе сухого экстракта листьев плюща (EA 575®) по сравнению с плацебо при лечении острого кашля у взрослых / А. Шеффер, М. С. Кер, Б. М. Джанетти, М. Булитта // Поликлиника. 2019. № 5–2. С. 71–78.

Производственная аптека – пережиток прошлого или шаг к совершенствованию системы здравоохранения

Батрова С. В., студ. 3 курса

Науч. рук. – Яковлев И. Б., д-р фармацевт. наук, проф.

*Марийский государственный университет, г. Йошкар-ола
Batrovasnezana1@gmail.com*

Аннотация: В России наблюдается тенденция к снижению количества производственных аптек, поэтому увеличение количества аптек с рецептурно-производственным отделом является одной из главных целей министерства здравоохранения. В работе рассмотрены перспективы возрождения производственных аптек. Подчеркнуто, что в России функционируют производственные аптеки в недостаточном количестве. В статье рассмотрены трудности аптечного изготовления, которые связаны с устаревшей материальной базой производственных аптек, отсутствием необходимого оборудования, недостатком квалифицированного персонала и фармацевтических субстанций.

Ключевые слова: производственная аптека, лекарственные средства, провизоры, аптеки с рецептурно-производственным отделом, обеспечение лекарственными средствами, экстенпоральные лекарственные препараты

Производственная аптека – это аптека, осуществляющая отпуск готовых лекарств и лекарственных средств, которые провизор изготавливает по рецептам врачей и требованиям лечебно-профилактических учреждений. Аптечные организации с рецептурно-производственным отделом является важной частью системы лекарственного обеспечения здравоохранения, которые обеспечивают индивидуальную, доступную и эффективную лекарственную терапию.

Несмотря на возрастающий спрос в фармацевтической отрасли к 2023 году выявлена тенденция к снижению количества производственных аптек. Так на 2021 год в России насчитывались около 460 производственных аптек из 70238 аптечных учреждений. Следовательно, доля производственных аптек РФ около 0,65% [1]. В Марий Эл на 311 аптек приходится 3 аптеки с рецептурно-производственным отделом. А именно Медведевская центральная районная аптека № 44, аптека № 67 АО «Марий Эл фармация» и аптека ГБУ РМЭ «Республиканский клинический госпиталь ветеранов войн». Доля производственных аптек в РМЭ составляет 0,96%.

По данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл на 2022 год в РМЭ проживают 184733 пожилых людей (женщин старше 55 и мужчин старше 60). У лиц пожилого возраста выведение лекарственных веществ почками замедлено, в результате чего происходит повышение концентрации активных или токсичных метаболитов, препаратов, которые выводятся в неизменном виде, а также увеличивается период полувыведения, создавая опасность кумуляции лекарственных средств, передозировки и побочных эффектов. Поэтому пожилым людям необходима коррекция доз лекарственных средств, которую может обеспечить аптека с РПО.

Количество детей в возрасте от нескольких месяцев до 14 лет 125866. Детский организм значительно отличается от взрослого: всасывание лекарственных средств, поступающих в организм ребенка, непредсказуемо; нарушена биотрансформация лекарственных средств. Экскреция лекарственных средств из организма ребенка замедлена, так как имеется недостаточная функция печени и почек. Поэтому детям необходима коррекция дозирования, лекарственное средство детям принято назначать из расчета на 1 кг массы тела, на 1 м² поверхности тела или на год жизни ребенка. Препараты для детей редко производят промышленным способом, так как на этапе клинических исследований возникают трудности проведения КИ на детях. Поэтому необходимы производственные аптеки для обеспечения лекарственной терапии в педиатрии.

Одна производственная аптека за 11 часов работы способна изготовить в среднем 44 лекарственных препаратов, следовательно, необходимо увеличить количество аптек с рецептурно-производственным отделом в республике Марий Эл, так существующее количество производственных аптек не способно обеспечить каждому персональную терапию.

За последнее время наблюдается уменьшение количества производственных аптек. Основная причина: рост конкуренции от крупных фармацевтических компаний, так как они предлагают более разнообразный ассортимент лекарственных препаратов. С каждым годом ужесточаются требования к качеству лекарственных средств. Для их соблюдения производственной аптеки необходимы современные технические оборудования и квалифицированные кадры, большие денежные вложения. Со стороны государства причиной послужил Федеральный закон №61–ФЗ «Об обращении лекарственных средств». Данный закон не допускает изготовление аптечными организациями, ветеринарными аптечными организациями, индиви-

дуальными предпринимателями, имеющими лицензию на фармацевтическую деятельность, лекарственных препаратов, зарегистрированных в Российской Федерации [2]. Данные причины послужили концом пика производственных аптек.

Направления развития рынка экстемпоральных лекарственных препаратов:

Борьба с дефицитом лекарственных препаратов. Производственная аптека может производить лекарственные средства, которые покинули фармацевтический рынок. Например, в 2018 году предприятие «Мосхимфармпрепараты», единственный завод выпускавший медикамент азатиоприн, было признано банкротом. И только спустя 2 года другое предприятие начала выпускать препарат. В течение этого времени производственные аптеки закрывали потребность населения в этом препарате.

Изготовление орфанных ЛС. В России проживают на 2020 год 36 тысяч людей, страдающих редкими заболеваниями, в республике Марий Эл 206. Аптеки с рецептурно-производственным отделом решат проблемы пациентов с редкими заболеваниями, ведь препараты для лечения орфанных заболеваний нерентабельно производить крупным фармацевтическим компаниям или же они продаются по высоким ценам. РПО позволит сократить расходы бюджета системы здравоохранения, при этом удовлетворив потребность в лекарственных препаратах от орфанных заболеваний даже в педиатрии и гериатрии. Так пациентам с заболеваниями, сопровождающимися нарушением цикла мочевины необходимы порошки бензоната натрия в индивидуальной дозировке, только производственная аптека сможет обеспечить их производство быстро и дешево.

Изготовление из зарегистрированных готовых лекарственных средств. Депутаты Государственной Думы приняли во втором и третьем чтении закон, предоставляющий право изготавливать ЛП по рецептам врача с индивидуальными дозировками, однако индивидуальные предприниматели не смогут заниматься данной деятельностью. Использование готовых лекарственных форм в качестве сырья для производства ЭЛП позволит решить проблему с отсутствием субстанций на рынке в РФ или же с их высокой стоимостью.

Производственные аптеки смогут фасовать лекарство под курс каждого пациента. Это снизит загрязнение окружающей среды препаратами с истекшим сроком годности, так как бывает, что на курс лечения нужно меньше препарата, чем содержится в стандартной заводской упаковке.

Производственные аптеки могут изменить способ введения препарата. РПО может заменить лекарственную форму известного препарата для использования пациенту, который находится в бессознательном состоянии, и не может принять ТЛФ. Также есть необходимость изменения состава препарата, у больного может быть аллергия на вспомогательные вещества готового препарата: консерванты, стабилизаторы, красители, ароматизаторы. Производственной аптеке не составит труда изготовить препарат, не вызывающий аллергическую реакцию у пациента.

К тому же производственная аптека сможет обеспечить медицинские учреждения необходимыми препаратами, которые убыточно получать промышленным способом. Так она может производить препараты с коротким сроком годности, которые фармацевтические компании не производят в связи с нерентабельностью производства.

Модернизацию аптечного производства необходимо осуществлять в соответствии со следующими принципами:

Внести изменения в Федеральный закон №61–ФЗ «Об обращении лекарственных средств». Изменение должно предоставить право аптекам изготавливать зарегистрированные препараты, а также изготавливать из готовых лекарственных форм.

Расширить ассортимент зарегистрированных фармацевтических субстанций, а также разрешить закупать фарм. субстанции в фасовке, отличающихся от заводской фасовки, и расширить срок годности субстанций.

Обеспечить возможность для аптек с производственно-рецептурным отделом осуществлять фасовку, в том числе готовых лекарственных форм.

Пересмотреть приказ Минздрава №751н «Об утверждении правил изготовления и отпуска лекарственных препаратов для медицинского применения аптечными организациями, индивидуальными предпринимателями, имеющими лицензию на фармацевтическую деятельность» [3]. Он устанавливает короткие невыгодные сроки годности индивидуально изготовленных лекарственных препаратов. Так, для стерильных лекарственных средств установлен срок годности двое суток. Это не соответствует действительному сроку сохранения препарата устойчивости, эффективности и безопасности.

Создать госпрограммы, поддерживающие и стимулирующие аптечное производство. Например, нужно принять специальный тариф ЖКХ для производственных аптек, так как для них требуется большая площадь. Предоставление льгот по арендной плате, в том случае если арендодателем является субъект Российской Федерации. Также необходима государственная поддержка для обновления оборудования.

Разработка и внедрение современных образовательных программ для провизоров и врачей. Создать бесплатные курсы для повышения квалификации работников в сфере производства и изготовления экстенпоральных лекарственных средств, а также фасовки готовых лекарственных препаратов.

Пересмотреть систему контроля качества, внедрить современные методы контроля.

Разработка организационно-экономических подходов для стимулирования развития на территории России производственных аптек.

Вывод: Потребность населения в экстенпоральных лекарственных препаратах, несмотря на широкий ассортимент готовых лекарственных медикаментов промышленного производства, по-прежнему не теряет своей актуальности. Реализация ряд мер позволит создать новую эффективную и качественную систему изготовления ЛС с необходимой дозировкой, составом и лекарственной формой. Развитие производственных аптек повысит показатели здоровья населения в РФ, усовершенствует обеспечение населения лекарственными препаратами, уменьшит воздействие ЛС на экологию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калиновская Е. Как «Аптекарь» искал по России производственные аптеки, работающие с населением // Аптекарь. 2021. №7. С. 195.
2. Федеральный закон №61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств».
3. Приказ Минздрава №751н «Об утверждении правил изготовления и отпуска лекарственных препаратов для медицинского применения аптечными организациями, индивидуальными предпринимателями, имеющими лицензию на фармацевтическую деятельность»

Хиральность как свойство природных систем: значение в биологии и фармации

Бурдакина И. А., Искусных А. Ю.

Воронежский государственный медицинский университет имени Н. Н. Бурденко, г. Воронеж.
ira_burdakina@mail.ru

Для того, чтобы разработать или усовершенствовать лекарственное средство, требуется немало знаний из разных областей: физика и химия, например, позволяют фармакологам изучить физико-химические свойства действующего вещества, благодаря чему становится возможным определение фармакокинетики, фармакодинамики и способа введения препарата, ограничение сферы его применения, прогнозирование побочных эффектов и противопоказаний. Однако если о таких параметрах как липофильность и гидрофильность известно достаточно, то о хиральности молекулы упоминается крайне редко.

Хиральность – это свойство молекулы, заключающееся в несовпадении ее зеркальных частей в пространственном строении. С точки зрения органики, хиральным можно назвать соединение, в котором имеется ассиметричный углеродный атом с четырьмя различными заместителями, образующими с ним ковалентные связи [1].

Энантиомер будет именоваться по направлению, где его раствор начинает вращать плоскость поляризации света. Если вращение происходит по часовой стрелке – это правовращающий энантиомер (+). Его оптический антипод именуется (–) – левовращающий. В настоящее время для обозначения энантиомеров используют также (R,S)-номенклатуру, определяемую взаимным расположением четырех связанных с хиральным углеродом заместителей.

Считается, что живую материю, в том числе человеческий организм, отличает хиральная чистота. Это означает, что вещество в составе биополимеров, белков и нуклеиновых кислот может быть только в виде одного из энантиомеров – пары стереоизомеров, являющихся зеркальными отражениями друг друга, не совмещаемых в пространстве. Такая гомохиральность обеспечивает стереоспецифичность: например, ДНК и РНК состоят из D-дезоксирибозы/рибозы, что обуславливает комплементарность, а белки построены из L-аминокислот для формирования уникальной конфигурации, необходимой для узнавания организмом своих субстратов и лигандов [2].

После ряда бифуркаций, нелинейная система может спонтанно формировать иерархические структуры с изменяющимся масштабом и симметрией за счет чередования знака хиральности в гомохиральных молекулах белков и нуклеиновых кислот. Так, при переходе на более высокий уровень в ДНК наблюдается D–L– D–L последовательность, а в белках: L–D–L–D [3].

Данное явление связано с перераспределением напряжения в молекуле и запасанием свободной энергии. Благодаря этому в организме происходит стратификация: изменение знака хиральности на определенном иерархическом уровне вследствие изомеризации неминуемо приведет к замене на других уровнях знака хиральности на противоположный. Так, у человека в клетках мозга был обнаружен D-серин – антагонист NMDA рецепторов, в плазме крови – опиоидные пептиды из D-аминокислот. В процессе метабо-

лизма при окислении правой глюкозы образуется оптически неактивная АТФ, при гликолизе же помимо двух ахиральных молекул АТФ образуются две молекулы хиральной молочной кислоты с тетраэдрической структурой. Существует гипотеза, что синтез молочной кислоты в стекловидном теле глаза асимметричен [4].

Стоит также отметить, что именно L-аминокислоты выбираются транспортной РНК для синтеза цепи белка в рибосомах, но D-формы тоже могут присутствовать в разных количествах, отвечая за гормональные, морфогенетические и другие процессы [3]. Само соотношение D- и L-энантиомеров будет связано с повышением риска развития ряда заболеваний и скорости старения.

В фармакологии важно учитывать хиральность при изготовлении или назначении лекарственного средства, так как энантиомеры могут различаться по своей биологической активности и качественно, и количественно [5].

Подавляющая часть препаратов могут оказывать свой эффект только при хиральной чистоте, так как, несмотря на разницу знаков хиральности на разных иерархических уровнях, большинство рецепторов и транспортных систем, часто являющихся точками приложения лекарств, имеют строгую стереоспецифичность к L-формам. Более того, ряд известных медикаментов (пенициллин, этамбутол, талидомид) при гетерохиральной структуре будут обладать токсичностью, вызывая ряд необратимых мутаций [2]. Это связано с входящими в их состав D-энантиомерами, способными метаболизироваться и накапливаться, образуя комплекс лиганд-рецептор (почти также интенсивно как L-формы). В результате, эти молекулы могут включиться в синтезируемые белки, что нарушит их посттрансляционную модификацию и приведет к потере функциональной и ферментативной активности. В свою очередь, в организме из-за этого нарушатся обменные процессы на всех уровнях организации. В случае талидомида тератогенным является только S-энантиомер, R-энантиомер таковым не является.

Существует группа препаратов, которые, наоборот, применяются в D-форме. Например, незаменимая D-аспарагиновая кислота, которая необходима для регуляции работы эндокринной системы и высвобождения гормонов. Однако и здесь стоит учитывать хиральный знак молекулы: было доказано, что у пожилых людей в организме увеличивается число D-энантиомеров аспарагиновой кислоты в дентине, коллагене типа I, эластине из-за усиленной рацемизации — это переход из состояния гомохиральности в состояние гетерохиральности. Избыток D-аспарагиновой кислоты у пожилых людей, в свою очередь, усиливает агрегацию бета-амилоида в клетках мозга, способствуя развитию болезни Альцгеймера [2]. D-форма часто встречается у антибиотиков, например, в пенициллине. При измененном соотношении в организме L и D-энантиомеров, побочные эффекты пенициллина будут усилены.

Также выделяют препараты, у которых в ряде исследований были отмечены разные ответы на разные энантиомеры, поэтому было необходимо дополнительно исследовать параметры безопасности их применения.

Так, в клинических испытаниях селективного β_1 -адреноблокатора атенолола было установлено, что его S-(-)-энантиомер является эффективным, хорошо переносимым препаратом для лечения артериальной гипертензии, тогда как присутствие в рацемате R-(+)-атенолола может вызвать различные побочные эффекты [6].

β_2 -агонист R-сальбутамол вызывает достоверно большую бронходилатацию, чем эквивалентные дозы рацемата. S-энантиомер цетиризина, H₁-гистаминового агента, значительно более активен, чем S-энантиомер.

Анестетик S-кетамин имеет большее анальгетическое и анестетическое действие, чем R-энантиомер, а также лишен постанестетических реакций, таких как возбуждение и галлюцинации [7].

Производимый в фармакологии ибупрофен является рацемической смесью. Было установлено, что биологической активностью обладает лишь один энантиомер — (S)-(+)-ибупрофен, тогда как его оптический антипод R-(-)-ибупрофен в организме неактивен, а значит не может применяться в терапии, несмотря на отсутствие явно выраженного токсического эффекта. Позже было установлено, что в организме человека имеется фермент (изомеразы), способный превращать неактивный R-(-)-ибупрофен в активный (S)-(+)-ибупрофен, поэтому хиральная чистота ибупрофена, в отличие от многих других препаратов не так обязательна [7].

В настоящее время существуют и продолжают разрабатываться лекарственные средства, которые имеют сразу два хиральных центра, и, как следствие, образуют четыре энантиомера. К таким лекарствам можно отнести статины, образующие энантиомеры 3R,5R-, 3R,5S-, 3S,5R- и 3S,5S-.

При этом отдельные энантиомеры одного препарата этой группы могут качественно и количественно различаться по своей биологической активности [5]. В некоторых случаях только один энантиомер отвечает за терапевтический эффект, в то время как противоположный энантиомер может быть неактивным или вызывать нежелательные эффекты. Наиболее часто в клинической практике используются формы 3R,5R-аторвастатин, 3R,5S-розувастатин. Биотрансформация хиральных соединений часто приводит к

нарушению баланса между стереоизомерами, увеличивая риск развития болезни Альцгеймера, Паркинсона и атеросклеротических изменений.

Применение в качестве лекарственных средств отдельных энантиомеров показало значительные преимущества перед рацематами: упрощенный фармакологический профиль, менее сложный профиль фармакодинамики, простое соотношение между концентрацией энантиомера в крови и его клиническим эффектом.

Развитие хиральных технологий и тенденция к разделению рацемических смесей и стереоселективному получению энантиомеров направлено на разработку лекарственных средств с более четким фармакологическим профилем, обладающих повышенной эффективностью и в то же время безопасностью, что позволяет снизить риск развития заболеваний, возникновения тератогенного и токсического воздействия на организм.

В перспективе необходимо проведение дальнейших биомедицинских и клинических сравнений действия препаратов с учетом хирального знака для их активного и безопасного применения в терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хиральность в структурной организации биомакромолекул / О. А. Жулябина, Е. В. Малышко, С. А. Ильченко, В. А. Твердислов // Вестник науки и образования. 2015. №4(6). С. 24–25.
2. Твердислов В. А., Яковенко Л. В., Жаворонков А. А. Хиральность как проблема биохимической физики. // Российский химический журнал. 2007. Т. 51, №1. С. 13–22.
3. Малышко Е. В., Муртазина А. Р., Твердислов В. А. Хиральность как физическая основа иерархической периодизации структур биомакромолекул // Биофизика. 2020. Т. 65, №2. С. 213–218.
4. Холманский А. С. Моделирование физики мозга // Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал. 2006. Т. 5. В. 4.
5. О взаимосвязи энантиомерного состава и биологической активности молекул / А. Г. Гасанов, И. Г. Аюбов, Г. Э. Гаджиева, Ф. С. Гурбанова // Вестник Дагестанского государственного университета. 2020. Т. 36, №2. С. 100–108.
6. Patribiak L. Randomized, double-blind, parallel-group, multi-centric clinical trial of S-atenolol 25 mg versus racemic atenolol 50 mg in stage 1 and 2 hypertension, JAMA-India 2004. Vol. 3 (1). P. 71–75.
7. Максименко А. В. Хиральность кардиологических препаратов: миф или реальность // Кардиологический вестник. 2010. Т. 5(17). №2. С. 83–86.

Рациональность введения дополнительных брошюр к инструкциям лекарственных препаратов на марийском языке

Васильева Т. Е.

Науч. рук. – Яковлев И. Б., д-р фармацевт. наук, проф.

*Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
e-mail tatasileva00@mail.ru*

Марийский язык, также известный как язык черемисов, является финно-угорским языком, на котором говорят марийцы, проживающие в Республике Марий Эл в России. Его используют около 500 000 человек, и он является одним из официальных языков Республики Марий Эл. Марийский язык имеет большое значение, так как представляет уникальную культуру и самобытность марийского народа [1].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), языковой барьер является одним из самых серьезных препятствий для доступа к услугам здравоохранения. Отсутствие инструкций к лекарствам на марийском языке является серьезной проблемой, с которой сталкиваются носители марийского языка в Республике Марий Эл, что приводит к ухудшению состояния здоровья и ограничению доступа к медицинской помощи. В связи с растущим спросом на многоязычные медицинские услуги крайне важно предоставлять инструкции к лекарствам на родном языке пациента. Эта работа призвана повысить осведомленность о важности предоставления многоязычных медицинских услуг и побудить поставщиков медицинских услуг учитывать языковые потребности своих пациентов [2].

Предоставление инструкций по лекарствам на марийском языке имеет решающее значение для обеспечения того, чтобы люди с ограниченным владением доминирующим языком имели доступ к важной информации о лекарствах. Это особенно важно для членов марийской общины, которые могут не говорить на русском языке, который является доминирующим языком в регионе. Предоставляя инструкции на своем родном языке, люди могут лучше понять, как принимать лекарства, и избежать возможных недоразумений или ошибок.

Более того, предоставление инструкций к лекарствам на марийском языке также может способствовать укреплению общественного здоровья, способствуя лучшему соблюдению режимов приема лекарств. Исследования показали, что пациенты, которые понимают инструкции к лекарствам, с большей вероятностью

стью будут принимать их в соответствии с предписаниями, что приводит к улучшению состояния здоровья. Например, исследование, опубликованное в Журнале Американской ассоциации фармацевтов, показало, что пациенты, которые получали инструкции по лечению на своем родном языке, имели более высокий уровень приверженности лечению, чем те, кто этого не делал.

По данным Всероссийской переписи населения 2020 года, на марийском языке говорят более 258 тысяч человек, 228 тысяч используют его в повседневной жизни. Однако имеется ограниченная информация о количестве говорящих на марийском языке, которым требуются инструкции по лечению на их родном языке [3].

Далее будут рассмотрены положительные и отрицательные стороны идеи создания дополнительных брошюр на марийском языке.

Из положительных моментов можно отметить: 1. Сохранение культурного наследия и помощь в сохранении культурного наследия и традиций этноса; 2. Развитие языка и помощь в сохранении его актуальности; 3. Укрепление национального самосознания и повышение уважения к этнической группе; 4. Повышение интереса к культуре, привлечение большого количества людей к изучению культуры и традиций марийского народа; 5. Улучшение коммуникации между людьми, говорящими на этом языке, и другими людьми, которые хотели бы узнать больше о культуре и традициях марийского народа.

Отрицательные моменты: 1. Финансовые затраты. Создание дополнительных брошюр на марийском языке требует дополнительных финансовых затрат, что может быть непосильным для некоторых организаций; 2. Сложности в переводе. Перевод текстов на марийский язык может быть сложным и требовать специальных знаний и навыков, что может затруднить процесс создания брошюр; 3. Риск потери качества перевода. При переводе текстов на марийский язык существует риск потери качества перевода из-за множества говоров и диалектов разных районов, что может привести к неправильному пониманию информации [4].

Для улучшения доступности инструкций к лекарствам на марийском языке можно рассмотреть следующие возможные решения:

1. Необходимо разработать специальные инструкции к препаратам на марийском языке, которые были бы доступны всем желающим. Это может быть осуществлено с помощью государственной поддержки или усилий местных общин, организаций и некоммерческих организаций.

2. Переводчики лекарств могут быть организованы для перевода инструкций на марийский язык, чтобы удовлетворить потребности населения в регионе.

3. Улучшение качества перевода может помочь уменьшить проблемы, связанные с неправильным применением лекарств.

4. Обучение местных медицинских работников на марийском языке может помочь снизить риск ошибок при назначении лекарств и улучшить доступность здравоохранения для марийского населения.

5. Необходимо распространять информацию о доступности инструкций к препаратам на марийском языке в регионе, чтобы все жители могли воспользоваться этими инструкциями.

6. Современные технологические средства, такие как мобильные приложения и интернет-ресурсы, могут быть использованы для распространения инструкций к препаратам на марийском языке. Это может помочь улучшить доступность инструкций для марийского населения в любое время и в любом месте.

Комбинация этих решений может помочь улучшить доступность инструкций к препаратам на марийском языке и снизить риск неправильного применения лекарств [5].

Повышение доступности инструкций к лекарствам на марийском языке может быть достигнуто за счет различных решений. Ниже приведены некоторые потенциальные решения, а также их преимущества и ограничения:

1. Разработка дополнительных брошюр с исчерпывающей информацией о лекарствах на марийском языке может быть быстрым и эффективным решением. Пациентам может быть полезно знать дозировку, побочные эффекты и другую важную информацию о лекарствах, которые они принимают. Тем не менее, создание брошюр может занять много времени и средств, и не всегда возможно обновить их, добавив в них самую свежую информацию.

2. Взаимодействие с медицинскими работниками, переводчиками и экспертами по марийскому языку может помочь обеспечить точные переводы и чистоту медицинской информации, предоставляемой пациентам, говорящим на марийском языке. Это может помочь уменьшить количество недоразумений и улучшить результаты лечения пациентов. Однако такой подход может быть дорогостоящим, и могут возникнуть трудности с поиском квалифицированных и опытных переводчиков и медицинских работников, которые могут предоставить точные переводы.

3. Создание центрального хранилища медицинской информации на марийском языке может быть полезным решением для пациентов и медицинских работников. Это могут быть онлайн-базы данных или мобильные приложения, которые предоставляют информацию о лекарствах, общих состояниях здоровья и

другую медицинскую информацию на марийском языке. Преимущество этого подхода заключается в том, что его можно легко обновлять самой последней информацией и делать доступной для более широкой аудитории. Однако разработка такого репозитория может потребовать значительных инвестиций и постоянного обслуживания для обеспечения точности, и актуальности информации.

Исходя из приведенных выше решений, наиболее эффективными и осуществимыми решениями для реализации было бы сочетание второго и третьего вариантов. Взаимодействие с медицинскими работниками, переводчиками и экспертами по марийскому языку может помочь обеспечить точный перевод и чистоту медицинской информации, предоставляемой пациентам, говорящим на марийском языке. Кроме того, разработка центрального репозитория медицинской информации на марийском языке может помочь обеспечить доступ к самой последней и актуальной информации для пациентов и медицинских работников. Этого можно достичь за счет создания онлайн-баз данных или мобильных приложений, предоставляющих информацию о лекарствах, общих состояниях здоровья и другую медицинскую информацию на марийском языке. Этот подход, вероятно, будет рентабельным в долгосрочной перспективе, поскольку он позволяет легко обновлять и расширять доступ.

Для подведения итогов об актуальности исследования, был проведен опрос. В нем приняло участие 102 человека в возрастном диапазоне от 15 до 82 лет. Все опрошиваемые – носители марийского языка, использующие его в повседневной жизни. Трое из них не владеют доминирующим языком.

Для перевода был выбран без рецептурный препарат Детралекс – венотонизирующий и венопротекторный препарат. К инструкции была сделана дополнительная брошюра на русском языке, далее переведена на марийский. Итоги опроса: перевод был кратким и доступным, информация о препарате была усвоена в полной мере и отмечена как полезная перед применением лекарства. Большинство опрошиваемых убеждены, что такая работа должна быть проделана и с другими лекарствами, так как некоторые из их знакомых, в основном пожилого возраста, не владеют русским языком. По их мнению, такие брошюры способствуют сохранению языкового наследия и культуры. Также были и те, кто оценивал эту идею как не рентабельную. Они уточнили, что будет затрачено много ресурсов, в основном финансовых. Относительно самих дополнительных брошюр к лекарственным препаратам опрошенные были единогласны: маленькие вкладыши к основной инструкции сильно облегчают понимание и усваивание информации, так как там нет «лишней» медицинской терминологии.

Таким образом, можно сделать вывод, что в отчете подчеркивается важность обеспечения доступности информации о лекарствах для всех, независимо от их языка или происхождения, и содержится призыв к действиям по устранению недостатков текущей ситуации. Предоставление четких и кратких инструкций к лекарствам на марийском языке не только улучшит состояние здоровья марияязычного населения, но и улучшит их понимание своего состояния здоровья и вариантов лечения.

В свете этих результатов важно признать важность языкового разнообразия в здравоохранении и обеспечить, чтобы все пациенты имели доступ к информации, необходимой им для принятия обоснованных решений о своем здоровье. Поэтому рекомендуется, чтобы заинтересованные стороны приняли меры для улучшения доступности инструкций к лекарствам на марийском языке и уделяли приоритетное внимание потребностям языковых меньшинств в здравоохранении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкалина Г. Е. Духовные основы культурного наследия народа мари // Финно-угорский мир. 2018. Т. 10, №1. С. 110–120.
2. Чузаев Р. И. Легитимация эндоними «Мари» в первой четверти XX в. // Финно-угорский мир. 2020. Т. 12, №1. С. 73–80.
3. Кондрашкина Е. А. Особенности языковой ситуации и языковой политики в Республике Марий Эл // Sciences of Europe. 2021. № 81–82. Р. 46–50.
4. Головачева Д. В., Новицкая И. В. Особенности перевода медицинских терминов // Juvenis scientia. 2018. № 2. Р. 30–33.
5. Митькина Л. И., Еричева А. К. Современные Требования к информационному и графическому сопровождению потребительской упаковки лекарственных препаратов // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2019. Т. 9, № 2. С. 108–117.

Производственные аптеки: прошлое, настоящее, будущее

Высокос Я. Р., Киселева В. А., Помазанов В. В., Зыкова С. И.

Государственный гуманитарно-технологический университет, г. Орехово-Зуево
yakovvysokos@gmail.com

Традиционно словом аптека называют специализированные организации, занимающиеся изготовлением, фасовкой, анализом и продажей лекарственных препаратов. Сегодня аптека – это, как правило, частное предприятие розничной торговли лекарственными препаратами (ЛП) и товарами аптечного ассор-

тимента. Согласно Ст.4 п.35 Федерального закона «Об обращении лекарственных средств»: «аптечная организация – организация, структурное подразделение медицинской организации, осуществляющие розничную торговлю лекарственными препаратами, в том числе дистанционным способом, хранение, перевозку, изготовление и отпуск лекарственных препаратов для медицинского применения в соответствии с требованиями настоящего Федерального закона» [1]. Хотя сегодня трудно себе представить, например, Орехово-Зуевскую аптеку ООО «Ранюша» с 10 филиалами или «больше чем аптека» «Планету здоровья» с 625 филиалами в качестве «структурного подразделения здравоохранения»?

Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации № 780н определены виды аптечных организаций:

1. Аптека, осуществляющая розничную торговлю (отпуск) лекарственных препаратов населению:

- готовых лекарственных форм;
- производственная с правом изготовления лекарственных препаратов;
- производственная с правом изготовления асептических лекарственных препаратов.

2. Аптека как структурное подразделение медицинской организации:

- готовых лекарственных форм;
- производственная с правом изготовления лекарственных препаратов;
- производственная с правом изготовления асептических лекарственных препаратов;
- производственная с правом изготовления радиофармацевтических лекарственных препаратов.

3. Аптечный пункт, в том числе как структурное подразделение медицинской организации.

4. Аптечный киоск [2].

На сегодняшний день в России насчитывается более 70 тыс. аптек, из которых всего 450–500 производственных, что составляет примерно 0.7% [3]. Несмотря на то, что производственные аптеки крайне необходимы для поддержания здоровья населения, существует ряд причин, которые ограничивают их распространение. На данный момент вопрос изучения этих причин является наиболее актуальным.

Целью работы является оценка потребности населения в услугах производственных аптек, выявление причин их исчезновения. Анализ перспектив возвращения производственных аптек.

Сегодня основная масса аптек занята исключительно реализацией (торговлей) лекарственных препаратов, изготовленных на специализированных производствах, с «целью извлечения прибыли» [4].

Производственные аптеки — это аптеки, осуществляющие отпуск готовых лекарств и лекарственных средств, которые фармацевты изготавливают по рецептам врачей и требованиям лечебно-профилактических учреждений. При этом, «понятие» производственная аптека в 61-ФЗ отсутствует [1]. Существуют отдельные состояния здоровья человека, при которых необходимы определенные лекарственные средства, которые сейчас могут обеспечить только производственные аптеки. Аптечное изготовление лекарственных форм должно являться необходимым звеном современной системы здравоохранения, поскольку они позволяют:

- удовлетворить потребности населения в лекарственных препаратах различных лекарственных форм, не имеющих промышленных аналогов;
- обеспечить индивидуальное дозирование лекарственных веществ;
- изготовить лекарственные препараты без консервантов и других неиндифферентных добавок.

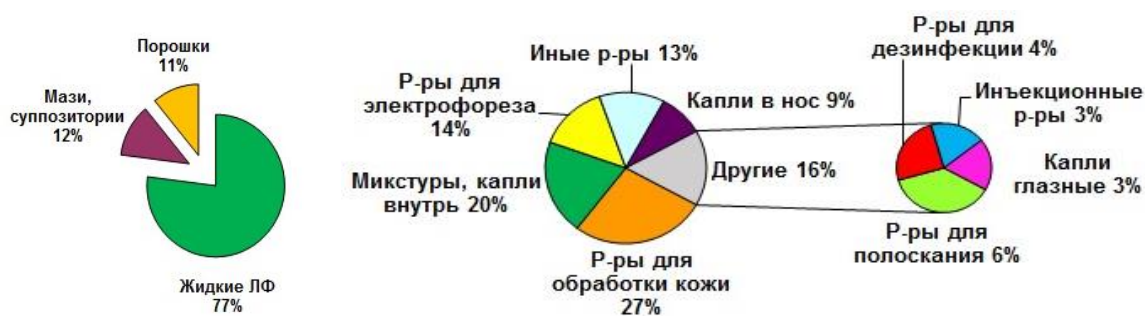


Рис. 1. Структура ассортимента ЛПИ индивидуального изготовления [12].

Отечественная фармакопея насчитывает около 300 прописей для приготовления лекарств в аптеках. Многие из этих препаратов, не имеют промышленных аналогов. В первую очередь это лекарства с минимальным сроком годности – они не содержат консервантов, поэтому их попросту невозможно выпускать в промышленном режиме. Среди них, растворы, суспензии и порошки для детей в специальных концентрациях и дозировках без красителей, стабилизаторов, консервантов и др. Вода и растворы для внутреннего

применения детям 1-го года жизни; стерильные растворы антисептиков для местного применения; растворы и мази окислителей; суспензии; растворы для лекарственного электрофореза [13].

Большое количество дерматологических препаратов готовится по давно разработанным прописям. В отличие от заводских препаратов они не обладают многими побочными эффектами. Так, например, экстемпоральные дерматологические препараты не вызывают такого привыкания, как гормональные мази, произведенные промышленным путем.

Основное преимущество аптечного приготовления лекарств заключается в индивидуальном подходе к больному с учетом возраста, особенностей организма, состояния выделительной системы, переносимости тех или иных веществ, наличия аллергии и многого другого. Поэтому многим людям необходимы такие лекарства – это главный и самый основной аргумент в пользу сохранения экстемпоральной рецептуры, так как не все препараты, изготавливаемые на заводе, могут быть использованы пациентами с различными заболеваниями.

Из недостатков аптечного изготовления можно выделить следующее:

– сложность контроля качества лекарственной формы – легко из 1 кг субстанции на заводе взять пробу, проанализировать ее, а затем изготовить сотни таблеток. Затраты на контроль качества в этом случае минимальны, а качество лекарственных форм безусловно лучше.

– экстемпоральная рецептура отличается сложностью изготовления, существует множество прописей с большим разнообразием дозировок и объемов фасовок. Врачи выписывали рецепты, в которых подробно указывали не только необходимые ингредиенты, но и особенности технологии изготовления.

На сегодняшний день остается актуальным аптечное изготовление ЛП для стационаров. В областных клинических больницах наиболее востребованы стерильные растворы: раствор борной кислоты 2 %; 4 % – 200 мл, 400 мл; раствор натрия хлорида 10 % – 100 мл, 200 мл, 400 мл; раствор фурацилина 0,02 % – 350 мл; раствор хлоргексидина биглюконата 0,05 % – 400 мл; глицерин – 5 г, 10 г.

В Таблице 1 представлена информация о наличии зарегистрированных ЛП аналогичного состава и фармацевтических субстанций для их изготовления, а также причины, определяющие необходимость изготовления данных ЛП в медицинской организации [5].

Проведя анализ и систематизацию данных по аптекам в г. Орехово-Зуево, оказалось, что на территории города с населением более 100 тыс. человек на данный момент функционирует лишь одна производственная аптека. Результат опроса работников аптек позволил выявить факторы, ограничивающие распространение производственных аптек. Приведем основные из них:

1. Производственная функция является нерентабельной для аптечной организации из-за своего малого объема производства.

2. В настоящее время наблюдается нехватка грамотных специалистов, способных работать в производственных аптеках.

3. Потребитель зачастую даже не знаком с деятельностью и возможностями производственных аптек. Эфир заполонила реклама лекарственных препаратов заводского производства. Лекарственные препараты, которые изготавливаются в аптеке, являясь рецептурными, никогда не рекламировались и лишены возможности продемонстрировать преимущества экстемпоральной рецептуры.

4. Принятый в 2010 г. закон «Об обращении лекарственных средств» [1], ужесточил регулирование в этой сфере. (Провизорам запретили создавать по рецептам препараты, если зарегистрированы и выпускаются промышленным способом. Нельзя менять и дозировку под конкретного пациента. Запрещено и использование незарегистрированных субстанций).

5. Большинство врачей сейчас не ориентируются на экстемпоральную рецептуру, а отдают предпочтение лекарственным препаратам заводского производства.

Многие считают, что рецептурно-производственные аптеки и аптеки медицинских организаций изжили себя, что они были нужны лишь в условиях дефицита лекарственных препаратов, и при насыщении рынка необходимость в них исчезла.

Рассмотрение законопроекта о возрождении производственных аптек продолжалось более трех лет. В Госдуму его внесли в сентябре 2019 г., в марте 2021 г. документ был принят в первом чтении. Документ вступает в силу 1 сентября 2023 г. [8]. Ко второму чтению было внесено уточнение, что при изготовлении лекарств лицензированные аптечные и ветеринарные организации должны использовать препараты или субстанции из соответствующих государственных реестров и Единого реестра зарегистрированных лекарственных средств Евразийского экономического союза. Кроме того, из закона убрали возможность производства лекарств индивидуальными предпринимателями. В результате, в стране осталось всего 16 индивидуальных предпринимателей, имеющих лицензии на аптечное производство лекарственных препаратов. Представители фармацевтического сообщества считают эту норму дискриминирующей [9].

Таблица 1.

Зарегистрированные лекарственные препараты и субстанции для их изготовления

ЛП, изготавливаемые в аптеке	Зарегистрированные ЛП	Примечание
Раствор фурацилина 0,02 % – 350 мл	– ООО «Акафарм» – 100,200,400 (мл); – ООО «Дальхимфарм» – 200,400 (мл)	Наличие всего двух производителей не позволяет провести торги.
Раствор борной кислоты 2 %, 4 % – 200, 400 мл	Раствор не зарегистрирован	Аптеки изготавливают из ФС, зарегистрированной в Реестре ЛС. Производители: – ОАО «Усолье-Сибирский химико-фармацевтический завод»; – ОАО «Татхимфармпрепараты»; – ООО «Южфарм»; – ЗАО «Фармацевтическое предприятие «Мелиген»»; – ЗАО «Актив»; – ООО «Лекарь»; – ЗАО «Фармацевтическое научно-производственное предприятие «Ретиноиды»»; – Гуанчжоу Канцяо Ханьлу Фармасьютикал Ко., Лтд, Китай
Раствор натрия хлорида 10 % – 100, 200, 400 мл	Раствор не зарегистрирован	Аптеки готовят из зарегистрированной ФС
Раствор хлоргексидина 0,05 % – 400 мл	– ООО «Иодные технологии и маркетинг» – 50,100 (мл); – ОАО «Ивановская фармацевтическая фабрика» – 25,50,80,100 (мл); – ЗАО «Эколаб» – 100 (мл); – ОАО «Кемеровская фармацевтическая фабрика» – 25,50,70,100,200 (мл); – ОАО «Тульская фармацевтическая фабрика» – 80,100 (мл); – ООО «Лекарь» – 50,100 (мл); и др. производители	Аптеки изготавливают стерильный раствор в отличие от не стерильного заводского и в другой фасовке. В Реестр ЛС 26.01.2015 был включен раствор хлоргексидина 0,05 % по 100, 250, 500, 1000, 1500, 2000 (мл) в контейнерах полимерных из поливинилхлорида для растворов однократного применения. Производитель: ООО «Завод Медсинтез». Однако объемы производства небольшие.
Глицерин по 5 и 10 г	– ОАО «Самарамедпром» – 25,40,50,60,70,80,100 (мл); – ОАО «Кемеровская фармацевтическая фабрика» – 25,40,50 (мл); – ОАО «фармацевтическая фабрика Санкт-Петербурга» – 25,30,40,50 (мл); – ЗАО «Эколаб» – 25,40,50 (мл); – ООО «Тульская фармацевтическая фабрика» – 25,40,50 (мл); и др. производители	Аптека изготавливает стерильный глицерин в отличие от не стерильного заводского и в более мелкой фасовке

Изначально ФЗ-61 [1] разрешал аптекам изготавливать препараты на основе зарегистрированных субстанций. Эта норма ограничивала возможности аптечных организаций и привела к массовому закрытию производственных аптек, поскольку ассортимент субстанций не удовлетворяет нужды аптечного изготовления

Поправки [8] внесенные в ФЗ «Об обращении лекарственных средств» позволяют аптечным организациям с лицензией на фармацевтическую деятельность изготавливать препараты по рецептам врача с индивидуальными дозировками. Закон призван возродить изготовление в аптеках фармацевтических препаратов, которые выписываются врачом под конкретного пациента. Это в том числе лекарства с минимальной дозировкой, которые нужны, например, детям с низкой массой тела. Закон направлен на обеспечение персонализированного подхода в медицине [8]. В нем видят будущее таргетной «молекулярно-прицельной» терапии и новый этап развития фармацевтической розницы [9]. Спрос на такого вида продукцию растет ежегодно до 10%, по оценкам некоторых аналитиков рынок производственных аптек в мире составляет 9,5 млрд долларов. Специалисты считают, что это направление имеет не только терапевтическую эффективность, но и экономическую. При этом, есть мнение, что это убыточное направление и развивать его без госзаказа и былых объемов нерентабельно [11].

По результатам настоящей работы можно сделать следующие **выводы**:

1. Производственные аптеки являются необходимой составляющей системы здравоохранения.

2. Исчезновение производственных аптек произошло по целому ряду причин, среди которых: низкая рентабельность, конкуренция со стороны промышленно произведенных лекарственных препаратов, ужесточение регулирования в сфере обращения лекарственных препаратов.

3. Возрождение производственных аптек в России является приоритетной задачей. При этом:

- в стране разрушена культура «производственных аптек»;
- на фармацевтических факультетах долгое время отсутствовала дисциплина преподавания «производственные аптеки», отсутствуют подготовленные преподаватели;
- отсутствуют подзаконные акты, определяющие порядок изготовления (безопасных) лекарственных препаратов в аптеках;
- современные врачи не имеют знаний по назначению экстемпоральных лекарственных препаратов;
- современный потребитель не имеет достаточной информации о полезности экстемпоральных препаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «Об обращении лекарственных средств» от 12.04.2010. N 61-ФЗ
2. Приказ Министерства здравоохранения России «Об утверждении видов аптечных организаций» от 31 июля 2020 г. № 780н
3. Сколько производственных аптек осталось в России // Фармацевтический вестник, 28.10.2021.
4. Гражданский кодекс Российской Федерации, С.50 от 30.11.1994. № 51-ФЗ
5. Никулина М. А., Воронкина И. В., Пудовкина Т. В., Григорьева И. В. Проблемы производственного отдела аптеки в современных условиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. № 2–2. С. 265–269
6. Помазанов В. В., Марданлы С. Г., Киселева В. А. Концепция фармацевтической безопасности // Известия ГГТУ. Медицина. Фармация, 2020. № 1. С. 32–44
7. Помазанов В. В., Марданлы С. Г., Киселева В. А. Фармация, фармацевтика и национальная безопасность // Компетентность, 2020, № 4. С.35–38
8. Федеральный закон «О внесении изменений в статью 56 Федерального закона «Об обращении лекарственных средств» от 05.12.2022 г. № 502–ФЗ
9. Принят закон о производственных аптеках // Фармацевтический вестник, 22.11.2022
10. Тюляндин С.А. Таргетная терапия: двадцать лет успехов и поражений // Практическая онкология, 2019. Том 20. № 4. С. 274–288
11. Производственные аптеки: быть или не быть // Ассоциация независимых аптек, 11.05.2022.
12. Слободенюк Е. В., Мешалкина С. Ю., Гнатюк О. П. Особенности экстемпорального изготовления лекарственных форм на региональном уровне (Хабаровский край и Еврейская автономная область) // материалы XIV Общероссийской конференции с международным участием «Неделя медицинского образования» (Москва, 3 – 7 апреля 2023).
13. Егорова С. Н., Мягкова О. Г. Персонализированный лекарственный препарат — экстемпоральное изготовление на новом уровне // XIV материалы Общероссийской конференции с международным участием «Неделя медицинского образования» (Москва, 3 – 7 апреля 2023).

Гистамин и блокаторы гистаминовых рецепторов: механизм действия, клинические эффекты

Гришенков И. В., Искусных А. Ю.

Воронежский государственный медицинский университет имени Н. Н. Бурденко, г. Воронеж
grishenkoff77@gmail.com

Гистамин — органическое соединение, биогенный амин, медиатор аллергических реакций немедленного типа, а также регулятор многих физиологических процессов, который образуется в цитозоле клеток в реакции декарбоксилрования гистидина под действием фермента гистидиндекарбоксилазы [1].

В организме гистамин содержится в больших количествах в неактивной, связанной форме в различных органах и тканях (легкие, печень, кожа), а также в тромбоцитах и лейкоцитах. Нормальный уровень гистамина в плазме крови взрослого человека составляет: 180–900 нмоль/л. Основными источниками гистамина являются базофилы и тучные клетки.

Свободный гистамин является регулятором суточного ритма, стимулирует секрецию желудочного сока, спазм гладкой мускулатуры, расширение сосудов и понижение артериального давления, аритмии, увеличение проницаемости сосудов.

Выделение гистамина из клеток может быть обусловлено иммунологическими (специфическими) и неиммунологическими (неспецифическими) механизмами.

Иммунологический механизм лежит в основе аллергических реакций и заключается во взаимодействии специфических для аллергена IgE, фиксированных на базофилах и тучных клетках, с антигеном, что

приводит к их дегрануляции и высвобождению гистамина. Высвободившийся гистамин по принципу обратной связи ингибирует дальнейшую секрецию гистамина.

Один из основных регуляторов этого процесса – циклический ГМФ. Вещества, увеличивающие его содержание (метилксантины, катехоламины, некоторые бактериальные токсины), угнетают процесс высвобождения гистамина из клетки. Подавляют высвобождение гистамина из тучных клеток адреналин, а также и других биологически активных веществ, кромолин-натрия, глюкокортикоиды, эуфиллин [3].

Гистамин оказывает существенное влияние на развитие симптомов как ранней, так и поздней фазы аллергической реакции. Действуя через H₁-рецепторы, гистамин вызывает сокращение гладких мышц, особенно бронхов и кишечника, расширение сосудов и повышение их проницаемости, гиперсекрецию слизи в верхних дыхательных путях; снижение артериального давления (АД), появление ангиоотека и зуда. Под действием гистамина происходит повышение внутриклеточной концентрации цГМФ, усиление хемотаксиса эозинофилов и нейтрофилов, усиление продукции PgE₂, тромбоксана В, подавление синтеза лимфокинов и др. При этом повышается содержание гистамина в крови и гиперчувствительность к нему клеток органов-эффекторов.

Неиммунологический механизм наблюдается чаще и заключается в действии на тучные клетки веществ, обладающих способностью вызывать неспецифическое высвобождение гистамина из этих клеток без специфического IgE [8].

Высвобождение медиатора происходит при анафилактическом шоке, воспалительных и аллергических реакциях и вызывает расширение капилляров и повышение их проницаемости, сужение крупных сосудов, сокращение гладкой мускулатуры, резкое повышение секреции соляной кислоты в желудке.

Высвобождение гистамина из связанного состояния при аллергических реакциях вызывает покраснение кожи, зуд, образованию волдырей. Одновременно повышенное поступление гистамина в организм с продуктами питания может вызвать так называемую «гистаминовую» мигрень (синдром Хортон), головную боль (невралгия Харриса, характеризующаяся болью в области глаз, лба, височной части головы, слезотечением, воспалением слизистой носа) и другие симптомы, включая тошноту, понос, испарину, повышенное выделение желудочного сока, учащение сердцебиения и снижение диастолического кровяного давления.

Блокировать эффекты гистамина можно различными путями: за счет торможения его биосинтеза; усиления его нейтрализации; блокирования доступа гистамина к рецепторам; торможения высвобождения гистамина из тучных клеток.

Распад гистамина может происходить по двум путям: с помощью диаминооксидазы до N-имидазолацетальдегида или с помощью гистамин-N-метилтрансферазы (которая использует S-аденозилметионин в качестве донора метильной группы) до N-метилгистамина, который в дальнейшем метаболизируется до N-метилимидазолацетальдегида.

Все три основных фермента, участвующих в метаболизме гистамина, могут быть заблокированы в исследовательских или клинических целях. Ингибиторы гистидиндекарбоксилазы имеют при этом потенциал атипичных антигистаминных препаратов. В настоящее время клиническое применение нашел тритоквалин, используемый для лечения крапивницы и аллергического ринита.

Из ингибиторов диаминооксидазы применяется пимагедин, он же аминогуанидин. Большая часть блокаторов гистамин-N-метилтрансферазы имеет несколько белков-мишеней в организме. Например, амодиахин (противомалярийное), дифенгидрамин (являющийся по совместительству H₁-блокатором), гармалин (вещество натурального происхождения, имеющее комплексное психостимулирующее действие, в т.ч. и благодаря способности ингибировать MAO-A) и другие. Чистым блокатором гистамин-N-метилтрансферазы является SKF-91488 и метоприн [7].

В настоящее время установлено существование четырех типов гистаминовых рецепторов.

H₁ – гистаминовые рецепторы (посредником в передаче сигнала служит Gq-белок, который вызывает повышение уровня инозитол-1,4,5-трифосфата и 1,2-диацилглицерола, находятся преимущественно в нервной системе, ЦНС: туберомаммилярные ядра гипоталамуса, которые имеют проекции к дорсальным ядрам шва и синему пятну; ПНС: гладкая мускулатура, эндотелий, чувствительные нейроны. Функции, за которые отвечают рецепторы, отличаются в зависимости от того, какая часть нервной системы была затронута (центральная или периферическая).

Для ЦНС характерно: регуляция цикла «сон-бодрствование» (осуществляет переход в состояние бодрствования), регуляция температуры тела, ноцицепции, нейроэндокринного гомеостаза, процессов запоминания и аппетита.

Для ПНС: ключевое звено механизма бронхоконстрикции, регулирует процессы вазодилатации, висцеральной ноцицепции, участвует в развитии крапивницы и зуда.

H₂ – гистаминовые рецепторы (посредником в передаче сигнала служит Gs-белок, который увеличивает уровень цАМФ) находятся преимущественно в париетальных клетках желудка, гладкой мускулатуре сосудов. Главные функции: частично участвует в процессе вазодилатации, регулирует секрецию желудочного сока и функции ЖКТ [1].

Следует отметить, что в сосудах имеются оба типа рецепторов, в связи с этим в вазодилатации и гипотензии сосудов на гистамин участвуют как H₁-, так и H₂-рецепторы, но последние в значительно меньшей степени. Так же оба типа рецепторов, чувствительных к гистамину, обнаружены и в ЦНС [3].

H₃ – гистаминовые рецепторы (посредником в передаче сигнала служит Gi-белок, который снижает уровень цАМФ) находятся главным образом в ЦНС, а также в желудочно-кишечном тракте, сердечно-сосудистой системе и в верхних отделах дыхательных путей. Выполняемые функции: пресинаптический ауторецептор, ингибирует выброс гистамина, серотонина, норадреналина и ацетилхолина; регулирует аппетит и частично секрецию желудочного сока [1, 3].

H₄ - гистаминовые рецепторы (посредником в передаче сигнала служит также Gi-белок). Местонахождение: базофилы, CD4⁺ лимфоциты, костный мозг, тимус, тонкая кишка, селезенка, толстая кишка. Выполняемые функции: участие в осуществлении хемотаксиса, развитии зуда и воспаления, выбросе цитокинов; также играет роль в возникновении болевых ощущений [1].

В клинической практике получили большую популярность препараты – блокаторы H₁- и H₂-гистаминовых рецепторов. Лекарственные средства, селективно блокирующие H₁-гистаминовые рецепторы и не дающие гистамину стимулировать его орган-мишень, делятся на два класса: антигистаминные препараты первого поколения (к ним относятся: хлорфенирамин и дифенгидрамин) и второго поколения (дезлоратадин, левоцетиризин, лоратадин, цетиризин, фексофенадин, эбастин, акривастин, рупатадина фумарат). Группа данных препаратов блокируют действие гистамина по механизму конкурентного ингибирования, но их сродство с гистаминовыми рецепторами значительно меньше, поэтому они способны ингибировать только свободные рецепторы, и тем самым предупреждают выброс новых порций гистамина. Лекарственные средства предупреждают развитие аллергического ринита, различных форм крапивницы, бронхиальной астмы, а также локальных и системных проявлений анафилаксии.

У лекарственных средств первого поколения имеется ряд нежелательных эффектов, таких как проникновение через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ), что приводит к седации центральной нервной системы.

Несомненными плюсами препаратов второго поколения являются: высокое сродство с H₁-гистаминовыми рецепторами, быстрое начало действия и большая продолжительность эффекта, отсутствие блокады других типов рецепторов. Они не проходят через ГЭБ в терапевтических дозах, отсутствие инактивации препарата пищей, отсутствие тахифилаксии (быстрое и кратковременное начало толерантности). Также препаратам последнего поколения были присвоены не только противоаллергические свойства, но и выявлен противовоспалительный потенциал. Однако у более современных препаратов есть один минус – отсутствие инъекционных форм доставки.

Большую популярность среди данной группы препаратов получил Эбастин (или его торговое название- Кестин), так как он соответствует всем критериям безопасности и эффективности среди препаратов последнего поколения антигистаминных средств. *Ebastinum* блокирует гистаминовые H₁-рецепторы, предупреждает вызываемые гистамином спазмы гладкой мускулатуры и повышение сосудистой проницаемости; действие начинается через 1 ч и продолжается 48 ч; после 5-дневного применения антигистаминный эффект сохраняется в течение 72 ч за счет действия активного метаболита; не отмечено влияния на интервал QT ЭКГ (в дозах до 80 мг) [4, 5].

Согласно современным данным, H₁-антигистаминные препараты 2-го поколения являются субстратами гликопротеина Р, кодируемого геном множественной лекарственной устойчивости, а также субстратами ряда изоферментов семейства цитохрома Р 450, синтез которых кодируется соответствующими генами. Указанные гены имеют высокую степень полиморфизма, что в свою очередь может быть сопряжено с изменением активности кодируемых белков. Изменение уровня эффлюкса блокаторов H₁-гистаминовых рецепторов, а также изменение уровня их биотрансформации, может оказывать влияние на показатели эффективности и безопасности этих лекарственных средств [7].

Блокаторы H₂-гистаминовых рецепторов широко используются в клинической практике для профилактики и лечения так называемых кислотоассоциированных заболеваний (язва желудка и двенадцатиперстной кишки, гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, функциональная диспепсия). Препараты также нашли применение при предоперационной подготовке (предупреждение аспирации кислоты во время анестезии), лечении гастродуоденальных кровотечений, не обусловленных варикозным расширением вен пищевода и желудка, приеме нестероидных противовоспалительных препаратов (профилактика и лечение побочных гастродуоденальных осложнений), ведении критических больных (профилактика и лечение

стрессовых язв желудка), болевом синдроме и мальабсорбции при хроническом панкреатите (снижение интрапанкреатического давления и увеличение активности совместно принимаемых ферментных панкреатических препаратов) [6].

Блокада H₃-/H₄-рецепторов модулирует цитокиновые механизмы, что может играть важную роль не только в иммунологических реакциях, но и в метаболических процессах [1].

Несмотря на большие успехи, достигнутые в настоящее время в изучении механизмов физиологических эффектов гистамина, в разработке лекарственных средств, являющихся блокаторами его рецепторов, перед исследователями стоят важные задачи, связанные с разработкой новых высокоспецифичных препаратов, тормозящих синтез гистамина, стимулирующих его разрушение и селективно блокирующих его рецепторы. Кроме того, в процессе решения этих вопросов открываются новые эффекты и функции медиатора, что делает эти задачи еще более актуальными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорощева Ю. Р. Гистаминергическая регуляция метаболических и иммунологических реакций организма / Ю. Р. Дорощева // ФГБУ «НИИ питание». 2014. С. 212.
2. Литвицкий П. Ф. Патолофизиология. В 2 т. Т. 1: учебник / П. Ф. Литвицкий. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа. 2015. С. 149.
3. Фармакология: учебник / Д. А. Харкевич. – 10-е изд., испр., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. С. 550–556.
4. Фомина Д. С. Антигистаминные препараты: современные критерии выбора / Д. С. Фомина, Л. А. Горячкина, Ю. Г. Алексеева // ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования» (РМАПО), г. Москва. 2013. С. 13–16.
5. Справочник лекарственных средств [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rlsnet.ru>
6. Силивончик Н. Н. Блокаторы H₂-гистаминорецепторов в онкологической практике / Н. Н. Силивончик // журнал «Медицинские новости», Белорусская медицинская академия последипломного образования. 2007. С. 1-3.
7. Застрожина А. К., Сычёв Д. А. Фармакогенетические аспекты профиля эффективности и безопасности блокаторов H₁-гистаминовых рецепторов в терапии аллергических заболеваний. Фармакогенетика и фармакогеномика. 2018. С. (1):15–20.
8. Лусс Л. В. Применение антигистаминных препаратов в клинической практике врача / Л. В. Лусс // Терапевтический архив. 2014. Т. 86(8). С. 106–109.

Адель Федоровна Гаммерман: ее след в жизни Пермской государственной академии – ученики и ученики учеников

Дмитриади И. Р.

Науч. рук. — Гурьянова М.Н., канд. фармацевт. наук, доц.

ФГБОУ ВО Пермская государственная фармацевтическая академия МЗ России, Россия, г. Пермь
dmitriyadi-ir-1@mail.ru

Введение. Музей ПГФА заинтересован в сохранении памяти о корифеях фармации. Одним из таких великих ученых является Адель Федоровна Гаммерман. Все провизоры старших поколений знают ее как создателя учебника, специалиста по микро- и макро анализу *лекарственного растительного сырья*. В 50-х – 70-х годах XX века были опубликованы такие ее труды, как «Определитель растительного лекарственного сырья», «Курс фармакогнозии», «Тропические и субтропические лекарственные растения», «Дикорастущие лекарственные растения СССР. В это же время она вела большую работу по подготовке научных работников как для Ленинградского фармацевтического института, так и для других вузов страны. Одним из таких учеников являлась преподаватель Пермского государственного фармацевтического института Нина Петровна Харитоновна.

Цель работы: восстановить биографию преподавателя кафедры фармакогнозии Пермского государственного фармацевтического института Н. П. Харитоновой.

Задачи исследования:

1. Найти в архиве ПГФА и библиотеке ПГФА документы, характеризующие жизненный путь и вклад в науку Н.П. Харитоновой
2. Изучить найденные документы, провести группировку найденной информации по различным аспектам.

Материалы и методы. Материалами исследовательской работы явились архивные документа архива ПГФА и библиотеки ПГФА. Метод сбора информации- документальный анализ, метод обработки информации: сводка и группировка.

Результаты и обсуждения. На первом этапе исследования было проведено обращение в архив ПГФА и читальный зал библиотеки ПГФ с просьбой найти личное дело Харитоновой Н.П. и ее авторе-

ферат. Мы сомневались в наличие автореферата в хранилище библиотеки, так как в библиотеку поступают только авторефераты сотрудников, защищавшихся на базе ПГФА. Однако автореферат был найден.

На втором этапе нами было проведено копирование найденных документов и изучение копий.

На третьем этапе была проведена группировка найденной информации по нескольким признакам и составлены аналитические таблицы [2].

Таблица 1

Биографические этапы

Номер этапа	Название этапа	Характеристика этапа
1.	Год и месторождения	05.01.1936 г. д. Ретно Солецкий район Новгородская область.
2.	Нахождение в период Великой Отечественной войны	Находилась вместе с матерью на оккупированной территории в д. Ретно.
3.	Обучение в школе	В 1953 г. окончила среднюю школу №7.
4.	Обучение в вузе	В 1953 г. поступила в Ленинградский химико-фармацевтический институт на фармацевтический факультет, окончила институт с отличием в 1958 г.
5.	Работа после окончания вуза	С 1958 г. по сентябрь 1960 г. Работала химиком-аналитиком Великолукской контрольно-аналитической лаборатории Псковского АПУ, а затем была переведена заместителем управляющего Дювской аптеки Псковского АПУ.
6.	Поступление в аспирантуру	В октябре 1960 г. поступила в аспирантуру на кафедру фармакогнозии Ленинградского химико-фармацевтического института, которую окончила в октябре 1963 г.
7.	Окончание аспирантуры	Окончила в октябре 1963 г.
8.	Защита диссертации	В ноябре 1964 г. защитила кандидатскую диссертацию по теме «Сырьевые ресурсы лекарственных растений Вологодской области».
9.	Присвоение звания кандидата наук	03.11.1964 г.
10.	Работа в Пермском фармацевтическом институте	1. Начало работы в 1964 на должности старшего преподавателя кафедры фармакогнозии 2. Присвоение звание доцента 19.02.1968 г. 3. Работа в качестве заведующего кафедрой 09.12.1971 г.

Просто перечисление этапов не создает впечатления о личности, поэтому мы изучили данные об общественной работе Н.П. Харитоновой и представили полученные данные в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика активной жизненной позиции Н.П. Харитоновой

Название позиции	Характеристика позиции
Школьные годы	Комсорг класса
Студенческие года	Староста группы
Период работы в вузе	Цитируем данные из характеристики, имеющейся в личном деле: 1. <i>Уровень кафедры: ведущий методист кафедры и хороший организатор. Читала лекции и проводила лабораторные занятия на высоком научном и методическом уровне.</i> 2. <i>Уровень вуза: выполняла обязанности председателя бюро первичной организации общества охраны природы.</i> 3. <i>Уровень города: являлась членом президиума общества охраны природы Ленинского района.</i> 4. <i>Уровень области: регулярно читала лекции по линии общества «Знание».</i>

На следующем этапе мы изучали данные о повышении квалификации.

Таблица 3

Данные о повышении квалификации

Название позиции	Характеристика позиции
Факультет повышения квалификации в 1 ММИ	В 1973 и 1980 г.
Участие в семинарах	Участвовала в работе семинара «Актуальные проблемы воспитания и образования в свете решений 25 съезда КПСС»

На следующем этапе мы обратились к изучению данных о научной деятельности Н.П. Харитоновой. Для составления следующей таблицы изучались данные автобиографий, находящихся в составе личного дела, списка трудов, включенных в личное дело и содержание автореферата. В период обучения в аспирантуре научные исследования проводились Харитоновой Н. В. под руководством виднейшего отечественного фармаколога А.Ф. Гаммерман. В своем автореферате Харитонova Н.В. описала причины выбора темы исследования ее руководителем: «До настоящего времени 75% потребности в лекарственном

растительном сырье покрывается за счет дикорастущих растений. Согласно семилетнему плану к 1965 году общий объем заготовки лекарственных растений должен был весомо увеличиться. В связи с этим одной из основных задач, являлось детальное изучение географического распространения лекарственных растений, учет запасов важнейших видов и составление карт распространения. Одновременно важно было провести комплексную работу по изучению биологии и химии лекарственных растений для отбора форм с наибольшей физиологической активностью, с целью выявления оптимальных сроков сбора и районов заготовки лекарственных растений. Профессором Гаммерман А.Ф. был предложен план зонального изучения растительных ресурсов страны с тем, чтобы работу в каждой зоне возглавил определенный фармацевтический институт. Нам было предложено изучить растительные ресурсы Вологодской области» [1].

Таблица 4

Характеристика научных исследований, проводимых Н.П. Харитоновой

Название позиции	Характеристика позиции
Период обучения в аспирантуре	1960–1963 г. «Сырьевые ресурсы лекарственных растений Вологодской области». Успешная защита диссертации.
Период работы в ПГФИ	Научные исследования по изучению ресурсов лекарственных растений флоры Урала. – В 1973–77 годах изучались запасы плодов шиповника в 18 районах Пермской области; закончилось изучение 10 видов лекарственных растений по хозяйговору с Союзлекарспромом- – Совместно с Мельчаковой Т.Н. разработан проект ФС на корневище и корень кровохлебки, которая утверждена в 1976 г. Создала 30 печатных работ и 6 научных отчетов для служебного использования.

Работая на кафедре Н.П. Харитонova продолжила исследования и руководила научной работой сотрудников кафедры (таб. 6).

Работая с сотрудниками кафедры фармакогнозии Пермского фармацевтического института, Н.П. Харитонova передавала опыт организации научной деятельности, полученный от А.Ф. Гаммерман. На основании библиографических карточек, имеющихся в отделе каталогов библиотеки ПГФА мы составили своеобразную модель передачи научного опыта Н.П. Харитоновой сотрудникам кафедры.

Таблица 5

Руководство научной работой сотрудников кафедры фармакогнозии

Название позиции	Характеристика позиции
Фамилия аспиранта	Макарова Людмила Степановна
Направления научных исследований аспиранта	Ресурсы Лекарственных растений и их рациональное использование
Совместно с кем проводилось руководство аспирантурой	Глумов Г.А.
Общие публикации с аспирантом	Ресурсы лекарственных растений Удмуртской АССР и их рациональное использование.

Таблица 6

Совместные публикации Н.П. Харитоновой с сотрудниками кафедры фармакогнозии

Соавторы научных работ Н.П.Харитоновой	Год публикаций	Название публикаций
Макарова Л.С.	1971	Урожайность толокнянки в некоторых районах Удмуртии
Макарова Л.С., Сапко В.Я.	1971	Урожайность плодов черники В некоторых районах Удмуртской АССР
Печерская Л.Г., Макарова Л.С., Именова Е.Ф.	1983	Рациональное использование и охрана запасов лекарственных растений северных районов Пермской области
Макарова Л.С., Степанова Е.П.	1981	Запасы плодов шиповника в поймах рек Пермской области
Макарова Л.С.	1980	Ресурсоведческая характеристика <i>vaccinum myrtillus l.</i> в Предуралье
Мельчакова Т.Н.	1976	Динамика накопления рутина и гиперозидов в листьях вахты, произрастающей в Пермской области
Макарова Л.С.	1976	Семенная Продуктивность шиповника коричневого, произрастающего в Удмуртии, и ее влияние на содержание аскорбиновой кислоты в плодах
Мильчакова Т.Н.	1975	Влияние условий местообитания и дезвегетации на накопление танидов в корневищах и корнях кровохлебки, произрастающей в Пермской области
Макарова Л.С.	1974	Влияние некоторых экологических факторов на развитие и продуктивность плодов шиповника коричневого
Макарова Л.С.	1971	Урожайность толокнянки в некоторых районах Удмуртии
Избанова В.А.	1971	Фитохимическое изучение подмаренника топяного (<i>Galium uliginosum L.</i>)
Теслов С.В., Дерябина Ф.И.,	1969	Изучение лекарственных растений народной медицины Пермской области

Сюзева З.Ф., Макарова Л.С.		
----------------------------	--	--

В 1984 году совместно с другими авторами (Макарова Людмила Степановна, Харитоновна Нина Петровна, Ходыкина Людмила Александровна, Шиянов Владимир Иванович) опубликовала книгу «Лекарственные растения Удмуртии». В книге были представлены материалы, собранные авторами во время многих экспедиций, о распространении и местообитаниях лекарственных растений на территории республики. Книга является и одновременно справочником по вопросам сбора, сушки, хранения, использования лекарственных растений для заготовителей лекарственного сырья. Лекарственные растения в книге расположены в алфавитном порядке их русских названий. По каждому растению приведены не только русские и латинские названия, но и удмуртское название. Приведены описания растений, данные о химическом составе сырья, его применении в научной медицине [3].

Нина Петровна была редактором и одним из авторов пособия для студентов «Лекарственное сырье растительного и животного происхождения. Фармакогнозия».

Выводы:

1. В архиве ПГФА найдено личное дело Н.П. Харитоновой, в библиотеке ПГФА найден автореферат диссертационной работы

2. Изучены найденные документы, проведена группировка биографических данных по различным аспектам. Найдены данные об ученых Пермского государственного фармацевтического института, которые могут считаться учениками Н.П. Харитоновой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Харитоновна Н. П. Сырьевые ресурсы лекарственных растений Вологодской области. Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата фармацевтических наук / Ленингр. хим.-фармацевтич. ин-т. - Ленинград: [б. и.], 1964. 19 с.

2. Личное дело Харитоновой Н.П. // Архив ФГБОУ ВО ПГФА.

3. Лекарственные растения Удмуртии / Л. С. Макарова, Н. П. Харитоновна, Л. А. Ходыкина, В. И. Шиянов. Ижевск: Удмуртия, 1984. 124 с.

4. Учебное пособие. Лекарственное сырье растительного и животного происхождения. Фармакогнозия // Санкт-Петербург Издательство: СпецЛит. 2006. 845 с.

Разработка состава, технологии и определение показателей качества пленок лекарственных с эторикоксибом

Жидкова Ю. Ю., Ковалева А. А., Гармашова И. В., Ватанская О. А., Климкина Е. А.

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург
kovaleva.a.al@mail.ru

Введение

Несмотря на огромное разнообразие препаратов с противовоспалительным, анальгетическим и жаропонижающим действием, нестероидные противовоспалительные средства остаются одной из самых востребованных лекарственных групп. Фармакоэкономический анализ российского и зарубежного фармацевтического рынка показывает, что из года в год нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) сохраняют одну из лидирующих позиций, что обусловлено как широким их назначением врачами всех специальностей, так и легкой их доступностью для пациентов в связи с безрецептурным отпуском большинства препаратов этой группы в ряде стран, включая Россию [1].

Длительное лечение НПВП эффективно уменьшает симптомы воспаления при различной болевой патологии, однако может вызывать гастроинтестинальные осложнения – от дискомфорта в эпигастральной области до жизнеугрожающих состояний, среди которых тяжелые язвенные поражения слизистой оболочки верхних отделов желудочно-кишечного тракта, кровотечения, перфорации [2]. Лекарственная форма «пленки» обладает высокой биодоступностью за счет диспергирования в полости рта. Это позволяет ускорить время наступления терапевтического эффекта, решить проблему побочных эффектов со стороны ЖКТ за счет непосредственного попадания лекарственного вещества в системный кровоток, а также не требует запивания водой или разжевывания, удобна в применении для людей, имеющих проблемы с глотанием (аллергический отек, рвота).

Эторикоксиб — современное нестероидное противовоспалительное средство, высокоселективный ингибитор циклооксигеназы-2, обладает быстрым и выраженным анальгетическим действием, высоким противовоспалительным потенциалом и способностью влиять на развитие центральной сенситизации – одного из центральных механизмов формирования хронической боли. Лечебный потенциал и безопасность эторикоксиба прошли серьезную проверку в ходе многочисленных масштабных рандомизированных кон-

тролируемых исследований. Он показал себя как эффективное средство для купирования острой боли и острого подагрического артрита, длительного лечения ревматоидного артрита [4]. В этой связи наш научный интерес был направлен на создание лекарственной формы именно с вышеуказанной субстанцией, чтобы препарат мог обеспечивать длительное и качественное анальгизирующее и противовоспалительное действие. В процессе научного исследования нами предложены методы стандартизации образцов лекарственных пленок, основанные на ОФС 1.4.1.0035.18 «Пленки» [3].

Материалы и методы

Материалами исследования являлись следующие субстанции: эторикоксиб (производитель — Alembic Pharmaceuticals Ltd, Индия, серийный номер 2102010991), желатин пищевой (ГОСТ 23058-89), глюкоза (ФС 42-0004-00), какао порошок (ГОСТ 108-214), глицерин дистиллированный (ФС 43-2202-99), натрия бензоат (ГОСТ 32777-2014), вода очищенная (ФС 42-2619-97).

Для проведения стандартизации пленок использовалось следующее оборудование: микрометр, весы аналитические, рН-метр А4100, иономер универсальный ЭВ-74. Для стандартизации модельных образцов использовались физико-химические методы и органолептические испытания.

Результаты и обсуждение

В ходе исследований был подобран оптимальный состав пленок лекарственных. Критериями для отбора состава послужили: способность основы качественно образовывать полимерную пленку, внешний вид, легкость отделения от подложки, целостность и однородность пленки (таблица 1). Состав полностью удовлетворяет заданным параметрам. Полученные образцы имеют соответствующий внешний вид, представляют собой однородную массу, с легкостью отделяются от подложки. При отделении от подложки образцы сохраняли свою форму и целостность.

После подбора оптимального состава была проведена стандартизация образца пленок в соответствии с ОФС 1.4.1.0035.18 «Пленки» по следующим показателям: описание, размеры пленки, однородность массы, рН раствора [4].

Таблица 1

Оптимальный состав

Ингредиенты	% содержание
Желатин	7,14%
Эторикоксиб	2,14%
Глицерин	10%
Какао	4,29%
Глюкоза	2,86%
Натрия бензоат	1,5%
Вода	71,43%

Описание. Внешний вид пленки оценивался визуально. Полученные пленки представляют собой эластичные пластинки прямоугольной формы коричневого цвета с характерным запахом какао.

Размер пленок. Геометрические данные модельных образцов измерялись при помощи микрометра. Длина пленки 23 ($\pm 0,2$) мм, ширина 19 ($\pm 0,1$) мм, толщина 0,3 ($\pm 0,1$) мм.

Микробиологическая чистота. В качестве консерванта был выбран натрия бензоат. Подбор его дозировки проводился экспериментальным путем. Оценку проводили методом сравнения интенсивности роста тест-штаммов микроорганизмов в составах с разным количественным содержанием консерванта. Для этого было изготовлено 3 образца. Состав №1 — 0%, состав №2 — 1,5%, состав №3 — 3,0%. Испытание проводилось в соответствии с ОФС «Микробиологическая чистота» 1.2.4.0002.18. ГФ XIV издания [6]. Результаты испытания представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты микробиологического исследования

№ состава	Результат испытания
1.	завышены допустимые показатели числа аэробных микроорганизмов, дрожжевых и плесневых грибов, <i>Escherichia coli</i> .
2.	общее число аэробных микроорганизмов – не более 10^3 КОЕ в 1 г (мл); общее число дрожжевых и плесневых грибов – не более 10^2 КОЕ в 1 г (мл); отсутствие <i>Escherichia coli</i> в 1 г (мл).
3.	общее число аэробных микроорганизмов – не более 10^3 КОЕ в 1 г (мл); общее число дрожжевых и плесневых грибов – не более 10^2 КОЕ в 1 г (мл); отсутствие <i>Escherichia coli</i> в 1 г (мл).

Результаты испытания показали, что в составе под №1 были превышены допустимые показатели числа аэробных микроорганизмов, дрожжевых и плесневых грибов, *Escherichia coli*. В составах под №2 и №3 все показатели укладывались в норму, прописанную в ГФ XIV издания. По итогам испытания было решено включить в состав в качестве консерванта натрия бензоат в концентрации 1,5%, так как он удовлетворяет требования ГФ XIV издания по микробиологической чистоте.

рН раствора. Так как в одной лекарственной пленке концентрация действующего вещества равна 3%, то для приготовления испытуемого раствора было взято 4 пластинки, которые растворяли в горячей воде. Раствор охлаждали до комнатной температуры, после чего начинали проводить измерения. Проведение испытания по показателю рН проводилось на основании ОФС «Ионометрия» 1.2.1.0004.15. ГФ XIV издания. Результаты измерения рН опытных образцов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты измерения рН опытных образцов

Прибор измерения	Номер измерения								
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
рН-метр А4100	рН=5,557	рН= 5,556	рН= 5,560	рН= 5,488	рН= 5,480	рН= 5,516	рН= 5,533	рН=5,19	рН=5,533

Данные, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что реакция среды в образцах является слабощелочной (среднее значение рН = 5,63). Референтные значения рН слюны человека варьируются в диапазоне 6,4–7,4. Полученный результат говорит о допустимости энтерального применения нашей лекарственной формы.

Заключение

Проведенные исследования позволили оценить показатели качества разработанных лекарственных пленок с эторикоксибом в соответствии с требованиями ОФС 1.4.1.0035.18 «Пленки». Были установлены размер, микробиологическая чистота и рН опытных образцов, что обосновывает дальнейшие исследования по изучению показателей качества «потеря в массе при высушивании», «растворение» и количественного определения действующего вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лесная О. А., Русанова Е. И., Прокофьева Е. Б., Фрейре да Сильва Т. Рациональное применение НПВП в свете клинических рекомендаций и данных новых исследований // Трудный пациент. 2019. Т. 17, №10. С.31–34.
2. Клименко А. А., Шостак Н. А. НПВП-гастропатия: вопросы диагностики и лечения // Лечебное дело. 2005. №3. С.74–82.
3. Жидкова Ю. Ю., Ковалева А. А., Гармашова И. В. Определение показателей качества пленок лекарственных с НПВС селективного действия // Актуальные вопросы развития российской фармации — Ильинские чтения. 2023. С. 48–53.
4. ОФС 1.4.1.0035.18 «Пленки» // Государственная фармакопея Российской Федерации. МЗ РФ. – XIV изд. Т. 2. С. 2044–2048.
5. ОФС 1.4.2.0009.15. «Однородность массы дозированных лекарственных форм» // Государственная фармакопея Российской Федерации. МЗ РФ. – XIV изд. Т. 2. С. 2148–2150.
6. ОФС 1.2.4.0002.18 «Микробиологическая чистота» // Государственная фармакопея Российской Федерации. МЗ РФ. – XIV изд. Т. 1. С. 1128–1200.

Анализ устойчивости антибиотиков в водной среде с помощью фитотестирования

Загайнова Н. А., студ. 2 курса

Науч. рук. – Алябышева Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
nadiazagainova955@gmail.com

Введение. Бесконтрольное использование антибиотиков населением при самолечении, в животноводстве и аквакультуре для лечения инфекционных заболеваний и повышения продуктивности животных и птиц привело к массовому загрязнению этими веществами природных вод, почв, пищевых продуктов и распространению антибиотикорезистентных патогенных микроорганизмов. Антибиотики опасны для гидробионтов всех уровней организации, они могут накапливаться в компонентах гидроэкосистем и передаваться по трофическим цепям [1–3]. Исходя из этого, становится актуальной проблема оценки устойчивости антибиотиков в водной среде.

Цель исследования – проанализировать устойчивость антибиотиков различных групп в водной среде методом фитотестирования.

Фитотестирование в настоящее время широко используется в экологическом мониторинге для оценки токсичности природных и сточных вод, а также биологической активности различных соединений. Фитотесты, по сравнению с животными организмами, являются более доступным и дешевым материалом, не требуют специальных условий содержания. Методы фитотестирования при минимальных издержках позволяют увеличивать количество анализов и соответственно повысить точность экологических прогнозов [4].

Объекты и методы исследования. В работе применялись растворы азитромицина, меропенема и сульфаниламида, приготовленные на водопроводной воде Арбанского водозабора г. Йошкар-Олы с концентрацией антибиотиков 5 мг/дм³, 10 мг/дм³, 15 мг/дм³, 20 мг/дм³. Растворы выдерживали в темноте в стеклянных банках различные сроки (0,2 и 7 суток).

Азитромицин – антибиотик группы макролидов – азалид. Антибиотик широкого спектра действия. Обладает широким спектром противомикробного действия. Механизм действия азитромицина связан с подавлением синтеза белка микробной клетки. Связываясь с 50S-субъединицей рибосом, угнетает пептидтрансферазу на стадии трансляции, подавляет синтез белка, замедляет рост и размножение бактерий. В высоких концентрациях оказывает бактерицидное действие.

Меропенем – антибиотик группы карбапенемов. Оказывает бактерицидное действие (подавляет синтез клеточной стенки бактерий), легко проникает через клеточную стенку бактерий, устойчив к действию большинства бета-лактамаз. Спектр антибактериальной активности меропенема включает в себя большинство клинически значимых грамположительных и грамотрицательных аэробных и анаэробных штаммов бактерий.

Сульфаниламид – относится к синтетическим бактериостатическим антибиотикам. Противомикробное средство, сульфаниламид, один из первых представителей химиотерапевтических средств группы сульфаниламидов. Оказывает бактериостатическое действие. Механизм действия обусловлен конкурентным антагонизмом с ПАБК и конкурентным угнетением фермента дигидроптероатсинтетазы. Это приводит к нарушению синтеза дигидрофолиевой, а затем тетрагидрофолиевой кислоты и в результате – к нарушению синтеза нуклеиновых кислот. Активен в отношении грамположительных и грамотрицательных кокков.

Объектом исследования являлся редис сорта «18 дней» (*Raphanus sativus* L., сем. Brassicaceae). В качестве тест-параметров анализировали длину главного корня и побега проростков. Семена редиса в количестве 20 шт. помещали на фильтровальную бумагу в чашки Петри, приливали по 10 мл раствора антибиотиков соответствующей концентрации и выдерживали в термостате при температуре 260С с течение 96 часов. Все анализы проводили в трехкратной повторности. Результаты исследований обработаны статистически.

Токсичность антибиотиков для тест-организмов оценивали по величине токсического эффекта на выбранные тест-параметры: $TЭ = \frac{T_{пк} - T_{оп}}{T_{пк}} \cdot 100\%$,

где ТЭ – токсический эффект, %; ТП_к – значение тест-параметра в контроле; ТП_{оп} – значение тест-параметра в опыте.

Результаты исследования. В настоящее время сведения об устойчивости антибиотиков в объектах окружающей среды немногочисленны и противоречивы. Изучены процессы деструкции тетрациклинов и антибиотиков группы макролидов [5. 6]. С.М. Чесноковой и О.В. Савельевым [7] было установлено, что с увеличением продолжительности экспозиции у окситетрациклина, тилозина и цефтриаксона происходил рост токсических эффектов, что свидетельствует об образовании более токсичных продуктов их трансформации.

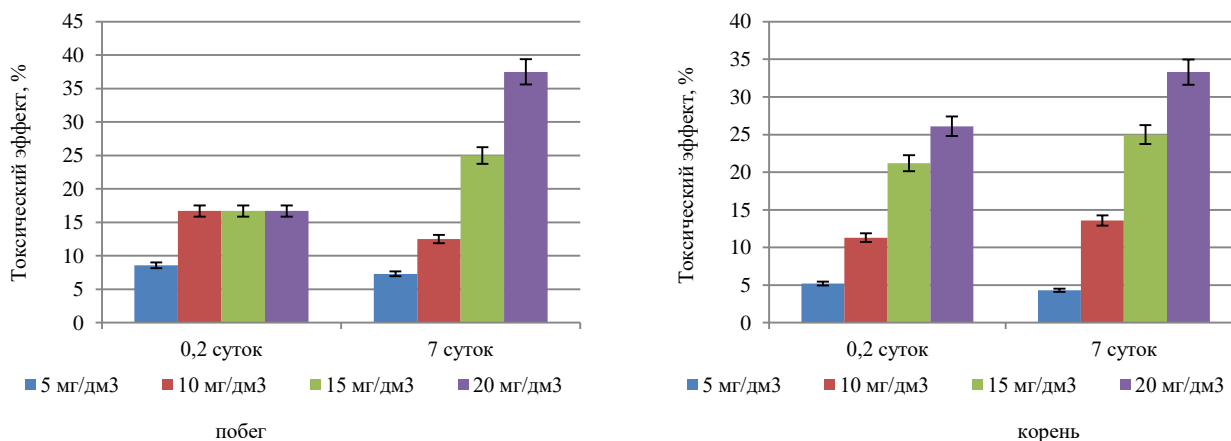


Рис. 1. Фитотоксичное действие азитромицина на проростки редиса сорта «18 дней»

В ходе нашей работы было установлено, что с увеличением продолжительности экспозиции с 0,2 суток до 7 суток у азитромицина происходил рост токсических эффектов, что свидетельствует об образовании более токсичных продуктов их трансформации. При этом было замечено, что при увеличении концентрации антибиотика в растворе токсический эффект на побеги редиса увеличивались от 8,6 до 16,7% (0,2 сут.) и 7,3 до 37,5% (7 сут.). Рост корней проростков редиса также зависел от концентрации антибиотика в водной среде – 5,2–26,1% (0,2 сут.) и 4,3–33,3% (7 сут.) (рис. 1).

Меропенем также оказывал токсическое действие на тест-объект. Наиболее чувствительны к этому антибиотику оказались корни проростков редиса (рис. 2).

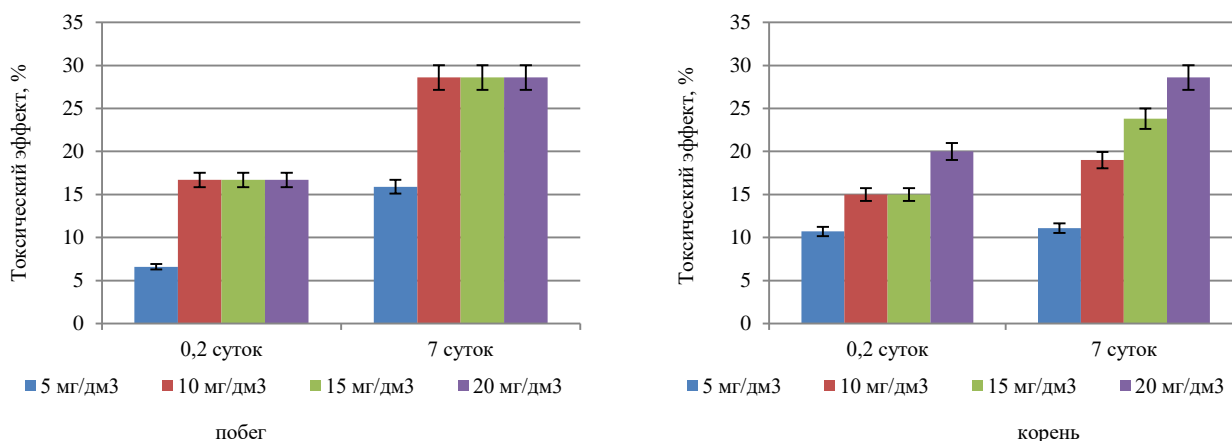


Рис. 2. Фитотоксичное действие меропенема на проростки редиса сорта «18 дней»

Наиболее токсичным для проростков редиса оказался сульфаниламид. Так при увеличении концентрации антибиотика в растворе токсический эффект на побеги редиса увеличивались от 7,9 до 16,7% (0,2 сут.) и 21,2 до 44,4% (7 сут.). Рост корней проростков редиса также зависел от концентрации антибиотика в водной среде – 3,3–16,7% (0,2 сут.) и 22,6–37,5% (7 сут.) (рис. 3).

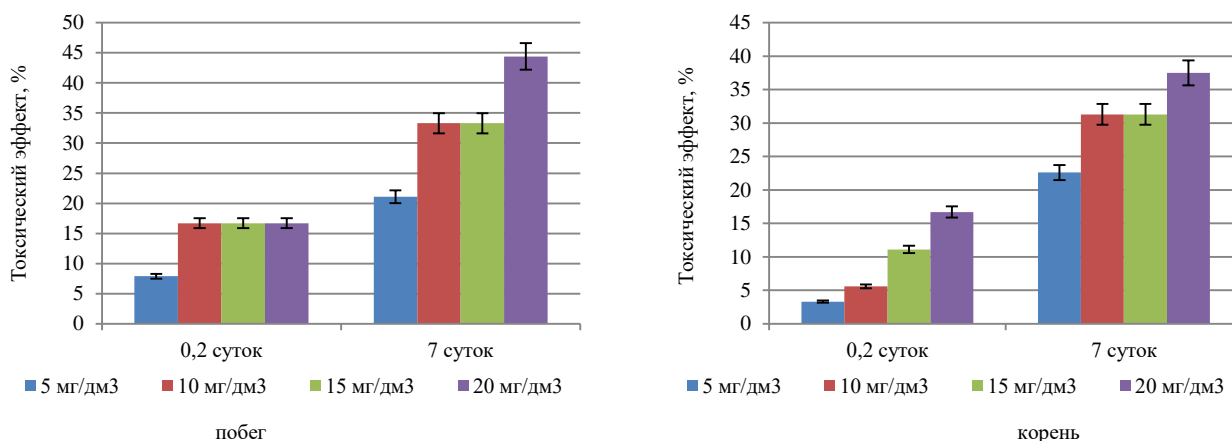


Рис. 3. Фитотоксичное действие сульфаниламида на проростки редиса сорта «18 дней»

Выводы. В результате исследований нами было установлено:

- 1) тест-объект редис сорта «18 дней» (*Raphanus sativus* L., сем. Brassicaceae) можно оценивать устойчивость антибиотиков в водной среде;
- 2) по фитотоксическому эффекту исследованные антибиотики образовывали следующий ряд: меропенем < азитромицин < сульфаниламид.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках. М.: Изд-во МГУ, 2004. 528 с.
2. Баренбойм Г. М., Чиганова М. А. Загрязнение природных вод лекарствами. М.: Наука, 2015. 283 с.

3. Распространение и биологические эффекты антибиотиков в водных экосистемах (обзор) / В. А. Терехова и [др.] // Вода: химия и экология. 2019. № 3–6(119). С. 92–112.
4. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О. П. Мелехова и [др.]. М.: Изд. центр «Академия», 2008. 288 с.
5. Удалова А. Ю., Дмитриенко С. Г., Аняри В. В. Методы выделения, концентрирования и определения антибиотиков тетрациклиновой группы // Журнал аналитической химии. 2015. Т. 70. № 6. С. 577–593.
6. Маценко З. Е., Шафигулин Р. В., Шаталаев И. Ф. Биотерапия цефтриаксона в процессе биологической очистки сточных вод // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. № 1–8. С. 2070–2072.
7. Чеснокова С. М., Савельев О. В. Оценка устойчивости антибиотиков различных групп в водной среде методом биотестирования // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 9 (99). С. 101–109.

Экстракция флавоноидов из листьев кипрея узколистного

Закамская Е. С., Ефимова Ю. В.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
zakamskay@mail.ru

Флавоноиды – разнообразная группа полифенольных соединений, содержащиеся в том и ином количестве практически во всех растениях. Разнообразие в строении молекул флавоноидов обуславливает широкий спектр их биологических эффектов. Флавоноиды обладают антиоксидантным, противовоспалительным, бактерицидным, желчегонным, противоопухолевым, иммуностимулирующим действием [1, 2]. В том случае, когда они обуславливают фармакотерапевтическое действие лекарственного растительного сырья, их определяют количественно. При количественном определении флавоноидов в растительном сырье в качестве экстрагента, как правило, используется этиловый спирт разной концентрации [3, 4, 5 и др.].

Кипрей узколистный или иван-чай узколистный (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub) не является официальным растением, но широко используется в народной медицине как седативное, вяжущее, противовоспалительное, болеутоляющее, обволакивающее средство при нарушении обмена веществ, воспалительных заболеваниях дыхательных путей, нарушениях сна, гастрите и язвенной болезни желудка, колитах [6]. В листьях *Ch. angustifolium* содержатся различные биологически активные соединения и макро- и микроэлементы [7, 8]. Среди соединений флавоноидной группы были установлены производные кверцетина (кверцитрин, авикулярин, гиперозид, изокверцитрин, миквелианин), кемпферола (афцелин и кемпферол-3-О-глюкуроид), мирицетина (мирицитрин и мирицетин-3-О-галактозид) [9]. При количественном анализе содержания флавоноидов в растительном сырье используются методы дифференциальной спектрофотометрии [9], ВЭЖХ [10], тонкослойной хроматографии [11].

Целью работы являлось определение концентрации водно-спиртового раствора при экстрагировании флавоноидов из листьев кипрея узколистного.

Растительное сырье было собрано в июле, период цветения *Ch. angustifolium*. Собранные листья высушивались при температуре +60°C в дегидраторе до воздушно-сухого состояния. Затем у них определялась влажность при температуре 105°C [12].

Количественное содержание флавоноидов в листьях кипрея узколистного определяли методом дифференциальной спектрофотометрии после реакции комплексобразования с алюминия хлоридом. Перед экстракцией сырье измельчали до частиц, проходящих через сито с диаметром отверстий 1 мм. В качестве экстрагента брали водно-спиртовой раствор с концентрацией 40, 50 и 70 %.

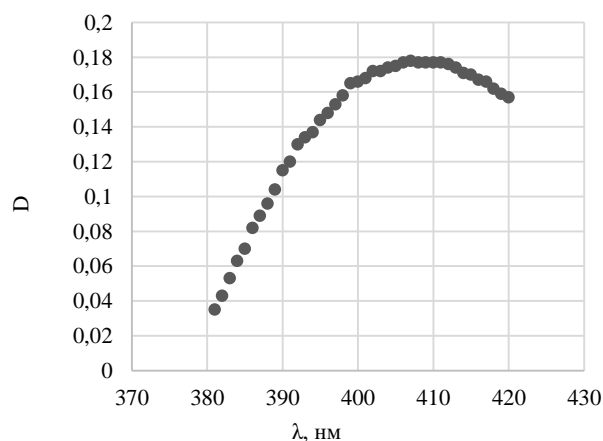
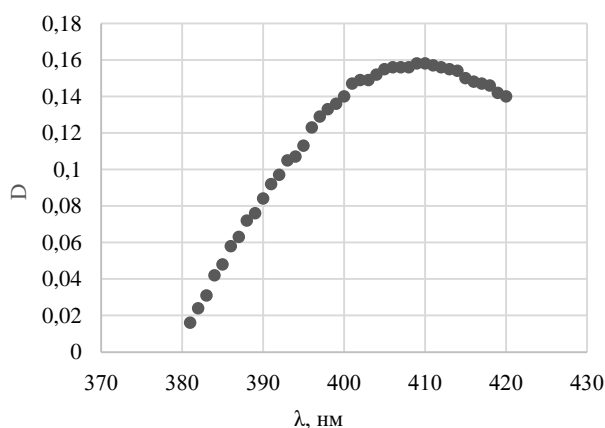


Рис. 1. УФ-спектр комплекса водно-спиртового извлечения 40 % из листьев кипрея узколистного с 2% спиртовым раствором алюминия хлорида

Рис. 2. УФ-спектр комплекса водно-спиртового извлечения 50 % из листьев кипрея узколистного с 2% спиртовым раствором алюминия хлорида

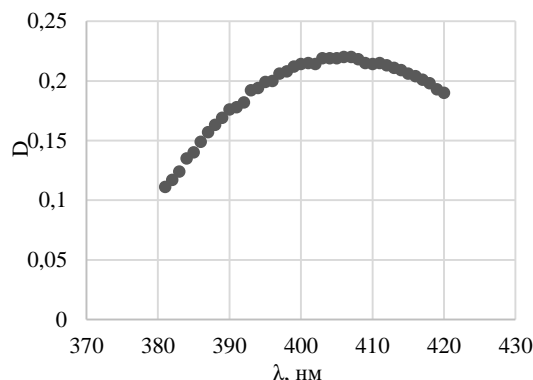


Рис. 3. УФ-спектр комплекса водно-спиртового извлечения 70 % из листьев кипрея узколистного с 2% спиртовым раствором алюминия хлорида

Аналитическую пробу (около 1,0 г) помещали в колбу со шлифом вместимостью 250 мл, приливали водно-спиртовой раствор, взвешивали с точностью $\pm 0,01$ г и экстрагировали однократно на водяной бане с обратным холодильником в течение 90 минут. После охлаждения содержимое доводили экстрагентом до первоначальной массы и фильтровали (раствор А). 1,0 мл раствора А помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, прибавляли 1 мл 2 % спиртовой раствор алюминия хлорида и подкисляли уксусной кислотой, доводили объем раствора до метки спиртом (раствор Б). Через 30 мин измеряли оптическую плотность раствора Б на спектрофотометре при длине волны от 381 до 420 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения используют раствор состоящий из 1,0 мл раствора А, подкисленного уксусной кислотой, доведенного до метки спиртом.

Для экстракции флавоноидов из листьев кипрея узколистного используются водно-этанольные растворы разной концентрации – (40% [13] спирта этилового 50% [14], 70 % [15]). В данной работе мы использовали для извлечения флавоноидов все эти три концентрации. При экстрагировании флавоноидов в УФ-спектрах водно-спиртовых извлечений с алюминия хлоридом наблюдался один максимума поглощения. При извлечении 40 % раствором наибольшая оптическая плотность наблюдалась при $\lambda = 409\text{--}410$ нм (рис. 1); при использовании 50 % раствора максимум спектра был зафиксирован при $\lambda = 407$ нм (рис. 2); при 70 % – $\lambda = 406\text{--}407$ нм (рис. 3). Значения оптической плотности варьировало при использовании в качестве экстрагента 40 % водно-спиртового раствора от 0,06 до 0,158; 50 % – от 0,035 до 0,178 и 70 % – от 0,111 до 0,220.

Таким образом, для извлечения флавоноидов из листьев кипрея узколистного следует в качестве экстрагента использовать 70 % водно-спиртовой раствор и оптическую плотность измерять при $\lambda = 407$ нм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полифенолы как перспективные биологически активные соединения / Т. Н. Бобрышева, Г. С. Анисимов, М. С. Золоторева [и др.]. // Вопросы питания. 2023. № 1 (545). С. 92–107.
2. Цыдендамбаев П. Б. Биологические эффекты флавоноидов / П. Б. Цыдендамбаев, Б. С. Хышиктуев, С. М. Николаев. // Acta Biomedica Scientifica. 2006. № 6. С. 229–233.
3. Государственная Фармакопея Российской Федерации XIV изд. в 4 томах. Т. 4. Изд. 14. М., 2018. [сайт]. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol4/1061/#zoom=z>.
4. Количественное определение флавоноидов в растительном средстве «Эритрофит» / П. Б. Лубсандоржиева, Ж. Б. Дашинамжилов, Е. Д. Гармаева, Т. А. Ажунова // БМЖ. 2011. С. 156–158.
5. Методика количественного определения суммы флавоноидов в траве мяты перечной / Е.Е. Курдюков, Е.В. Карасёва, Е.Ф. Семенова, В.А. Неклюдова, М.С. Тарасов // МНИЖ. 2022. №10 (124). С. 43.
6. Сапарклычева С. Е., Пояркова Н. М. Иван-чай узколистный [*Chamerion angustifolium* (L.) Holub] // АОН. 2019. №4. С. 15.
7. Закамская Е. С., Конохова О. М. Содержание биологически активных веществ в кипрее узколистном при разных способах ферментации // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование. 2022. № 3 (55). С. 29–39.
8. Царёв В. Н. Кипрей узколистный (*Chamerion angustifolium* L.) химический состав, биологическая активность (обзор) / В.Н. Царёв, Н.Г. Базарнова, М.М. Дубенский // Химия растительного сырья. 2016. №4. С. 15–26
9. Валов Р. И. Фармакогностическое исследование надземной части *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.: специальность «Фармацевтическая химия, фармакогнозия»: автореф. дис. ... на канд. фарм.: 14.04.02/ Валов Роман Игоревич; Ин-т общ. и эксперим. биологии СО РАН. Улан-Удэ, 2012. 22 с.

10. Веремчук О. А., Моисеев Д. В. Валидация методики количественного определения флавоноидов в побегах вереска обыкновенного // Вестник ВГМУ. 2015. С. 128–135.
11. Хохлова Е. А. Разработка и валидация методики идентификации флавоноидов в настойке календулы. Сообщение 1 / Е.А. Хохлова, А. А. Здорик, В. А. Георгиянц // Химия растительного сырья. 2015. №1. С. 133–139.
12. ОФС.1.5.3.0007.15 Определение влажности лекарственного растительного сырья // Государственная Фармакопея Российской Федерации XIV изд. в 4 томах. Т. 2. Изд. 14. М., 2018. [сайт]. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol2/547/>
13. Application of green-extraction technique to evaluate of antioxidative capacity of wild population of fireweed (*Epilobium angustifolium*) / A. Nowak, A. Klimowicz, W. Duchnik, et al. // Herba Polonica. 2019. Vol. 65. P. 18–30.
14. Особенности накопления флавоноидов в сырье кипрея узколистного (*Epilobium angustifolium*L.) в зависимости от происхождения и морфологической группы сырья / М. С. Антоненко, Е. Ю. Зуйкова, В. Н. Дул, Е. Л. Маланкина // Овощи России. 2023. № 1. С. 38–43.
15. Валов Р. И., Ханина М. А. Некоторые исследования фенольного комплекса надземной части *Chamerion angustifolium* (L.) Holub, произрастающего на территории Сибири // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. научн. тр. Пензенск., 2008. Вып. 63. С. 267–268.

Изучение биографии сотрудника ПФИ – заведующей библиотекой Розы Фоминичны Сюезовой

Камалова Ю., студ. 1 курса

Науч. рук. – Шутова Т.Ю.

ФГБОУ ВО ПГФА Минздрава России, г. Пермь
E-mail: yuliya.kamalova.04@mail.ru

Введение

Библиотека занимает важное место в жизни студента любого поколения. Это источник информации, которую нигде не найти, а во времена, когда не было интернета, это было единственное место, где можно было получить недостающие знания. Сотрудники библиотеки выполняли огромное количество работы, поэтому важно знать о людях, внесших вклад в развитие библиотеки.

Материалы и методы

Источником информации служило личное дело Сюезовой Розы Фоминичны. Методы исследования: документальный анализ с вторичными и первичными источниками информации, в том числе работа с архивными документами, интервьюирование. Методы обработки собранной информации: группировка данных, табулирование.

Результаты

Нами изучено личное дело Розы Фоминичны Сюезовой, хранящееся в архиве ПГФА. Кроме того, проведено интервьюирование сотрудника библиотеки Чесноковой Лидии Васильевны-главного библиотекаря научной библиотеки ПГФА, а также Яковлевой Лидии Фёдоровны бывшего ректора ПФИ(ПГФА)

На первом этапе, изучая личное дело Р.Ф. Сюезовой, мы выделили главные исторические периоды ее жизни:

1. Сюезова Роза Фоминична родилась 8 марта 1928 года в городе Чердынь.
2. В 1946 году поступила и в 1949 году окончила полный курс Молотовского (Пермского) областного техникума по специальности библиотекарь.
3. В фармацевтический институт пришла работать 2 февраля 1957 года на должность библиотекаря абонементов.
4. В 1969 году она займет должность заведующей библиотекой и будет управлять ей до 1983 года, превосходно исполняя свою тяжелую работу [1].
5. Роза Фоминична Сюезова проработала в институте 26 лет и 4 месяца, получила 27 грамот, ее фотография висела на доске почета, так же она получила премию министерства культуры, медаль ветерана труда, медаль за труд во время войны и прочие юбилейные награды.

Со слов директора музея ПГФА Гурьянова М.Г мы узнали, что Роза Фоминична приходится племянницей знаменитого уральского ученого биолога Павла Васильевича Сюезова. Это крупный исследователь флоры Урала, профессор кафедры биологии педагогического факультета Пермского университета, член Русского государственного ботанического общества при АН СССР, автор более 100 научных работ.

Далее для того, чтобы получить подробную информацию о Розе Фоминичне, мы пообщались с Чесноковой Лидией Васильевной. Она рассказала о работе библиотеке в то время и о самой Розе Фоминичне, а также поделилась воспоминаниями Розы Фоминичны.

В СССР библиотека была основным источником знаний. В ней студенты стояли в огромных очередях, чтобы получить нужные книги, так как информация нужна была всем. Ежегодно в библиотеку поступало большое количество книг, журналов, энциклопедий, писались диссертации. Все это нужно было принять,

обработать, разложить по местам и выдать студентам и их преподавателям. Всем этим занималась Роза Фоминична и работники библиотеки.

За время работы Розы Фоминичны в библиотеке случилось немало происшествий, с которыми она и ее коллеги самоотверженно справились, они были поистине энтузиастами своего дела.

В 1957 год Роза Фоминична пришла работать в институт, в тот момент в нем шла проверка фонда, каталога не было, все создавали заново. В институте на тот момент училось 100 человек на очном отделении и 50 на заочном.

В 1965 году в институте случился пожар, горел купол, где в то время находился лекционный зал. В библиотеке по стеллажам стекала вода прямо на книги, Роза Фоминична и Зинаида Фоминична спасали книги. Сотрудники института в тот день очень быстро собрались и работали всю ночь, каждый спасал свое, хаоса не было. После пожара Роза Фоминична и ее коллеги сушили книги, для этого были задействованы вентиляторы. Уже через три дня занятия шли своим ходом.

А в начале года институт переехал в новое здание, что тоже было не просто, ведь перевозить большое количество книг тяжелый труд. Их перевозили на палено возах, книги лежали горой, а работники сидели сверху на них, по дороге несколько книг свалилось, но добрые люди принесли их в институт. Главная сложность заключалась в том, что учебный процесс шел, не останавливаясь, поэтому привезенные стеллажи, новую мебель в короткий срок нужно было расставить по местам, и разложить на них книги в нужном порядке. Целый год сотрудникам приходилось работать в сыром и холодном помещении, и каждое утро снимать с книг паутину.[2]

За годы труда Розы Фоминичны в библиотеке было выполнено огромное количество работы:

Фонд библиотеки перевезен в лабораторный корпус(ул.Крупской 46), проведена большая работа по вопросам комплектования фонда в соответствии с планами, отмечен хороший читальный зал, книги находились в отличном состоянии, не было ошибок в записях по всем инвентарным книгам. На все события нашей страны были оформлены картотеки и папки газетных вырезок, выставки и обзоры литературы [3, с. 31].

В 1967 году Р.Ф. Сюзева вместе с сотрудниками кафедры подготовила «Библиографический указатель по лекарственным растениям», который охватывал 15-летний период публикаций (1955–1970г.г.), а также указатель «Авторефераты диссертационных работ по лекарственным растениям» [3, с. 34].

Приказом Министра здравоохранения РСФСР от 2 ноября 1967 года «За успехи в развитии библиотечного дела, активную пропаганду медицинской книги, а также высокие показатели, достигнутые во Всесоюзном общественном смотре библиотек, посвященном 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции» Роза Фоминична получила благодарность [1].

В 1975 году начались библиотечно-библиографические занятия со студентами [3, с. 40]. В 1978 по результатам проверки комиссией была отмечена хорошо налаженная массовая, справочно-информационная библиографическая работа [3, с. 44]. Ежегодно проводилась передвижка фонда, проверка правильности его расстановки с обеспыливаем. [3, с. 45]

К концу работы Розы Фоминичны действовало 16 кафедральных библиотечных пунктов. Фонд активно комплектовался, количество книг увеличилось, на учетных карточках было зарегистрировано 13805 экземпляров [3, 46].

Роза Фоминична одновременно вела большую общественную работу, являлась руководителем библиотечного отделения ФОР, читала лекции, проводила занятия на добровольных началах, вела информационную работу, читала библиографические обзоры и проводила беседы со студентами.

Роза Фоминична Сюзева была очень уважаемым сотрудником. Она проявила себя как энергичный, инициативный работник, которого интересовали научные и литературные интересы своих читателей, так же она активно участвовала во всех мероприятиях, проводимых библиотекой. Роза Фоминична участвовала в общественной жизни института, неоднократно избиралась в состав местного комитета и редколлегия институтской газеты «Провизор». Пользовалась авторитетом среди сотрудников и студентов. Выйдя на пенсию, Роза Фоминична работала в обществе «Мемориал» [1].

Из записи беседы М.Г. Гурьянова с бывшим ректором Яковлевой Лидией Федоровной мы узнали, что Роза Фоминична очень сильно заикалась, поэтому она окончила только библиотечный техникум. Но со временем Роза Фоминична исправила свой недостаток. Правда не всегда получалось, когда она сильно нервничала, то снова начинала заикаться. Чтобы справиться со своим недугом она использовала такой прием: когда начинала заикаться, то приостанавливала дыхание и заикание проходило. Лидия Федоровна рассказала, что Роза Фоминична ушла на пенсию в 55 лет. А на вопрос о раннем уходе, несмотря на то, что она еще может работать. Роза Фоминична отвечала: «Я очень люблю сестру! А она будет трудиться, пока не умрет на работе, поэтому я ухожу, и тогда и она уйдет на заслуженный отдых». Ушли они пенсию вместе.

Также Лидия Федоровна рассказала, что Роза Фоминична и ее сестра Зинаида Фоминична жили в доме на Набережной. Квартиры в то время давали только советским работникам на высоких должностях. Эту квартиру получал их отец, а раз квартиру не отобрали, то значит, речи не может быть о репрессированном отце. Муж Розы Фоминичны и сейчас живет в этой квартире. А еще Лидия Федоровна поделилась тем, что дома Розу Фоминичну звали Зоя, потому что когда она родилась, какая-то из родственниц предложила назвать ее в честь Розы Люксембург. А домашним нравилось имя Зоя. Вот так и получилось, вне дома ее называли Роза, а дома – Зоя [4].

Выводы

Роза Фоминична была прекрасным человеком, любящей сестрой и очень ответственным работником. Трудом Розы Фоминичны Сюезовой и ее коллег мы пользуемся и сейчас, она внесла огромный вклад в развитие Пермской Государственной Фармацевтической Академии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архив ФГБОУ ВО ПГФА Личное дело Сюезовой Розы Фоминичны №9018
2. Результаты опроса сотрудника библиотеки Чесноковой Лидии Васильевны-главного библиотекаря научной библиотеки ПГФА.
3. Чеснокова Л.В. Сводные аналитические данные по истории библиотеки ПГФА с 1917–2017..., Пермь, 2021 г.
4. Результат опроса бывшего ректора ПФИ (ПГФА) Лидии Федоровны Яковлевны.

Биологически активная добавка на основе селена

Кириллов Н. А., Семенова Л. М., Григорьев С. Н., Долгова И. С.

**Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары
kna27zergut@mail.ru**

Здоровье человека во многом зависит от рациона его питания и поэтому разработка пищевых продуктов, обогащенных физиологически активными добавками функциональными значения, является актуальной задачей современности [1–2]. Продукты функционального назначения могут быть использованы в качестве лечебного и профилактического средства, в качестве биологически активной добавки (БАД) или источника пищи для систематического потребления населением разных возрастных групп. Их использование направлено на повышение продолжительности и качества жизни, профилактику и снижение рисков развития заболеваний различной этиологии [3–8]. При обогащении эссенциальными микроэлементами рациона питания человека организм получает пищевое сырье, обогащенное биодоступной формой редких элементов.

К функциональным продуктам следует отнести натуральные (природные) источники пищи и синтезированные человеком продукты. Наиболее востребованными остаются продукты, полученные из растений и животных путем их частичной переработки (удаления из первоначального состава вредных компонентов и обогащения ценными ингредиентами с учетом суточных физиологических потребностей организма) или ферментации. Наиболее известными на сегодняшний день компонентами функциональных продуктов с научно доказанными характеристиками являются: пищевые волокна (пектины), витамины, минеральные вещества (кальций, магний, железо, селен, йод, цинк, медь), полиненасыщенные жирные кислоты, каротиноиды, растительные стеролы, некоторые полисахариды, флавоноиды, пробиотики, пребиотики и симбиотики.

Впервые понятие «физиологический функциональный продукт» было использовано при принятии закона об улучшении питания населения в Японии в 1989 г. В этой стране функциональное питание рассматривается как альтернатива медикаментозного лечения и обозначается как FOSHU – пищевой продукт специального назначения для здоровья.

В Японии продукты для питания человека специального диетического использования принято делить на пять категорий: в первую входит сухое молоко для беременных и кормящих матерей; во вторую – сухое молоко по особому рецепту для младенцев; в третью – продукты питания для людей пожилого возраста с проблемами в пережевывании пищи и глотания; в четвертую – единичные продукты для питания больных, куда входят противоаллергические продукты, продукты с высоким или низким содержанием белков, углеводов, макро- и микроэлементов, продукты для больных с болезнями печени, ожирением; в пятую – продукты для питания специального оздоровительного использования (FOSHU). Все они изготавливаются без применения алкогольных напитков, на основе мясной и рыбной продукции с добавлением разнообразных приправ [9–13].

Необходимость создания подобной государственной инициативы в России также назрела давно, хотя некоторые элементы этого уже используются на протяжении ряда десятилетий (например, йодирование поваренной соли). Данный позитивный опыт, по нашему мнению, необходимо расширить и для разработки других, не менее важных видов функциональных продуктов (ФП). На решение данной проблемы и направлено настоящее исследование, целью которого выступает создание ФП на основе селена.

Выбор селена в качестве объекта исследования был продиктован тем, что данный элемент является обязательным компонентом для более чем тридцати жизненно важных физиологически активных веществ в организме человека. При его дефиците развиваются болезни щитовидной железы (гипотиреоз, эндемический зоб, кретинизм), наблюдается снижение иммунитета, нарушается обмен жиров и холестерина. Благодаря селену повышается работоспособность и выносливость, снижается риск возникновения простудных и онкологических заболеваний, вирусных инфекций (герпеса, гепатита), увеличивается усвоение йода, восстанавливается гормональный фон у женщин и снимаются симптомы олигоспермии у мужчин.

В последние годы доказана роль селена в процессе перевода энергии квантов света в нервный информационный импульс. Оказалось, что в регионах со сниженным содержанием селена в природных средах (в почве и в воде) встречаемость слабовидящих детей и частота рождения слепых достоверно увеличивается, в то время как у орлов (птиц с наиболее развитым зрением) концентрация селена в глазах оказалось выше, чем у человека в 100 раз. Чаше возникают при дефиците селена у людей лейкозы, герпес, гепатиты и ВИЧ-инфекция [1–2; 9–13].

По различным данным ВОЗ на планете около 1 млрд. человек ощущает дефицит селена и еще больше людей получают данный элемент ниже физиологического уровня, не достаточного для эффективной защиты организма от сердечно-сосудистых, раковых и инфекционных заболеваний. В России до 80% населения России также страдает дефицитом селена. Суточная потребность человека в селене составляет от 40 до 200 мкг в зависимости от особенностей организма, формы поступающего с пищей или водой селена, содержания в пище белков и витаминов (С и Е). Так, наибольшее количество селена обнаруживается в чесноке, свином сале, белых грибах, морских водорослях, пивных дрожжах, бобовых, кокосах, фисташках.

Согласно данным литературы, наиболее перспективным путем коррекции селенодефицита является насыщение растениеводческой продукции селеном [1–2; 9–13]. Исходя из этого, целью работы стало получение продукта питания с повышенным содержанием селена для восполнения его дефицита.

Изучение литературы показывает, что попытки получения функционального продукта на основе соединений селена предпринимаются учеными из разных стран. В частности, в Китае разработана технология получения обогащенного селеном чая, в США – чеснока, в Англии – томатов, в России – топинамбура, пшеницы и паприки. В Скандинавских странах для этого чаще используются селенсодержащие удобрения совместно с минеральными, а в нашей стране – опрыскивание вегетирующих растений растворами соединений селена. Также для восполнения дефицита селена рекомендованы БАДы – нутрицевтики: «Селенон», «Нутрикон-Селен», питьевая вода «Дарида». По высказываниям ученых, селен входит в число пяти сильнейших антиоксидантов, не уступая по способности нейтрализовать активные формы кислорода витамины Е и С. При этом, соединения селена оказывают иммуномодулирующий эффект и участвуют в выработке интерферона. Например, в составе препарата «Сел-Плекс» селен представлен в виде хелатного соединения селенометионина [1–2; 9–13].

Полевые опыты с применением солей селена были запланированы на территории опытного поля Чувашского государственного аграрного университета, а определение количественного содержания микроэлементов в выращенной продукции – на базе межкафедральных лабораторий химико-фармацевтического факультета Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова.

Перед началом опытов был проведен химический анализ по определению содержания селена в почве. Почвы опытного участка относятся к типу дерново-подзолистых почв с тяжелой суглинистой структурой. Среднее содержание селена в изученной почве составило всего 198 мкг/кг, что и определяло невысокое содержание соединений селена в составе готовой растениеводческой продукции. Поэтому эксперименты были перенесены на защищенный грунт, а в качестве объекта исследования были выбраны томаты сорта Фараон. Данный сорт томата относится к гибридам F-1 и получен путем скрещивания двух разных сортов томатов. Фараон на территории Среднего Поволжья лучше подходит для выращивания в теплицах из поликарбоната или специальной пленки, где он образует мощные высокорослые кусты с большим числом завязей, способных давать плоды до конца осени.

Так как выбранный сорт относится к числу среднеспелых, пересадку рассады томатов на постоянное место в теплице производили уже в конце апреля. Посев семян томата производился в конце февраля, а пикировку проводили в фазу развития двух настоящих листьев. Томаты высаживались в теплице по схеме 50 на 40 сантиметров (4 растения на квадратный метр), после чего отдельные растения подвязывались к перекладине шпагатами. Уход за растениями в течение лета включал: подвязку кустов, пасынкование по мере роста, удаление сорных растений, подкормки с минеральными удобрениями, рыхление почвы, полив

и сбор урожая. Кроме этого, растения опытной группы опрыскивались раствором селенита натрия из расчета 250 г/га в фазу начала плодоношения, а контрольные – чистой водой.

Благодаря своевременному и качественному проведению необходимых агротехнических мероприятий, нам удалось получить довольно высокий урожай спелых томатов массой до 140–170 г с плотной и мясистой мякотью с семенами, расположенными в отдельных гнездах. Зрелые томаты имели приятный, сладкий, с некоторой кислинкой, вкус с выраженным томатным ароматом. Урожайность зрелых плодов томатов в опытной группе оказалась на 13,7% выше, чем в контрольной.

Полученный урожай с контрольной и опытной групп (теплиц) был анализирован на предмет содержания селена в четырех повторностях. Для анализа отбирали 300–400 г плодов, из которых получали гомогената и отбирали пробы массой 1–1,5 г. Как показали результаты, опрыскивание растений позволило увеличить концентрацию селена в зрелых томатах более чем в девять раз, до 22 мкг/100 г сырого веса плодов, что составляет около 1/3 от суточной нормы потребления селена человеком. Кроме этого, томаты, выращенные с использованием селенита натрия, отличались от контрольных лучшей устойчивостью к растрескиванию и устойчивостью к заболеваниям. Полученные результаты объясняют участие селена в активации процесса фотосинтеза, продукции и накоплении органических соединений в тканях растений и повышении устойчивости к различным видам стресса.

Полученные нами данные совпадают с результатами других авторов, которым удалось повысить содержание селена в растениеводческой продукции в 3–11 раз по сравнению с контролем (без обработки препаратами селена). Так, сотрудниками института металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН был разработан и испытан способ накопления селена в клубнях топинамбура при обработке растений коллоидным нанораствором с селеном. В результате проведенных исследований ученым удалось повысить концентрацию селена в клубнях топинамбура в шесть раз по сравнению с контрольной группой. Позднее работы по изучению влияния растворов селена на урожайность сельскохозяйственных культур и накопление в продукции селена в эффективных концентрациях были перенесены на другие культуры.

В целом, опрыскивание томатов раствором селеносодержащего препарата в условиях защищенного грунта позитивно отразилось не только на урожайности и качестве выращенных плодов, но и позволило получить функциональный продукт с повышенным содержанием важнейшего для человека микроэлемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубкина Н. А., Кононков П. Ф., Гинс В. К. Перспективы обогащения селеном растений // *Агрохимический вестник*, 1998. № 5–6. С. 41.
2. Кашин В. К., Шубина О. И. Биологическое действие и накопление селена в пшенице в условиях селенодефицитной биогеохимической провинции // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2011. Т. 19. №2. С. 151–156.
3. Кириллов Н. А. Динамика медико-демографических показателей в Чувашской Республике // *Современные проблемы естественных наук и медицины: Сборник статей Всероссийской научной конференции, Йошкар-Ола, 18–20 мая 2020 года. Том Выпуск 9*. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2020. С. 492–496.
4. Кириллов Н. А. Изучение влияния кормовой добавки на активность ферментов и синтез гормонов гипофиза // *Современные направления развития науки в животноводстве и ветеринарной медицине: Материалы Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 27 октября 2022 года. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2022. С. 423–427.*
5. Кириллов Н. А., Григорьев С. Н. Определение сохранности витаминов и других биологически активных веществ при разных способах консервирования // *Актуальные проблемы в ветеринарии и в животноводстве: Материалы Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 26 мая 2022 года. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2022. С. 126–130.*
6. Кириллов Н. А., Павлова И. Ю. Динамика смертности населения в Чувашской Республике на примере Чебоксарского района // *Современные проблемы медицины и естественных наук: Сборник статей Международной научной конференции, Йошкар-Ола, 15–19 апреля 2019 года. Том Выпуск 8*. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2019. С. 45–47.
7. Кириллов Н. А., Павлова И. Ю. Причины высокой смертности населения Чувашской Республики // *Современные проблемы медицины и естественных наук: Сборник статей Международной научной конференции, Йошкар-Ола, 15–19 апреля 2019 года. Том Выпуск 8*. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2019. С. 47–48.
8. Петрова М. С. Перспективы использования лекарственных растений при изготовлении фармакологических препаратов // *Студенческая наука – первый шаг в академическую науку: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10–11 классов. В 2-х частях, Чебоксары, 03–04 марта 2022 года. Часть 1. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2022. С. 585–587.*
9. Торшин С. П., Ягодин Б. А., Клинский Г. Д. Влияние селена и кобальта на элементный состав, прорастание семян и формирование проростков растений салата // *Агрохимия*. 1997. № 12. С. 36–42.
10. Фадеева Н. А., Александров В. В., Кириллов Н. А. Опыт размножения хвойных культур, обладающих фитонцидными и лечебными свойствами // *Развитие аграрной науки как важнейшее условие эффективного функционирования агропромышленного комплекса страны: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы Чувашской Республики и Российской Федерации, доктора ветеринарных наук, профессора Кириллова Николая Кирилловича, Чебоксары, 08 октября 2018 года. Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. С. 82–87.*
11. Хонихоева С. В., Сордонова Е. В., Жамсаранова С. Д. Изучение возможных путей коррекции недостаточности йода и селена // *Материалы III Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые продукты и здоровье человека»*. Кемерово, 2010. С. 75–76.

12. Хонихоева С. В., Сордонова Е. В., Жамсаранова С. Д. Один из способов коррекции микроэлементной недостаточности в пищевом рационе питания человека // Материалы Монгольского форума молодых ученых «Хурэл Тогоот-2011, залууэрдэмтэн, судлаачдын эрдэмшинжилгээний бага хурлын бүтээлийн нэмтгэл». Улан-Батор, 2011. С. 88–92.

13. Шубина О. И., Кашин В. К. Влияние селекции на продуктивные характеристики яровой пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2011. № 1. С. 26–31.

Разработка и установление метрологических характеристик спектрофотометрического метода определения липофильности хлорофилла

Косарева А. Д., студ. 4 курса

Науч. рук. – Соловьёва Е. С., канд. биол. наук, доц.

Вятский государственный университет, г. Киров
anna7kosareva@yandex.ru

В статье представлены результаты разработки и установления метрологических характеристик спектрофотометрического метода определения липофильности хлорофилла.

Один из важнейших параметров, оцениваемых у веществ с потенциальной биологической активностью – липофильность (сродство к жирам). Этот параметр обуславливает фармакокинетику лекарственного вещества и его поведение в организме, проходимость через липидный слой мембраны биологических клеток. Липофильные, т. е. жирорастворимые вещества в отличие от водорастворимых легко проникают через гематоэнцефалический барьер посредством простой диффузии. Лекарственные вещества, пройдя через клеточные мембраны поступают в клетку [1].

Цель данной работы – валидация спектрофотометрической методики определения липофильности хлорофилла.

Один из основных методов определения липофильности – спектрофотометрический. В данной работе использовалось спектрофотометрическое определение концентрации соединений в водной и органической фазах. Данный метод основан на способности окрашенных веществ поглощать монохроматический свет. Ввиду того, что значение коэффициента поглощения при одинаковой длине волны для одного соединения в полярных растворителях практически одинакова, то отпадает необходимость в определении значений концентраций по калибровочным графикам. Поэтому отношение концентраций вещества в органической фазе к концентрации в воде будут равняться отношению значений $D_{\text{орг}}/D_{\text{водн}}$, а липофильность (P) будет равна $Lg D_{\text{орг}}/D_{\text{водн}} = C_{\text{орг}}/C_{\text{водн}}$.

Хлорофилл – зеленый пигмент, окрашивающий хлоропласты растений и водорослей в зеленый цвет. При его участии осуществляется процесс фотосинтеза. В настоящее время известно около 10 пигментов, входящих в группу хлорофиллов, отличающихся друг от друга некоторыми структурными особенностями [2]. По химическому строению является магниевыми комплексами различных тетрапирролов. Имеют порфиновое строение и близки к нему [5]. Длинная углеродная цепь – остаток фитола, присоединенный к порфиновой части молекулы хлорофилла, обладает липофильными свойствами, а порфиновое ядро – гидрофильными [4]. Хлорофилл обладает широким спектром действия на живой организм. Возможным механизмом его многочисленных эффектов является облегчение процессов переноса зарядов, в том числе биологически активного вещества, на соответствующую мишень или рецептор и сопутствующее УФ излучение при рекомбинации свободных радикалов. Сходство хлорофилла по своей химической структуре с гемоглобином крови обуславливает его широкое применение в медицине как средства усиливающего процессы кроветворения. Хлорофилл обладает антимикробными свойствами, с успехом применяется для лечения ран и ожогов, оказывает тонизирующее действие на организм, стимулирует работу сердца, дыхательного центра [3].

В качестве исследуемого образца было принято БАВ: питьевой порошок хлорофилл (Таиланд).

Начальным этапом данной работы было снятие спектрограммы хлорофилла, на которой были зафиксированы пики 410 нм и 630 нм. Далее выбиралась аналитическая область исследований. При выборе навесок от 0,11 г до 0,16 г прослеживалось последовательное увеличение оптической плотности, однако, если масса навески выходила за область этих значений, то оптическая плотность становилась неприемлемой. Следующим шагом было приготовление растворов. Для подтверждения линейности методики отбирали 5 аликвот в пределах от 80–120% от нормированного значения (0,14 г). Было отобрано 5 навесок хлорофилла массой соответственно 0,16 (120%); 0,15 (110%); 0,14 (100%); 0,12 (90%); 0,11 (80%) г. После чего переносили навески в мерные колбы на 100 мл. Делали водные растворы и анализировали их на спектрофотометре при длине волны 630 нм в кюветах с толщиной слоя в 2 см. После снятия спектра в водных растворах отбиралось по 5 см³ каждого раствора соответственно и добавляли по 5 см³ этилацетата. Раство-

ры переливали в делительную воронку и аккуратно встряхивали с умеренной скоростью 1 минуту каждую. Давали смеси расслоиться и нижний (водный) слой переносили в сухой стакан и анализировали их на спектрофотометре при длине волны 630 нм в кюветках с толщиной слоя в 2см. Результаты измерения оптической плотности растворов хлорофилла после встряхивания с этилацетатом при длине волны 630 представлены в таблице 1.

Были установлены метрологические характеристики:

- *Линейность методики* – это наличие линейной зависимости аналитического сигнала от концентрации или количества определяемого вещества в анализируемой пробе в пределах аналитической области методики;
- *Повторяемость методики* оценивают по независимым результатам, полученным в одинаковых регламентированных условиях в одной лаборатории (один и тот же исполнитель, одно и то же оборудование, один и тот же набор реактивов) в пределах короткого промежутка времени [6].

Таблица 1

Результаты измерения оптической плотности растворов хлорофилла после встряхивания с этилацетатом

Масса навески, г	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16
A1	0,075	0,088	0,11	0,12	0,13
A2	0,076	0,089	0,1	0,121	0,129
A3	0,079	0,089	0,109	0,119	0,131
Аср	0,079	0,092	0,11	0,12	0,13

Линейность аналитической методики определяли из 5 навесок в пределах от 80 до 120% от номинальной. В ходе определения линейности было установлено, что график зависимости оптической плотности от массы навески имеет линейный характер и описывается уравнением: $y = 0,9965x - 0,0293$. По ОФС.1.1.0012.15 Валидация аналитических методик коэффициент корреляции должен быть $r \geq 0,99$, полученный результат соответствует данному условию. Следовательно, можно сделать вывод, что методика валидна по характеристике линейности. График зависимости оптической плотности от массы навески представлен на рисунке 1.

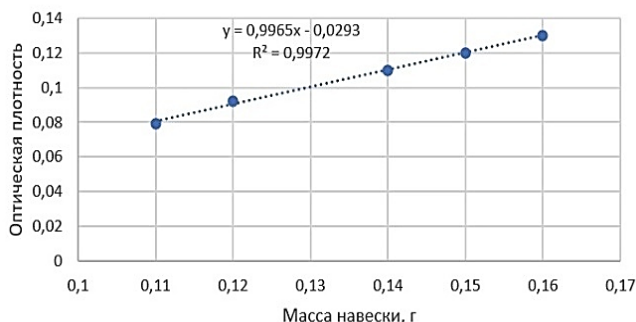


Рис 1. График зависимости оптической плотности от массы навески

Таблица 2

Проверка повторяемости результатов определения липофильности хлорофилла

Опорное	Измерение	Найдено	Метрологические характеристики
12	1	12,3000	СКО = 0,9 СКО отн. = 8,29% $\Delta = 0,46$ $\varepsilon = 4,27$ $S = 0,56$ $r = 1,85$
		11,4800	
		10,2300	
		12,0200	
		12,5900	
	2	12,0200	
		10,2300	
		10,2300	
		10,7200	
		10,2300	
	3	10,5900	
		10,7200	
		9,5500	
		10,4700	
		9,7700	

По полученным данным видно, что с увеличением массы навески, увеличивается и оптическая плотность раствора. Во всех выбранных значениях аликвот результаты измерения оптической плотности были близки и сходимы. Исследование правильности определения липофильности хлорофилла пяти образцов различной концентрации в трехкратной повторности. Опорным значением является теоретическая липофильность хлорофилла, найденным является то, что было получено в ходе эксперимента.

Таким образом, в ходе эксперимента была валидирована методика определения липофильности хлорофилла методом спектрофотометрии по характеристике линейности и повторяемости. Установлено, что данная методика является воспроизводимой и может быть использована для определения липофильности в таком биологически активном веществе как хлорофилл. График зависимости «концентрация — оптическая плотность» имеет линейный характер ($r > 0,99$), повторяемость характеризуется RSD равное 0,9%.

ЛИТЕРАТУРА

1. IUPAC Compendium of Chemical Terminology, 849. 2014.
2. Алехина Н. Д., Балнокин Ю. В., Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В., Мейчик Н. Р., Носов А. М., Полеская О. Г., Харитонашвили Е. В., Чуб В. В. // Физиология растений / Ред. И. П. Ермакова. М.: Изд-во «Академия». 2007. 640 с.
3. Федосеев Л. М. Изучение и сравнительная оценка липофильных веществ зеленых, красных и черных листьев бадана толстостолого, произрастающего на Алтае / Л. М. Федосеев, Т. С. Малолеткина // Химия растительного сырья. – 1999. – № 2. – С. 113–117. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-i-sravnitel'naya-otsenka-lipofilnyh-veschestv-zelenyh-krasnyh-i-chernyh-listiev-badana-tolstolistnogo-proizrastayuschego-na/viewer/> (дата обращения: 26.01.2023)
4. Тюкавкина А. Ф., Монтверде Н. Н., Соколов В. Лекарственные растения СССР // Растительные ресурсы СССР. М.-Л., 1957. Т. 2: Натуральные растения. 450 с.
5. 16. Кретович В. Л. Основы биохимии растений, 5 изд., М., 1971. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/100505/> (дата обращения: 28.05.2022)
6. ОФС.1.1.0012.15 Валидация аналитических методик.

Определение доброкачественности ЛРС Полыни горькой трава по числовым показателям

Кутузова Н. Н., Шатунова А. В., студ. 3 курса

Науч. рук. – Сkochилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
nata.kutuzova2002@gmail.ru

Одним из популярных и распространенных лекарственных растений является полынь горькая. Полынь горькая – голарктический вид, распространен от западных границ СНГ до верховьев рек Оби и Енисея. Северная граница ареала идет от Кандалакши до Архангельска, на истоке – вдоль Иртыша, достигает Байкала близ устья Ангары. На юг растение распространено по всей европейской части, в Закавказье, в Алтае, в Тарбагатае и Памиро-Алае. На западе граница ареала полыни горькой достигает западных границ СНГ [1].

Полынь горькая растет в степных, лесостепных районах и южной части лесной зоны. Поселяется на нарушенных местообитаниях – молодых залежах, близ жилья, у дорог, на огородах, полевых межах, выпасах с достаточно рыхлыми почвами.

Полынь горькая официальна в современной научной медицине. Трава полыни горькой содержит сесквитерпеновые лактоны (абсинтин, анабсинтин, матриацин, артабсин, арабеин), оксипеленозиды А и В, дубильные вещества, сапонины, лигнин, яблочную кислоту, аскорбиновую кислоту, каротины, фенольные соединения, эфирное масло и другие соединения [2]. Эфирное масло полыни горькой состоит из сабинена (24,49%), сабинила ацетата (13,64%) и α -фелландрена (10,29%) [3]. Также растение концентрирует соли К, В, Br [4].

Траву полыни горькой применяют в виде настоя для возбуждения аппетита, при заболеваниях печени и желчного пузыря, при пониженной функции пищеварительной системы. В эксперименте сумма сесквитерпеноидов способствует стабилизации иммунных реакций. Сырье входит в состав аппетитных и желудочных сборов, используется для производства настойки, экстракта, входит в состав горькой настойки; масляный экстракт и настой входят в состав лекарственных средств; используется также в качестве пищевой добавки как пряное средство и в ликероводочной промышленности. Применяется в гомеопатии. Есть и противопоказания: повышенная чувствительность к препарату, повышенная желудочная секреция, гиперацидный гастрит, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, рефлюкс-эзофагит, острый холецистит, калькулезный холецистит, беременность, период грудного вскармливания, детский возраст до 12 лет [5].

Целью работы являлось определение доброкачественности ЛРС полыни горькой трава по числовым показателям с нормальным (до 02.2024) и с истекшим (до 05.2022) сроком годности.

Объектом исследования является полынь горькая (*Artemisia absinthium* L) из семейства астровых (*Asteraceae*). Жизненная форма – многолетнее травянистое растение. Лекарственным растительным сырьем полыни горькой является трава (*Artemisiae absinthii herba*), которую собирают во время цветения. Для исследования взяли измельченное сырье с истекшим (до 05.2022) и нормальным (до 02.2024) сроком действия компании ПКФ ООО «ФИТОФАРМ». Для определения доброкачественности сырья определяли числовые показатели.

Измельченность лекарственного растительного сырья полыни горькой определяли методом ситового анализа, содержание примесей – гравиметрическим методом по ОФС.1.5.3.0004.15 «Определение подлинности, измельченности и содержания примесей в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». Для определения влажности, золы общей, золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте использовали весовой метод, согласно ОФС.1.5.3.0007.15 «Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных препаратов», ОФС.1.2.2.2.0013.15 «Общая зола», ОФС.1.5.3.0005.15. «Зола нерастворимая в хлористоводородной кислоте» соответственно. Определение экстрактивных веществ производили гравиметрически по методу 1 согласно ОФС.1.5.3.0006.15 «Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». Метод 1 используется для определения содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах, которые в последующем подвергаются процессу однократной экстракции. Экстрактивные вещества извлекали из сырья 70 % этиловым спиртом [6]. Экспериментальные данные обработаны с помощью программы «Statistica 6.0». Достоверность различия оценивали по распределению Стьюдента на доверительном уровне 95 %.

Таблица

Числовые показатели ЛРС полыни горькой трава (измельченное сырье)

Числовой показатель	Допускается по НД (ГФ XIV, ФС.2.5.0033.15) для измельченного сырья	Срок годности ЛРС	
		до 05.2022	до 02.2024
Измельченность: частиц, не проходящих сквозь сито с отверстиями 7 мм частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями 0,18 мм	не более 5 %	0,68	0
	не более 5 %	2,4	2,14
Влажность	не более 13 %	8,76	9,19
Зола общая	не более 13 %	4,98	5,12
Зола, нерастворимая в 10 % растворе кислоты хлористоводородной	не более 3 %	0,38	0,68
Посторонние примеси (корни, потемневшие и почерневшие части травы)	не более 3 %	отсутствует	отсутствует
Органическая примесь	не более 2 %	отсутствует	отсутствует
Минеральная примесь	не более 1,5 %	отсутствует	отсутствует
Экстрактивные вещества	не менее 20 %	20,44	24,1

Числовые показатели ЛРС полыни горькой трава с разным сроком годности приведены в таблице. Для измельченного лекарственного растительного сырья в фармакопейной статье приводятся допустимые значения содержания частиц большего и меньшего размера, определяемые с помощью 2 сит, размер отверстий которых указан в фармакопейной статье на анализируемый вид лекарственного растительного сырья. В зависимости от морфологической группы измельченное лекарственное растительное сырье, как правило, имеет размер частиц не более 7, 5 или 3 мм. Для просеивания измельченного сырья, как правило, используют верхние сита с размером отверстий 7, 5 или 3 мм и нижнее сито с размером отверстий 0,5 мм. В ряде случаев, когда высушенное лекарственное растительное сырье имеет хрупкую структуру, размер отверстий нижнего сита составляет 0,18 мм. В соответствии с требованиями общей фармакопейной статьи «Определение подлинности, измельченности и содержания примесей в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах» для измельченного сырья частиц, не проходящих сквозь сито с отверстиями размером 7 мм должно быть не более 5 %, частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером 0,18 мм – не более 5 %.

Количество частиц в сырье сроком годности до 02.2024, не проходящих сквозь сито с отверстиями 7 мм не обнаружено, а количество частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями 0,18 мм составило 2,14 %. Измельченное лекарственное растительное сырье полыни горькой с истекшим сроком годности (до 05.2022), имело размер частиц не более 7 мм всего 0,68 %, а проходящих сквозь сито с отверстиями 0,18

мм – 2,4 %. Следовательно, измельченность изученного лекарственного растительного сырья полыни горькой соответствует данным фармакопейной статьи. Однако частиц, непроходящих через сито с отверстием 7 и проходящих через сито с отверстием 0,18 мм несколько больше в упаковке с истекшим сроком годности.

В лекарственном растительном сырье полыни горькой трава с разным сроком годности определяли содержание примесей. Посторонние примеси, то есть части травы, изменившие окраску (потемневшие и почерневшие), а также корни не обнаружены. Органическая и минеральная примесь в траве полыни горькой также не выявлена.

Для определения доброкачественности ЛРС одним из важных показателей является влажность. Под влажностью сырья в товароведческом анализе понимают не только потерю в массе при высушивании за счет гигроскопической воды, но фактически и различных летучих веществ. В целом воздушно-сухое сырье содержит от 10 до 14 % гигроскопической воды. Если содержание влаги в сырье больше, это приводит к его порче, то есть изменяется окраска, появляется затхлый запах, разрушаются действующие вещества. Влажность лекарственного растительного сырья полыни горькой в соответствии с фармакопейной статьей не должно превышать 13%. Влажность травы полыни горькой с истекшим сроком годности составила 8,76 %, а с нормальным (до 02.2024) – 9,19 %. Содержание влаги в сырье полыни горькой с нормальным сроком годности в 1,1 раза больше, чем с истекшим. В целом влажность изученного сырья полыни горькой соответствовала требованиям ОФС (табл.).

Лекарственное растительное сырье содержит органические и минеральные вещества. В сырье определяли содержание общей золы и золы, нерастворимой в 10 % растворе кислоты хлористоводородной. Под общей золой понимают остаток несгораемых неорганических веществ, оставшийся после сжигания и прокаливания сырья. Остаток состоит из минеральных веществ, свойственных растению, и посторонних минеральных примесей (земля, песок, камешки, пыль). Зола, нерастворимая в хлористоводородной кислоте, представляет собой остаток после обработки хлористоводородной кислотой золы общей и состоит преимущественно из кремнезема и характеризует загрязненность сырья посторонними минеральными примесями. В соответствии с требованиями фармакопейной статьи ФС.2.5.0033.15 «Полыни горькой трава», количество золы общей не должно превышать 13 %, золы, нерастворимой в 10 % растворе хлористоводородной кислоты – 3%. Наши результаты показали, что содержание золы общей в траве полыни горькой с истекшим и нормальным сроком практически одинаковое, и составляет 4,98 и 5,12 % соответственно. А золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте в траве полыни горькой с истекшим сроком было в 1,8 раза меньше, по сравнению с нормальным сроком. В целом количество золы общей и золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте в сырье полыни горькой не превышает показатели фармакопейной статьи.

Показатель «экстрактивные вещества» характеризует содержание в лекарственном растительном сырье всей суммы биологически активных и балластных веществ, извлекаемых экстрагентом. Согласно фармакопейной статье количество экстрактивных веществ в траве полыни горькой должно быть не менее 20 %. Содержание экстрактивных веществ в траве полыни горькой с истекшим сроком годности составило 20,44 %, а с нормальным – 24,1 %. Следовательно, в сырье с нормальным сроком годности (до 02.2024) содержание экстрактивных веществ в 1,1 раза больше, чем в сырье с истекшим сроком годности ($P < 0,05$) (рис.).

Таким образом, все изученные числовые показатели сырья полыни горькой с разным сроком годности находятся в пределах нормы. Следовательно, лекарственное растительное сырье полыни горькой с истекшим (до 05.2022) и нормальным (до 02.2024) сроком действия компании ПКФ ООО «ФИТОФАРМ» является доброкачественным.

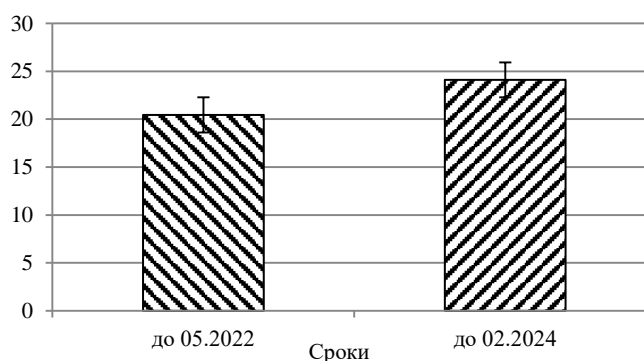


Рис. Содержание экстрактивных веществ в траве полыни горькой, %

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас лекарственных растений СССР / Под ред. акад. Н. В. Цицина. – М.: Медицинская литература, 1962. 704 с.
2. Кароматов И. Д., Каххорова С. И. Лекарственное растение полынь горькая – химический состав, лечебные свойства // Электронный научный журнал «Биология и интегративная медицина» 2018. №9 (26). С. 84–101.
3. Mihajilov-Krstev T., Jovanović B., Jović J., Ilić B., Miladinović D., Matejić J., Rajković J., Dorđević L., Cvetković V., Zlatković B. Antimicrobial, antioxidative, and insect repellent effects of Artemisia absinthium essential oil // Planta Med. 2014. Vol. 80(18). P. 1698–1705.
4. Ботов А. Ю., Северин А. П., Яцюк В. Я., Сипливая Л. Е. Элементный состав некоторых растений семейства Asteraceae // Научные Ведомости Белгородского Государственного Университета. Серия: Медицина. Фармация. 2011. Т. 22–2. С. 164–166.
5. Самылина И. А., Яковлев Г. П. Фармакогнозия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 976 с.
6. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Москва, 2018 // Федеральная электронная медицинская библиотека / Министерство здравоохранения Российской Федерации: официальный сайт. – URL: www.femb.ru

Влияние дексаметазона на выраженность нейровоспаления у крыс

Лебедева Е. Я.¹, Майстренко В. А.²

1 – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург

2 – Институт экспериментальной медицины, г. Санкт-Петербург

lebedeva.elena@pharminnotech.com

Введение.

Нейровоспалением называют специфическую реакцию нервной системы, связанную с активацией микроглии: происходит расстройство деятельности митохондрий, нарушения экспрессии генов, клетки начинают активно синтезировать и выделять в окружающее межклеточное пространство провоспалительные вещества: фактор некроза опухоли- α (TNF α), интерлейкины, активные формы кислорода [1,2]. Это вызывает хемотаксис иммунных клеток и повышение уровня их содержания в мозговой кровотоке. Прогрессирование описанных реакций ведет к дальнейшему ухудшению жизнедеятельности микроглии (изменение мембранного потенциала и поляризация клеток), следовательно, нарушению во взаимодействии между ней и нейронами: ухудшается трофика нейронов, патологически изменяется ионный обмен ткани между ними [2,3]. Под воздействием различных стимулов (черепно-мозговой травмы, инфекций, токсических веществ) микроглия, физиологическая роль, которой заключается в поддержании гомеостаза центральной нервной системы (ЦНС), может переходить в гиперактивированную форму, что способствует развитию патологических процессов. Нарушения функционирования центральной нервной системы относятся к наиболее тяжелым формам заболеваний в силу неврологических осложнений с длительными последствиями и высокой смертностью. Одним из основных регуляторов ответной реакции организма на возникшее воспаление считают гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему, эффекторными молекулами которой являются глюкокортикостероиды (ГКС) [4]. Помимо участия в развитии стрессового ответа ГКС являются модуляторами воспаления. Известно, что на периферии ГКС, в частности синтетическое производное дексаметазон, выступает в качестве противовоспалительного агента, оказывающего влияние на основные компоненты воспаления: медиаторы, сосудистые и клеточные компоненты. ГКС уменьшают продукцию простаноидов и лейкотриенов, индуцируя биосинтез липокортина, который ингибирует фосфолипазу A₂, а также экспрессию гена циклооксигеназы-2. За счет влияния на продукцию провоспалительных цитокинов ГКС стабилизируют лизосомальные мембраны, снижают капиллярную проницаемость, что объясняет их выраженный эффект на экссудативную фазу воспаления. Стабилизация лизосомальных мембран приводит к ограничению выхода из них протеолитических ферментов и предупреждает деструктивные процессы в тканях. Тормозится накопление лейкоцитов в зоне воспаления, а также активность макрофагов и фибробластов. Угнетается размножение фибробластов и синтез ими коллагена, ГКС способны подавлять пролиферативную фазу воспаления. Торможение созревания базофилов под действием ГКС приводит к уменьшению синтеза медиаторов немедленных аллергических реакций. Таким образом, ГКС способны подавлять и ранние, и поздние проявления воспаления, а также реакции пролиферации при хроническом воспалении [4,5]. Однако церебральные эффекты глюкокортикостероидов практически не исследованы.

Цель работы.

Изучение влияния дексаметазона на показатели нейровоспаления у крыс при экспериментальной эндотоксинемии.

Задачи:

1. Определить уровни маркеров нейровоспаления в стриатуме и гиппокампе крыс в ответ на введение субсептической дозы ЛПС

2. Определить изменения показателей нейровоспаления в стриатуме и гиппокампе крыс при введении дексаметазона в модели экспериментальной эндотоксинемии.

Материалы и методы.

Для эксперимента брали 40 лабораторных самцов крыс Wistar (Рапполово) весом 250–260 г. Животные содержались в обычных условиях согласно стандартам: по 5–10 особей в клетке. Им был предоставлен свободный доступ к воде и еде. Установлен световой режим: день – с 8 до 20 часов, ночь – с 20 до 8 часов; и температура воздуха 20–22°C. Использовали коммерческий ЛПС, синтезированный компанией SIGMA из *E. coli* O55:B5, 25 мг лиофилизата. Препарат дексаметазон, раствор для инъекций 4 мг/1 мл. Ампула 1 мл N 25, производитель КРКА. Физиологический раствор – 9% раствор хлорида натрия (NaCl). Методы: Хэндлинг; Интраперитонеальное введение препаратов; Выведение животных из эксперимента, взятие гиппокампа и стриатума; Иммуноферментный анализ; Выделение тотальной мРНК методом фенол-хлороформной экстракции нуклеиновых кислот; Постановка обратной транскрипции (ОТ) с последующей полимеразной цепной реакцией в реальном времени (ПЦР-РВ); Статистическая обработка полученных данных ANOVA, критерий Фишера.

Ход эксперимента. Самцов крыс Wistar случайно разделили по 10 голов на 4 группы: 1 группа – интраперитонеальное (и/п) введение физ.р-ра; 2 группа – и/п ЛПС, 1 мг/кг животного; 3 группа – и/п дексаметазон 2 мг/кг за час до введения ЛПС, 4 группа – и/п дексаметазон 2 мг/кг. На протяжении первых 4 часов эксперимента каждые 30 минут и по истечении 24 часов измеряли глубокую температуру тела крыс для построения температурной кривой. Через 10 дней после начала эксперимента животных декапитировали, отбирали кровь для дальнейшего проведения иммуноферментного анализа (ИФА), брали стриатум и гиппокамп с целью проведения полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ), предварительно выделив тотальную мРНК. Выделение тотальной мРНК производили с помощью Тризола. На пробу весом 25–50 мкг добавляли 500 мкл Тризола. Гомогенизировали при комнатной температуре. Центрифугировали на 12 000 оборотов в минуту в течение 10 минут при температуре 4°C. Отбирали водную (верхнюю) фазу, осадок утилизировали. В отобранную надосадочную жидкость добавляли хлороформ (100 мкл), аккуратно перемешивали и центрифугировали 15 минут при тех же условиях. После проведенного центрифугирования отбирали водную фазу. В надосадок добавляли 500 мкл изопропанола, перемешивали, центрифугировали 10 минут при таких же условиях. Осторожно аспирировали жидкую фазу так, чтобы не захватить осадок белого цвета (содержащий нуклеиновые кислоты или РНК). В пробирку с осадком добавляли 500 мкл 75% этанола, так же аккуратно перемешивали и центрифугировали на 7500 оборотов в минуту при температуре 4°C в течение 5 минут. Отбирали жидкую фазу и высушивали пробу с помощью вакуумного насоса. После чего добавляли RNA's Free воду в объеме 20 мкл и прогревали 5 мин в термостате при температуре 55°C. Пробы хранили в холодильнике на -70°C до постановки обратной транскрипции. Так как в процессе выделения количество материала в пробах различается, пробы нормировали по концентрации мРНК. Для этого измеряли концентрацию тотальной РНК на спектрофотометре Thermo Scientific NanoDrop 2000. Постановка ОТ проводилась с помощью кита «Реверта» по следующей инструкции: а) к отобраным 10 мкл пробы добавляли 10 мкл РНК-элюента и 1 мкл Олиго-ДТ, прогревали 5 мин при температуре 70°C в амплификаторе и охлаждали 5 мин при температуре 10°C; б) в это время готовили смесь из расчета на 1 пробу: 5x ОТ-Буфер (4 мкл), 5x dNTPmix (4 мкл), РНК-элюент (1,5 мкл), Ревертаза (0,5 мкл); в) добавляли в прогретую пробу по 11 мкл смеси и амплифицировали 45 мин при температуре 37°C; г) полученную обратную ДНК (кДНК) замораживали при температуре -70°C.

Для определения уровней экспрессии мРНК генов IL-1 β , TNF α , iNOS, IBA-1 проводили ПЦР в режиме реального времени. Проведение полимеразной цепной реакции осуществляли на амплификаторе CFX96 Real-Time System производства BioRad. Для проведения ПЦР использовался коммерческий набор реактивов qPCRMix-23 HSSYBR-5x, содержащий Taq полимеразу, dNTP, буферный раствор и краситель SyberGreen в оптимальных для проведения ПЦР концентрациях. К 3 мкл полученной кДНК добавляли по 23 мкл следующей смеси: qPCRMix-HSSYBR (4 мкл), праймеры (по 25 п/моль в 4-х мкл прямого и обратного), вода RNA'sfree (10 мкл). После чего разделяли на повторности по 10 мкл и загружали в амплификатор.

Результаты и обсуждение.

При однократном интраперитонеальном введении ЛПС в дозе 1 мг/кг веса животного уже через час после инъекции у животных наблюдалось повышение глубокой температуры тела в среднем на 2 градуса. Приведенная динамика температурного показателя свидетельствует о сильном иммунном ответе. У животных, которым за час до инъекции ЛПС вводили дексаметазон в дозе 2 мг/кг веса животного, глубокая температура тела не отличалась от показателей контрольной группы (введение физиологического раствора). Результаты ИФА показали, что на 10 день эксперимента в крови крыс с и/п введением ЛПС наблюдается достоверное увеличение содержания белка IL-1 в 3 раза по сравнению с контролем и дексаметазоном, а так же рост показателя в 1,5 раза в сравнении с группой ЛПС + Декс. Достоверных изменений содержа-

ния белка IL-1 в группах – контроль и дексаметазон + ЛПС не обнаружено. Следовательно, мы видим, что на 10 день эксперимента дексаметазон купирует периферическое воспаление.

В клетках стриатума в ответ на введение пресептической дозы ЛПС наблюдалось увеличение уровня мРНК IL-1b в 2 раза в группе с ЛПС по сравнению с контролем и дексаметазоном; а также увеличение уровня мРНК TNF α в 2 раза по сравнению с контролем и дексаметазоном. При этом в группе Дексаметазон + ЛПС обнаружено повышение уровня мРНК TNF α в 1,5 раза по сравнению с контролем. В отношении изменения уровня мРНК iNOS в группе с введением ЛПС наблюдали рост показателя в 3 раза по сравнению с контролем и в 2 раза по сравнению с дексаметазоном. Достоверных изменений показателя IBA-1 в клетках стриатума выявлено не было. Полученные данные иллюстрируют воспалительный процесс в стриатуме крыс на 10 день эксперимента при введении пресептической дозы ЛПС. При этом дексаметазон купирует развитие нейровоспаления у крыс. Учитывая, что активация микроглии на данном сроке эксперимента не обнаружена, можно предположить, что увеличение провоспалительных цитокинов в ЦНС объясняется активацией астроглии (маркеры активации астроглии не исследовали в этом эксперименте).

В клетках гиппокампа через 10 дней после начала эксперимента достоверных изменений не было обнаружено. Отсутствие достоверных результатов изменения экспрессии мРНК исследуемых показателей нейровоспаления обуславливается селективной чувствительностью гиппокампа. Специфика течения воспалительных реакций в гиппокампе до конца не изучена. В качестве возможных причин селективной чувствительности рассматривали: особенности кровоснабжения гиппокампа, особенности функционирования глюкокортикоидных рецепторов, а также возможность нарушения регуляции процессов воспаления. Для получения достоверных результатов необходимо более детальное изучение течения воспаления в гиппокампе, проверка всех выдвинутых гипотез, постановка экспериментов в нескольких временных точках.

Заключение. В ходе работы было установлено, что однократное внутрибрюшинное введение субсептической дозы ЛПС (1 мг/кг веса животного) увеличивает температуру тела крыс, что свидетельствует о развитии иммунного ответа, при этом введение дексаметазона купирует иммунный ответ. На основании выявленных биомаркеров нейровоспаления при однократном системном введении дексаметазона в модели экспериментальной эндотоксинемии можно сделать вывод, что глюкокортикостероиды препятствуют развитию воспаления в стриатуме крыс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева О. С. и др. Микроглия головного мозга: происхождение, структура и функции //Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2019. №. 4. С. 231–241.
2. Lana D., Ugolini F., Giovannini M. G. An overview on the differential interplay among neurons–astrocytes–microglia in CA1 and CA3 hippocampus in hypoxia/ischemia //Frontiers in cellular neuroscience. 2020. V. 14. P. 585.
3. Skaper S. D. An inflammation-centric view of neurological disease: beyond the neuron //Frontiers in cellular neuroscience. 2018. V. 12. P. 72.
4. Сулейманова А. М., Куличенко Т. В. Безопасность применения коротких курсов глюкокортикостероидов: обзор литературы //Фарматека. 2017. №. 344. С. 6–13.
5. Третьякова Л. В., Квичанский А. А. Анализ экспрессии мрнк генов, ассоциированных с нейровоспалением, при локальном введении дексаметазона в гиппокамп крысы //Сборник трудов XXIV научной школы-конференции молодых ученых по физиологии и высшей нервной деятельности и нейрофизиологии. Общество с ограниченной ответственностью «Квант Медиа», 2020. №. 1. С. 111–114.

Биологически активные вещества в листьях кипрея узколистного

Матюкова И. Б., магистр 1 курса

Науч. рук. — Закамская Е. С., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
matyukova.ira@yandex.ru

Кипрей узколистный (иван-чай узколистный) – (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) – многолетнее травянистое растение семейства Кипрейные (*Onagraceae*), широко распространенное практически по всей территории России [1] в светлых лесах, на вырубках, после лесных или торфяных пожаров) [2, 3].

Кипрей узколистный не является официальным растением, но, в силу того, что он содержит широкий набор различных биологически активных соединений, является объектом изучения в фармакогнозии и фармакологии [4]. В листьях иван-чая обнаружены многие растительные химические соединения [5], которые в силу своего разнообразия оказывают многостороннее влияние на организм [6], но в то же время не оказывают токсического действия [1]. Флавоноиды обуславливают сосудукрепляющее действие [7], болеутоляющее и жаропонижающее действие оказывают кумарины [8], наличие дубильных соединений определяет вяжущее [9], противовоспалительное [10], противовирусное действие [11], аскорбиновой кис-

лоты и полифенолов – антиоксидантное [12]. *Chamaenerion angustifolium* входит в состав биологически активных добавок, как однокомпонентных, так и многокомпонентных [13], включенных в Государственный реестр [14]. При производстве БАДов кипрей используется как в натуральном, так и ферментированном состоянии. Существуют разные способы подготовки листьев к процессу ферментации [15, 16].

Цель работы: исследовать влияние способов подготовки к ферментации листьев кипрея узколистного на качественный состав биологически активных веществ (БАВ).

Таблица 1.

Качественные реакции основных групп БАВ в листьях кипрея узколистного

БАВ	Реакция	Результаты реакции			
		Цельные листья	Сдавленные листья	Крученые листья	Замороженные листья
Аскорбиновая кислота	1 мл реактива перманганата калия по каплям добавляют в извлечение из сырья	Обесцвечивание раствора			
	Берлинская лазурь: к водному извлечению добавить несколько капель 5% раствора КОН и 10% раствор $K_3[Fe(CN)_6]$, перемешать, затем добавить 1–2 капли 10% раствора HCl и 1–2 капли 10% раствора хлорида железа 3	Сине-зеленое окрашивание раствора и постепенное образование синего осадка			
Антраценпроизводные	С водным извлечением (1:10): к водному извлечению из сырья добавить нескольких капель 5–10 % раствора щелочи	Вишнево-красное окрашивание раствора			
Дубильные вещества	С солями тяжелых металлов: к водному извлечению добавить 10 % раствор уксуснокислого свинца	Образование хлопьевидного осадка			
	С солями железа (III)	Темно-синее окрашивание раствора			
	С разбавленной кислотой серной	Красно-коричневое окрашивание раствора			
	С 1 % раствором квасцов железоаммонийных	Черно-синее окрашивание раствора			
Кумарины	В пробирку с извлечением добавить несколько капель 10% раствора натрия гидроксида, пробирку нагреть на водяной бане, затем прибавить 5 мл дистиллированной воды и хорошо перемешать	Наблюдается образование желтого прозрачного раствора, при подкислении HCl происходит помутнение			
Простые фенолы	К водному извлечению добавить кристаллическое железо закисное сульфат	Фиолетовое окрашивание с дальнейшим образованием темно-фиолетового осадка			
Флавоноиды	Цианидиновая проба: в пробирку поместить 1 мл извлечения, добавить 3–4 капли конц. HCl и 10–15 г (2–3 гранулы) металлического магния или цинка. Нагреть на кипящей водяной бане	Малиновое окрашивание раствора			
Сапонины	Реакция Лафона: к водному извлечению прибавить конц. H_2SO_4 и этиловый спирт (в равных объемах), затем прибавить каплю сернокислого железа, нагреть	Слабое сине-зеленое окрашивание раствора	Окрашивание в сине-зеленый цвет не наблюдалось		
	К извлечению прибавить равный объем хлороформа и 6–8 капель концентрированной серной кислоты	Окрашивание нижнего хлороформного слоя в желтый цвет не наблюдалось			
	Реакция с 10% раствором натрия нитрата и кислотой концентрированной серной	Окрашивание в кроваво-красный цвет не наблюдалось			

Исследование проводилось в 2022 году в г. Йошкар-Оле Республики Марий Эл. Листья кипрея узколистного были собраны в период цветения – максимального накопления биологически активных веществ. Для исследования использовали сырье, подготовленное к ферментации разными способами: измельченные при помощи бытовой мясорубки, спрессованные и замороженные. В качестве контроля использовали цельные листья без предварительной обработки. Листья высушивались в дегидраторе при температуре +50°C.

Были проведены качественные реакции на сапонины, простые фенолы, кумарины, флавоноиды, антраценпроизводные, дубильные вещества и на аскорбиновую кислоту [17]. Результаты представлены в таблице 1.

Наличие аскорбиновой кислоты, содержание которой в листьях кипрея узколистного достаточно высокое [5], подтверждено обесцвечиванием перманганата калия в результате восстановления марганца и образованием сине-зеленого раствора с гексацианоферратом (III) калия. В листьях кипрея узколистного содержатся различные фенольные соединения. Присутствие в водном извлечении простых фенолов подтверждается появлением фиолетового окрашивания и дальнейшего выпадения осадка с кристаллическим сульфатом железа (II). Лактонная проба показала наличие в экстракте иван-чая кумаринов. При определении таннидов с солями железа образуется черно-синее окрашивание (гидролизуемые дубильные вещества) и, в то же время с разбавленной серной кислотой наблюдается красно-коричневое окрашивание раствора, что свидетельствует о присутствии конденсированных таннидов. Цианидиновая проба или проба Шинода является специфической реакцией на флавоноиды, которые в присутствии цинка и концентрированной хлористоводородной кислоты восстанавливаются атомарным водородом и дают характерное окрашивание. В нашем случае наблюдалось малиновое окрашивание, что говорит о присутствии флаванолов и флаванол-3-гликозидов. Наличие антраценпроизводных было подтверждено характерной реакцией на эту группу веществ с гидроксидом натрия. Водное извлечение окрасилось в вишнево-красный цвет. Качественная реакция Лафона на сапонины дала слабоположительный результат только в случае водного извлечения из цельных листьев. При этом наблюдалось слабое сине-зеленое окрашивание раствора. В извлечениях из ферментированных листьев реакция была отрицательной. С хлороформом в присутствии концентрированной серной кислоты и раствором натрия нитрата в присутствии концентрированной серной кислоты во всех случаях реакция отрицательная. В литературе имеются сведения о наличии в кипрее узколистном алкалоидов [6]. При проведении качественных реакций на алкалоиды во всех случаях результат был получен отрицательный.

Таким образом, в листьях кипрея узколистного были обнаружены такие соединения как, простые фенолы, кумарины, флавоноиды, антраценпроизводные, дубильные вещества и аскорбиновая кислота и малое количество сапонинов. При ферментации, независимо от способа подготовки к ней, биологически активные соединения сохраняются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов В. П., Митина Е. В. Биолого-экологические особенности кипрея узколистного (*Chamerion Angustifolium* L.) и технологии его заготовки на лекарственные цели // *Russian agricultural science review*. 2015. №5–1. С. 171–173.
2. Коцеев А. К. Дикорастущие съедобные растения в нашем питании. // М., 1981. 256 с.
3. Черпнин В. Л. Пищевые растения Сибири. Новосибирск, 1987. 192 с.
4. Царев В. Н., Базарнова Н. Г., Дубенский М. М. Кипрей узколистный (*Chamerion Angustifolium* L.) химический состав, биологическая активность (обзор) // *Химия растительного сырья*. 2016. №4. С. 15–26
5. Иренина О. И., Елисеева С. А. Изучение биохимического состава и лечебных свойств растения кипрей узколистный (иван-чай) // *Ползуновский вестник*. 2021. № 2. С. 44–54.
6. Кипрей узколистный – перспективный источник биологически активных соединений / Г. Р. Бушуева, А. В. Сыроешкин, Т. В. Максимова, А. В. Скальный // *Микроэлементы в медицине*. 2016. № 17(2). С. 15–23
7. Цыдендамбаев П. Б., Хышиктуев В. С., Николаев С. М. Биологические эффекты флавоноидов // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2006. №6. С. 229–233.
8. Изучение экстрактивных веществ *Chamerion angustifolium* (L.) Holub / И. В. Полежаева, Н. И. Полежаева, Л. Н. Меняйло, Н.И. Павленко, В. А. Левданский // *Химия растительного сырья*. 2005. №1. С. 25–29.
9. Минаева В. Г. Лекарственные растения Сибири. 5-е изд. перераб. и доп. // Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1999. 431 с.
10. Characterization of the Effect of *Epilobium* Extracts on Human Cell Proliferation / A. Vitalonea, J. McCollb, D. Thomeb, G. Lucio, C.V. Titaa // *Karger*. 2003. Vol. 69. N2. Pp 79–87.
11. Inhibition of herpes simplex virus infection by tannins and related compounds / K. Fukuchi, H. Sakagami, T. Okuda et al. // *Antiviral. Res*. 1989. Vol. 11. Pp. 285–298.
12. *Nevesi T. B., Blazics B., Këzy A.* Polyphenol composition and antioxidant capacity of *Epilobium* species // *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2009. Vol. 49. Pp. 26–31.
13. Гурина Н. С., Шевчук С. В. Биологически активные добавки на основе кипрея узколистного // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики: сб. рецензир. науч. работ. М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Бел. гос. мед. ун-т; редкол.: А. В. Сикорский, О. К. Доронина. Минск, 2017. Вып. 7. С. 209–213.
14. Реестр свидетельств о государственной регистрации: [сайт]. URL: http://fp.crc.ru/evrazes/?oper=s&type=max&text_prodnm=+%EA%E8%EF%F0%E5%E9+&text_ff_firm=&text_firmget=&text_firmmade=&text_usearea=&text_gihark=&text_n_state=&text_n_org=&text_n_otdel=&text_n_okp=&text_n_type=%C5&text_n_currnumb=&text_n_char=&text_n_year=&text_serialnumb= (дата обращения: 06.05.2023).
15. Ягольник Е. А., Ноздрин М. А., Волдаева С. Ю. Показатели качества копорского чая при разных способах ферментации // *Известия ТулГУ. Естественные науки*. 2021. №1. С. 46–53.
16. Антипов С. Т., Журавлев А. В., Марухин А. С. Операторное моделирование ресурсосберегающей машинной технологии производства иван-чая // *Вестник ВГУИТ*. 2018. Т. 80. № 3. С. 12–17.
17. Закамская Е. С., Скочилов Е. А. Фармакогнозия: подготовка к экзамену: учебно-методическое пособие // Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2020. 156 с.

Сравнительная характеристика количественного содержания антоцианов в свежих и сухих плодах аронии черноплодной

Петухова Н. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Скочилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
natapetukhova01@mail.ru

Порой сбалансированное питание, спорт и здоровый образ жизни не могут помочь решить проблемы ощущения усталости, нехватки сна, раздражительности, потери концентрации внимания, проблемы со здоровьем. И на все это есть решение – восполнить дефицит витаминов в организме. У каждого человека есть такой период в году, когда ему не хватает витаминов и минералов. Особенно в осенний и зимний периоды люди начинают замечать свое неудовлетворительное состояние и принимают решение в пользу поливитаминных препаратов или в витаминно-минеральных комплексов.

Продукты, входящие в наш рацион питания, не могут полностью обеспечить наш организм полезными веществами. Те же овощи и фрукты сначала подвергаются обработке и только потом попадают на наш стол. Половина действующих веществ, подвергшихся рафинированию и обработке, теряют свои полезные свойства. Чтобы такого не было, в питание следует включать продукты собственного производства.

В осенний период особенно в сельской местности начинается сбор плодов аронии, так называемой в простонародье – черноплодки. Род арония (*Aronia*) из семейства розоцветных (*Rosaceae*) включает в себя 15 видов дикорастущих, а также культивируемых кустарников или деревьев небольшого роста [1]. Эта культура произрастает в умеренном поясе Северной Америки. Некоторые виды выращиваются как плодовые культуры, имеющие лекарственное значение, например, арония черноплодная, по-другому называется, рябина черноплодная *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott. Этот вид имеет широкий спектр культивирования в России. Арония черноплодная – гибрид, который был получен В.И. Мичуриным в конце XIX века, и сразу стала рассматриваться как плодоносная культура. Спустя некоторое время в научной сфере все больше и больше стали замечать лекарственные свойства этого вида при лечении различных заболеваний.

Плод, имеющий темно-синюю или фиолетовую окраску, у *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott имеет лекарственное значение [2]. По содержанию в ягоде биологически активных веществ можно сказать, что в ней присутствуют именно необходимые группы витаминов и минералов для нормального функционирования организма человека. Витамины группы В, бета-каротин, токоферол, филлохинон, аскорбиновая кислота, микроэлементы и макроэлементы, катехины, антоцианы, пектиновые вещества, а также амигдалин, кумарины, рутин, кверцетин, гесперидин, цианидин и его гликозиды, сорбит и другие соединения содержатся примерно в одном грамме плода размером около 7-8 мм [3].

В медицинской практике полезные свойства аронии черноплодной используются при лечении многих заболеваний. Нормализуя артериальное давление при сердечно-сосудистых заболеваниях, плоды укрепляют клеточные стенки сосудов. Для выведения тяжелых металлов и радионуклеидов из организма, а также для улучшения микрофлоры кишечника используют пектиновые вещества. Они снижают уровень липопротеинов низкой плотности, помогают избавиться от бляшек, которые приводят к ухудшению качества кровотока. Благодаря своей низкой калорийности, аронию можно включать в рацион питания.

В весенний период люди начинают искать хорошие противоаллергические препараты. С этой проблемой ягода аронии может помочь, ведь в ней содержатся антигистаминные вещества. Также, обладая свойством антиоксиданта, «черноплодка» способствует укреплению иммунитета, повышению стрессоустойчивости, снижению риска появления сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваний. В последнее время это явление все больше и больше привлекает к себе внимание ученых. Антиоксидантная активность характерна для аронии благодаря антоцианам, которые входят в состав биологически активных веществ плода.

Целью работы было провести сравнительную характеристику количественного содержания суммы антоцианов в свежих и сухих плодах аронии черноплодной. Объектами изучения стали *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott и элитная форма аронии черноплодной X-2 (*Aronia melanocarpa* X-2) из коллекции Ботанического сада-института Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл. Элитная форма аронии черноплодной X-2 выведена в отделе ягодных культур Федерального научного центра им. И.В. Мичурина [4, 5].

Изучив фармакопейную статью и особенности сбора аронии черноплодной, зрелые плоды аронии были собраны в первой половине октября 2022 года. Отдельные ягоды или щитки с плодами собирали вручную, затем плоды складывали в корзины. Лекарственное растительное сырье хранили в прохладном месте не более трех дней со дня сбора. Стандартизация плодов аронии черноплодной идет по сумме антоцианов

в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид. Сумму антоцианов определяли спектрофотометрическим методом по ФС.2.5.0002.15. Содержание в сырье должно быть не менее 4 % [2]. Согласно ОФС.1.5.3.0007.15 «Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных препаратов» был использован весовой метод [2]. Экспериментальные данные, полученные в результате проведенных исследований, обработаны с помощью программы «Microsoft Office Excel». Достоверность различий оценивали по распределению Стьюдента на доверительном уровне 95 %.

Влажность свежих и сухих плодов аронии представлена на рисунке 1, 2. В соответствии с требованиями фармакопейных статей, содержание влаги в свежих плодах должно быть не менее 70 % и не более 83 %, а в сухих не более 17 %. Из рисунков 1, 2 видно, что количество влаги в свежих и сухих плодах находится в пределах нормы. По содержанию влаги в свежих и сухих плодах между *A. melanocarpa* и *A. melanocarpa* X-2 статистически значимой разницы не обнаружено.

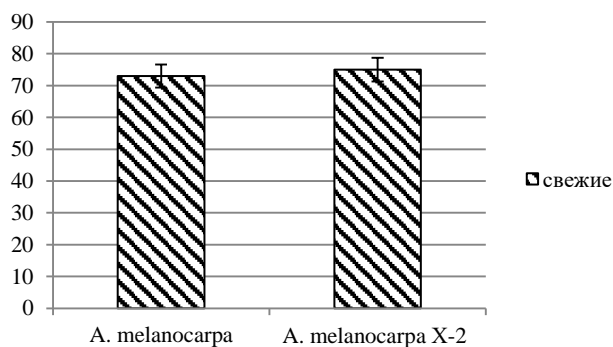


Рис. 1. Содержание влаги в свежих плодах аронии, %

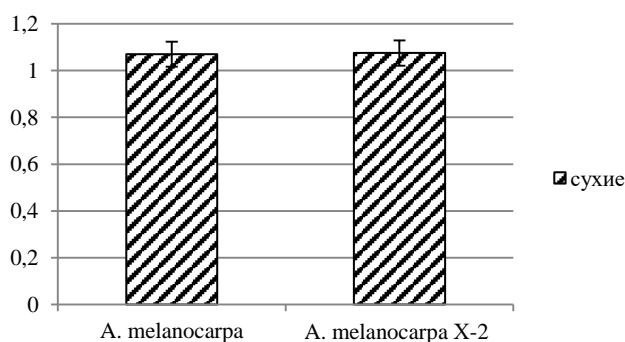


Рис. 2. Содержание влаги в сухих плодах аронии, %

Антоцианы – это одна из групп флавоноидов, которые обладают свойством окрашивания внутриклеточной жидкости растений в красные, синие, фиолетовые и другие цвета с помощью содержащихся в ней водорастворимых пигментов. Окраска может меняться в зависимости от уровня pH внутриклеточного содержимого, от созревания плода и от осеннего листопада.

Обладая антиоксидантными, спазмолитическими, противовоспалительными, стимулирующими, мочегонными, противоаллергическими, кровоостанавливающими, седативными, желчегонными, антимикробными, нейропротекторными свойствами антоцианы способны благотворно влиять на функции организма человека.

Особенно широко антоцианы ценятся за антиоксидантную активность. Антоцианы содержат в своем химическом составе фенольные соединения, которые в организме инактивируют свободные радикалы, а также модулируют внутриклеточные системы митохондрий. Благодаря этому устраняются проявления окислительного стресса и нормализуются метаболические процессы в организме.

Антиоксидантные свойства антоцианов также используется в качестве борьбы с сахарным диабетом и ожирением, которые являются довольно распространенными заболеваниями во всем мире. Благодаря фенолам в составе антоцианов происходит снижение риска возникновения сахарного диабета второго типа. При применении антоцианов увеличивается содержание инсулина в организме и тем самым нормализуются изменения, связанные с сахарным диабетом.

Свойства антоцианов также важны для офтальмологии. Катаракта, глаукома и прочие заболевания глаз есть почти у каждого третьего жителя земли, поэтому это фенольное соединение стало входить в со-

став многих препаратов для глаз. «Таурин», «Лютеин + антоциан», «Око плюс» и многие другие лекарственные средства стали пользоваться популярностью именно благодаря антоцианам.

Содержание антоцианов в плодах аронии представлено на рисунке 3. По требованиям фармакопейных статей в свежих плодах сумма антоцианов в перерасчете на цианидин-3-О-гликозид должна быть не менее 4%, в сухих – не менее 3 % [3].

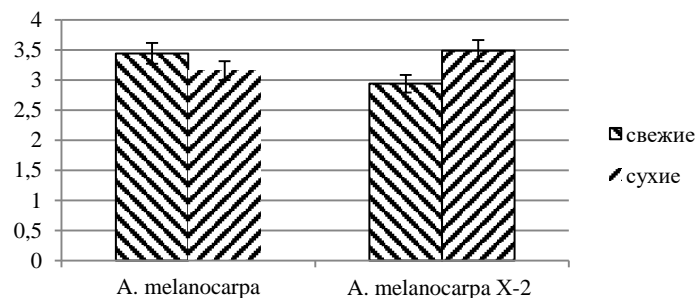


Рис. 3. Содержание антоцианов в свежих и сухих плодах аронии, %

У *A. melanocarpa* и *A. melanocarpa X-2* сумма антоцианов в свежих плодах меньше, чем прописано в нормативном документе, а в сухих плодах удовлетворяют требованиям фармакопейной статьи. Изученные виды аронии отличаются по содержанию антоцианов, разница статистически значима.

В свежих плодах у *A. melanocarpa* сумма антоцианов в 1,2 раза больше, чем у *A. melanocarpa X-2*. В сухих плодах количество антоцианов в перерасчете на цианидин-3-О-гликозид у фармакопейного вида – *A. melanocarpa*, наоборот, в 1,1 раза меньше и у *A. melanocarpa X-2*.

При сравнении количества антоцианов в свежих и сухих плодах внутри вида можно заключить, что у *A. melanocarpa* данный показатель выше в 1,1 раза в свежих плодах, а у *A. melanocarpa X-2* в 1,2 раза – в сухих плодах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас лекарственных растений СССР / Под ред. акад. Н. В. Цицина. М.: Медицинская литература, 1962. 704 с.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Москва, 2018 // Федеральная электронная медицинская библиотека / Министерство здравоохранения Российской Федерации: официальный сайт. URL: www.femb.ru.
3. Самылина И. А., Яковлев Г. П. Фармакогнозия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 976 с.
4. Хромов Н. В. Особенности формирования урожая аронии в условиях Тамбовской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 40. № 2. С. 254–259.
5. Хромов Н. В., Попова Е. И., Томаровиценок С. Ю. Закономерности формирования урожая аронии в условиях ЦЧР // Наука и образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 305.
6. Дейнека В. И., Третьяков М. Ю., Олейниц Е. Ю., Павлов А. А., Дейнека Л. А., Блинова И. П., Манохина Л. А. Определение антоцианов и хлорогеновых кислот в плодах растений рода арония: опыт хемосистематики // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 161–167.

Флавоноиды: история открытия и дальнейшее изучение

Петухова Н. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Скочилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский Государственный университет, г. Йошкар-Ола
natapetukhova01@mail.ru

Флавоноиды имеют широкий спектр биологической активности. Они защищают клетки от поврежденных свободными радикалами, улучшают микроциркуляцию крови, снижают уровень воспаления, повышают иммунитет, улучшают метаболизм. Среди наиболее известных флавоноидов можно выделить катехины, эпикатехины, апигенин, лутеолин, кверцетин, рутин. Они имеют различные физические и химические свойства, и каждый из них может оказывать уникальное воздействие на организм [1].

Открытие флавоноидов связано с исследованиями растительной пигментации, которые начали проводиться в конце XIX века. В 1883 году немецкий ботаник Роберт Гехтнер открыл кверцетин – первый из известных флавоноидов. Р. Гехтнер был преподавателем ботаники в Берлинском университете и занимался исследованием растительной пигментации. В ходе своих исследований он обнаружил, что желтая крас-

ка золотистого ромашкового цвета содержит некоторые активные вещества, которые оказывают медицинские свойства. Р. Гехтнер выделил кверцетин из желтой краски золотистого ромашкового цвета, и впервые описал его как «желтый фармакологически активный принцип». Он также обнаружил его и в других растениях, таких как красный виноград и крапива. Однако, Роберт не знал, каким образом работает кверцетин в организме, и не мог выделить его в чистом виде, чтобы изучить его структуру и свойства [2].

Одним из важных этапов изучения флавоноидов в XIX веке стало использование их в медицине. В 1893 году был опубликован первый научный доклад об использовании рутозида – флавоноида, содержащегося в растениях – для лечения кровоизлияний и кровотечений.

Позднее, в 1930-х годах, двумя американскими учеными – Львом Кохромом и Артуром Лапп проводились исследования в области флавоноидов. Их работы были ключевыми для понимания структуры и свойств этих веществ. Кохром и Лапп изучали структуру флавоноидов и смогли определить, что они состоят из кольцевых структур с прикрепленными к ним функциональными группами [3]. Эта структура была ключевой для дальнейшего изучения рассматриваемых веществ.

В 1938 году Кохром и Лапп опубликовали свою работу, в которой они описывали свойства флавоноидов и их антиоксидантные свойства. В результате своих исследований Кохром и Лапп сделали несколько важных выводов о них. Они установили, что флавоноиды могут повысить прочность капилляров и снизить их проницаемость. Это обнаружение привело к тому, что они стали использоваться в медицине для лечения кровоизлияний, воспалений и других заболеваний.

К 30-м годам XX века так же относятся исследования немецкого химика Эрнста Френша и его команды ученых, совместно с которой он начал исследовать структуру кверцетина и других пигментов. В результате его исследований были установлены основные свойства и структура флавоноидов, которые являются дифенольными соединениями, содержащими 15 атомов углерода и обладающими своеобразной двухосновной структурой.

Э. Френш с сотрудниками использовали различные методы, чтобы исследовать структуру и свойства флавоноидов. Они использовали методы хроматографии для разделения смесей флавоноидов на составляющие и получения чистых соединений. Использовались методы спектрофотометрии, чтобы изучить свойства флавоноидов в растворе и определить их структуру.

Одним из наиболее значимых результатов исследований Э. Френша было открытие, заключающееся в том, что кверцетин может быть изменен химическим путем для получения других соединений с разными свойствами и биологической активностью. Например, добавление метила к молекуле кверцетина приводит к образованию метокверцетина, который обладает более сильным антиоксидантным действием [2].

После первых исследований Э. Френша, интерес к флавоноидам только возрос. В 1940-х и 1950-х годах многие другие ученые начали исследовать структуру и свойства флавоноидов, в связи с чем было опубликовано множество статей и научных работ на эту тему.

Не менее важными являются открытия немецкого химика и физиолога Курта Бонндорфа, которые он совершил в области биохимии и фармакологии. В 1930-х годах он начал исследования пигментов, делая упор на изучение антоцианов. Одно из важнейших открытий Бонндорфа заключалось в том, что он установил химическую структуру антоцианов. Он обнаружил, что антоцианы являются гликозидами флавоноидов, которые содержат антоцианидины, глюкозу и галактозу. Также Бонндорф показал, что антоцианы обладают сильным антиоксидантным действием и способны защищать растения от стрессовых факторов. Кроме того, Бонндорф исследовал влияние флавоноидов на здоровье человека и обнаружил, что они могут играть важную роль в профилактике рака и сердечно-сосудистых заболеваний. Он также изучал их влияние на метаболизм жиров. За свои исследования пигментов и флавоноидов Бонндорф получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 1939 году. Его работы имели большое значение для развития биохимии и фармакологии и способствовали расширению научных знаний о свойствах и применении пигментов.

В дальнейшем было выделено большое количество различных флавоноидов из различных растений и организмов. Одним из биохимиков, внесших значительный вклад в исследования флавоноидов, является Артур Хэш. В 1950-х годах А. Хэш начал исследовать их свойства и изучал влияние на растительный рост и цветение. В 1960-х годах он переключил свое внимание на биологическую активность флавоноидов в человеческом организме. А. Хэш и его команда исследовали механизмы действия флавоноидов, их фармакокинетику, метаболизм и токсичность [3].

Он был первым ученым, который доказал, что флавоноиды могут проходить через кровеносные сосуды и достигать различных тканей и органов. Также был доказан тот факт, что фенольные соединения могут улучшать здоровье сердца и сосудов, уменьшать воспаление и оказывать противоопухолевые свойства. Хэш также изучал различные источники флавоноидов, включая пищевые продукты и растительные экстракты. Он установил, что производные флавононов могут различаться по своей биологической активности в зависимости от их происхождения и структуры.

В 1950-х годах американский ученый Альберт Сигал начал свою карьеру в области фармакологии, и в 1960-х годах он начал работать над изучением флавоноидов. В течение многих лет он проводил исследования на фенолах, которые содержатся в различных растениях. В результате своих исследований А. Сигал выделил и идентифицировал множество новых флавоноидов, описал их структуру и свойства, а также их биологическую активность. Он также изучал механизмы действия на организм человека и выявил их многообразные терапевтические свойства. Одним из наиболее важных достижений Сигала было его открытие антиоксидантных свойств флавоноидов. В 1980-х годах он показал, что флавоноиды могут защищать организм от свободных радикалов и помогать предотвратить развитие многих заболеваний, связанных с повреждением клеток [4].

В 1960-х годах другой американский ученый Джон Харборн, специализирующийся на изучении флавоноидов, начал свои исследования в этой области во время работы в Кембриджском университете. Он сфокусировался на изучении фенолов, содержащихся в растениях, которые используются в народной медицине для лечения различных заболеваний.

Активно продолжались исследования флавоноидов в 1980-х годах, особенно в области их биологической активности и потенциального применения в медицине. В ходе анализа и наблюдений было обнаружено, что они могут оказывать антиоксидантное, противовоспалительное, противоаллергическое и антираковое действие. Стоит упомянуть об исследованиях, показавших, что флавоноиды могут оказывать защитное действие на сердечно-сосудистую систему, благодаря своей способности уменьшать уровень холестерина в крови и улучшать кровообращение. Также было обнаружено, что некоторые флавоноиды могут усиливать действие витамина С в организме, что повышает их полезность для здоровья [5].

В 1986 году был проведен крупномасштабный мета-анализ исследований, опубликованных до этого времени, по влиянию флавоноидов на сердечно-сосудистую систему, результаты которого показали, что потребление продуктов, богатых ими, связано со снижением риска развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Более того, в 1980-х годах было обнаружено, что флавоноиды могут оказывать защитное действие на кожу, благодаря своей способности уменьшать воздействие УФ-лучей на клетки кожи. Исследования в 80-х годах XX века привели к значительному расширению наших знаний об их биологических свойствах и потенциальном применении в медицине и косметологии.

В 1990-х годах и в дальнейшем время исследования флавоноидов продолжались в нескольких направлениях. Одним из направлений считалось изучение механизмов действия флавоноидов на клеточном уровне. Путем наблюдений было обнаружено, что флавоноиды могут взаимодействовать с различными белками и ферментами в клетках, в том числе с ферментами, ответственными за синтез гормонов и нейромедиаторов.

Еще одним направлением исследований являлось изучение потенциального применения флавоноидов в лечении различных заболеваний, таких как рак, диабет, атеросклероз и некоторые неврологические заболевания. В этом контексте были проведены многочисленные исследования на животных и клеточных культурах, а также клинические исследования на людях [4].

В последние десятилетия в результате исследований было обнаружено, что флавоноиды могут оказывать положительное влияние на состояние микрофлоры кишечника, что может способствовать улучшению иммунитета и общего здоровья организма.

В XX веке исследования в области флавоноидов стали более широкими и систематическими благодаря прогрессу в технологиях анализа и синтеза химических соединений. Изучение флавоноидов охватило многие аспекты, такие как их биологические свойства, синтез, структуру и химические свойства.

В 1930-х годах ученые смогли определить структуру многих пигментов и установить, что они представляют собой группу фенольных соединений, содержащих хромоновое кольцо и два фенольных остатка.

В 1940-х годах были проведены исследования флавоноидов, связанных с их биологическими свойствами. Изучались свойства антиоксидантов и антибактериальных соединений, которые могут помочь в борьбе с заболеваниями и способствовать улучшению здоровья.

В 1950-х годах были проведены исследования, связанные с изучением влияния веществ на физиологию растений, таких как их роль в защите от ультрафиолетового излучения и в регуляции роста.

В последующие десятилетия исследования в данной области продолжились и включали различные области науки. Они стали объектом интереса в области фармакологии, медицины и диетологии, а также нашли применение в косметической и пищевой промышленности.

В настоящее время флавоноиды продолжают привлекать внимание ученых, и многие исследования проводятся для изучения их механизмов действия и потенциальных применений в различных областях, так как они являются одними из самых распространенных и важных классов природных соединений, которые широко распространены в растительном мире и используются во многих сферах производства и жизнедеятельности.

Современные исследования в области флавоноидов сфокусированы на следующих направлениях:

1. Изучение механизмов их действия. Ученые исследуют, как производные флавонов взаимодействуют с различными молекулами в организме и каким образом это влияет на их биологическую активность. Некоторые исследования показали, что действующие вещества могут оказывать влияние на экспрессию генов и метаболические процессы в клетках.

2. Разработка новых методов получения флавоноидов. В настоящее время проводятся исследования по разработке новых методов получения антиоксидантов из различных источников, таких как растительные материалы, отходы пищевой промышленности и синтетические методы.

3. Исследование биологической активности флавоноидов. Ученые изучают, как полифенолы влияют на здоровье человека, исследуя их воздействие на различные системы организма. Они также изучают их свойства, которые могут применяться в медицинской терапии.

4. Изучение флавоноидов как потенциальных противораковых средств. Некоторые исследования показали, что гидроксипроизводные флавоноидов могут снижать риск развития рака и замедлять рост опухолей. Ученые изучают механизмы, которыми активные вещества оказывают противоопухолевое действие и разрабатывают новые методы лечения на их основе [1].

Исследования в области флавоноидов продолжают и могут привести к новым открытиям и разработке новых терапевтических средств на их основе. Существует интерес к изучению полифенолов как потенциальных противовирусных средств, так как некоторые исследования показали, что они могут оказывать влияние на различные вирусы, включая вирус гриппа.

Исследовательская деятельность в области флавоноидов имеет большую значимость для различных отраслей науки и технологий, а также может существенно повысить качество жизни людей. Благодаря современным методам анализа и синтеза, ученые выделяют и исследуют новые флавоноиды, которые могут иметь полезные свойства для здоровья человека. Они исследуют влияние фенольных соединений на различные физиологические процессы в организме, ищут способы использования их в качестве функциональных продуктов питания и лекарств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леутина Е. М. Флавоноиды: структура, биосинтез, физиологические функции. СПб.: Химия, 2014. 368 с.
2. Васильева Н. А. Флавоноиды: история открытия и перспективы использования в качестве биологически активных веществ // Биохимия. 2019. Т. 84, № 10. С. 1251–1261.
3. Хэи А. Флавоноиды – группа природных соединений // Успехи химии. 1958. Т. 27, № 4. С. 601–630.
4. Поздняковский И. Е. Флавоноиды растительного происхождения. М.: Химия, 1976. 215 с.
5. Лосева Е. Б. Флавоноиды в медицине: история и современное состояние // Вестник современной клинической медицины. 2016. Т. 9, № 4. С. 60–65.

Поиск и анализ данных о судьбах репрессированных фармацевтических специалистов

Пиляева Я. А., студ. 3 курса

Научн. рук. – Гурьянова М. Н., канд. фармацевт. наук, доц.

Пермская государственная фармацевтическая академия Минздрава России, г. Пермь
Muzei.pgfa@yandex.ru

Введение. Поиск данных о биографиях фармацевтических специалистов, работавших в аптеках Пермской губернии, привел к открытию такого факта, как то, что некоторые из них внесены в книги памяти различных регионов, как репрессированные в различные годы. Понятие репрессий — это очень сложная и болезненная тема для нашего государства. Поэтому надо очень аккуратно и беспристрастно проанализировать

Цель исследования – найти и систематизировать данные о фармацевтах, работавших в аптеках Пермской губернии в начале 20 века, репрессированных в 20 и 30 годы XX века.

Задачи исследования. Изучить документы аптекарского ученика Анисимова А.А.; восстановить его биографию до момента репрессий, выявить обвинения, предъявленные ему в ходе репрессий и после репрессий.

Материалы и методы. Материалами исследований послужили база данных фармацевтических специалистов, работавших в аптеках Пермской губернии, составленная сотрудниками музея ПГФА; личные дела сотрудников аптек Пермской губернии, имеющиеся в Государственном архиве Пермского края, ГАПК; материалы ПермГАСПИ, База данных «Жертвы политических репрессий. Территория Пермского

края, размещенной в интернет. Метод сбора информации – документальный анализ, метод обработки информации- группировка и табулирование.

Результаты и обсуждения. На первом этапе был проведен поиск репрессированных через Базу данных «Жертвы политических репрессий. Территория Пермского края, размещенную в интернет [1], по фамилиям, содержащимся в разделе базы данных музея ПГФА – «Аптекарьские ученики Пермской губернии». Выявлена информация по аптекарскому ученику Анисимову А. А.

При изучении дела Анисимова А.А. в Архиве Пермского края и дела в ПермГАСПИ, была воссоздана его биография [2]. Данные были сгруппированы по временным периодам и представлены в таблице 1. На следующем этапе мы обратились в ПЕРМГАСПИ для изучения дела Анисимова А.А., хранящегося в его фондах. В папке находятся следующие документы: постановления о мере пресечения и предъявлении обвинения от 1937 года, протокол допроса, выписка из протокола, обвинительное заключение, паспорт, справка о смерти, обращение дочери Анисимова А.А., протест прокурора от 1957 года [3]. Анализ документов дела позволил выявить следующие факты об обстоятельствах судебного дела. 16 августа 1937г. вышло постановление, согласно которому Анисимов А. А., бывший офицер царской армии, обвинялся в том, что являлся участником контрреволюционной организации, в связи с чем мерой пресечения способов уклонения следствия и суда выбрали содержание под стражей при Изоляторе Горотдела НКВД. 3 сентября 1937г. Анисимов А.А. подал заявление о том, что хочет дать откровенные показания о деятельности контрреволюционной организации, участником которой являлся. В показаниях А.А. Анисимова указано следующее *«Я был завербован троцкистом Балтгалв Карлом Андреевичем, являющимся председателем Пермского Горсовета Осоавиахима. Сначала Балтгалв давал незаконные распоряжения о запутывании учета оружия, рассредотачивании его по различным организациям и частным лицам, создавая всяческие условия для растраниживания оружия и срыва боевой подготовки. Видя, что Анисимов безоговорочно выполняет эти незаконные распоряжения, впоследствии начал приближать к себе и вести разговоры в своем кабинете на политические темы, затем в ходе одного из таких разговоров в декабре 1935г задал прямой вопрос о вступлении в контрреволюционную организацию. Анисимов согласился. Дубровин Иван Антонович, активный троцкист, после ухода Балтгалва на партийную работу, занял его место. Они настолько запутали учет оружия и боеприпасов, что для них не составляло никаких затруднений выдать повстанцам любое количество оружия и патронов. Планировали вооруженные восстание. Дубровин поручал подбирать для вербовки ряд быв. офицеров, но ввиду отъезда Анисимова в отпуск, а затем ареста Дубровина его поручение выполнить не успел. Контрреволюционная вредительская деятельность, проводимая Анисимовым и Дубровиным, сводилась к срыву учебно-боевой подготовки и различных массовых мероприятий. Поскольку организация рассчитывала на поражение СССР и восстановление в стране капиталистического строя, то они своей работой хотели ослабить обороноспособность страны. В частности, летом 1935 и 1936.гг воспользовавшись служебным положением (был начальником Осоавиахимских лагерей на р. Мулянка) снял со счета лагерей 8 тысяч рублей. Заявка на продукты питания и постельные принадлежности в областной совет Осоавиахима умышленно не были переданы. Предназначившиеся для лагерей 200 комплектов обмундирования были распроданы. Починка палаток умышленно задерживалась. В самих лагерях было организовано пьянство, самоснабжение и т.д. Учебные планы в лагерях были фиктивными, а руководящий состав умышленно подбирался с исключительно низкими качествами. Все это проводилось с целью срыва переподготовки допризывников и вневойсковиков. В результате "учеба" в лагерях не только не дала решительных результатов, но и вместе с этим возбуждала недовольство со стороны допризывников и вневойсковиков».*

11 сентября 1937г. Анисимов снова был вызван на допрос, в ходе которого он рассказал, что являлся помощником военного руководителя Пермского повстанческого округа и командиром первого Пермского повстанческого батальона, численность 170–180 человек. Признал, что разработал детальный план захвата окружных артиллерийских складов военного городка. Общим сигналом к восстанию должны были служить 2 обстоятельства: объявление войны или смерть Сталина. Затем рассказал, что лично завербовал начальника АвтоВУПа Осоавиахима, бывшего кадета – Васильева, т. к. собирался воспользоваться его автотранспортом для переброски оружия из склада Горсовета Осоавиахима к месту сбора батальона. Также хотел использовать имевшиеся в распоряжении Васильева танкетки, но экипаж для них подобрать не смог. Однако информация о вербовке противоречит с результатами допроса от 3 сентября. Тогда он упомянул, что сам никого не завербовал, а начальник АвтоВУПа – Васильев был завербован Дубровиным. 21 октября 1937г. Анисимова признали виновным в том, что является одним из руководителей к-р повстанческой организации, в составе которой готовил вооруженное восстание на территории г. Перми и проводил вредительскую работу в системе Осоавиахима (т. е. в совершении преступлений, предусмотренных 58–2, 9 и 11 ст. УК РСФСР), после чего перевели в тюрьму №1. Вскоре был расстрелян. Хотя в справке о смерти, хранящейся в деле, поставлена другая дата смерти 14 июня 1941 года.

Таблица 1.

Биографические этапы жизни Анисимова А.А.

Название позиции	Характеристика позиции
Имя	Ананий Александрович
Год, место рождения, происхождение	17.12.1896 Уроженец Вятской губернии, православный. Из потомственных почетных граждан.
Образование	12.06.1912 – окончил полный курс Очерского городского училища Оханского уезда Пермской губернии. 16.09.1914 – педагогическим советом Пермской мужской имени Александра I Благословенного гимназия подвергся дополнительному испытанию по латинскому языку для получения звания аптекарского ученика.
Данные о профессиональной деятельности	17.09.1914 – 31.07.1915; 10.08.1915 – 17.12.1915 – аптекарский ученик в Оханской нормальной вольной аптеке Пермской губернии.
Участие в Первой мировой войне	Период обучения: 07.08.1915 – принят на службу Оханским уездным воинским начальником новобранцем досрочного призыва 1917 г. и назначен в 123-й пехотный запасной батальон. 18.12.1915 – прибыл и зачислен в списки 123-го пехотного запасного батальона. 05.01.1916 – назначен в учебную команду для прохождения курса рядовым. 19.03.1916 – окончил курс учебной команды. 23.10.1916 – зачислен в команду кандидатов в школу прапорщиков. 11.01.1917 – прибыл и зачислен в списки 2-й Казанской школы прапорщиков юнкером в 1 роту. 05.05.1917 – произведен в младшие унтер-офицеры, переведен в 1-ый разряд по поведению. 12.05.1917 – произведен в прапорщики с зачислением по армейской пехоте и назначен в 166-й пехотный запасной полк, с исключением из списков школы. Действительная военная служба: 13.05.1917 – отправился к месту службы. 29.05.1917 – прибыл по назначению и зачислен в списки 166-го пехотного запасного полка младшим офицером 15-й роты. 08.08.1917 – отправлен в действующую армию, в распоряжение командира 182-го пехотного запасного полка. 19.09.1917 – возвратился из действующей армии, и зачислен прикомандированным к 166-му пехотному запасному полку. 25.09.1917 – отправлен в действующую армию в распоряжение командира 132 полка. 11.11.1917 – прибыл в распоряжение полка и зачислен в списки младшим офицером переменного состава 14-й роты. Демобилизация: 04.01.1918 – ввиду украинизации полка, уволен, согласно приказу, в 3-х недельный отпуск по 26.01.1918, с обязательством по истечении указанного срока явиться к Оханскому уездному воинскому начальнику.
Период после войны	Работал начальником отдела боевой подготовки Пермского Горсовета Осоавиахима

Его 13-летняя дочь, Таня, осталась одна (мать тоже арестовали). Когда арестовали отца, следовательно, который вел дело Анисимова, поселил в его квартире своего брата с семьей, а девочку с соседкой выселил в соседний дом на совместную площадь в проходную комнату. После окончания 8 классов Таня поступила в Молотовский строительный техникум, который окончила в 1944г. и с этого времени работала техником Проектно-сметного бюро горжилуправления. После ареста родителей почти все вещи были конфискованы, ребенку оставили только то, что она носила в то время, а также старое стуженное одеяло, 2 ложки, 2 вилки, 2 ножа и 2 кружки – как сказал следователь, это ее приданое.

Изучено заявление дочери Анисимова А.А. Татьяны, которое было подано спустя 19 лет после осуждения отца. Заявление было написано на имя начальника Управления госбезопасности по Молотовской области, а затем подано заявление и на имя прокурора Молотовской области тов. Яковлева с просьбой уточнить, действительно ли ее родители были врагами народа, как считалось в 1937г. В своем заявлении она писала, что родители были осуждены сроком на 10 лет и высланы без права переписки. По воспоминаниям: отец работал начальником боевой подготовки Осоавиахима, а также преподавал военное дело в учебных заведениях. Ее взяла на воспитание сестра отца, которая проживала на тот момент в гор. Краснокамске. Заявления Татьяны Ананьевны не остались без внимания. Начался пересмотр дел ее родителей. Изучен документ «Протест прокурора». В документе указано, что в ходе проверки дела Дубровина Ивана Антоновича, работавшего председателем горсовета Осоавиахима, факты, указанные в показаниях Анисимова, не нашли своего подтверждения. Также обнаружилось, что бывшие сотрудники НКВД, принимавшие участие в расследовании дела на Анисимова, в разные годы были осуждены к различным мерам наказания от увольнения из органов до привлечения к высшей мере наказания. При дальнейшей проверке материалов дела установлено, что контрреволюционной повстанческой организации на Урале и в г. Молодове, о котором указывалось в показаниях Анисимова в действительности не существовало. Это видно из того, что архивно-следственные дела на Кабакова – бывшего секретаря Свердловского обкома партии, Головина – бывшего председателя Свердловского облисполкома и Дьячкова – бывшего секретаря Пермского горкома партии, значившихся по делу руководителями этой организации, прекращены за отсутствием состава преступления.

По тем же мотивам прекращено архивно-следственное дело на бывшего секретаря Кагановичского РК КПСС Балтгалв, которого Анисимов назвал своим вербовщиком в эту организацию. В протоколах допроса Анисимова Васильев-Корсавин указан в числе участников повстанческой организации. Однако дело

на него прекращено также за отсутствием состава преступления. После дополнительной проверки направлены для прекращения архивно-следственные дела Дубровина и других лиц, проходящих по делу участниками к-р организации, и копии протоколов допроса которых были приобщены к делу Анисимова в качестве доказательств его виновности. Таким образом, обвинение, предъявленное Анисимову в ходе проверки, не подтвердилось.

30 ноября 1957г. постановление в отношении Анисимова, до ареста работавшего начальником боевой подготовки Пермского горсовета Осоавиахима, отменено и дело прекращено за отсутствием состава преступления. Прокурор Пермской области 7 июня 1956г. установил, что родители Татьяны Ананьевны: отец – Анисимов Ананий Александрович 29.10.1937г. по ст. 58 УК РСФСР осужден к 10 годам ИТЛ и, отбывая наказание в лагерях МВД СССР, 14.7.1941г умер от язвы желудка. Мать – Анисимова Марта Фридриховна 17.2.1938г по ст. 58 УК РСФСР осуждена на 10 лет ИТЛ и, отбывая наказание в лагерях МВД СССР 7.4.1943г., умерла от воспаления легких. Смерть в ЗАГСе не зарегистрирована. 22 июня 1956г. было объявлено о смерти Анисимова. Смерть зарегистрирована в сталинском Райбюро ЗАГС г. Перми 18.11.1957г. Свидетельство о смерти передано дочери Анисимовой.

Выводы: в результате поиска в книге Памяти Пермского края были найдены данные о репрессированном аптекарском ученике Анисимове А.А. На основании изучения дела Анисимова в ГАПК были выявлены его биографические данные, в том числе участие в Первой Мировой войне. В результате изучения дела хранящегося в ПермГАСПИ, установлены данные об обстоятельствах ареста Анисимова А.А. в 1937 году и его реабилитации в 1957 году.

ЛИТЕРАТУРА

1. База данных «Жертвы политических репрессий. Территория Пермского края 1918–1980-х гг.». https://bessmertnybarak.ru/books/zhertyu_repressiy_permskogo_kraya/page-37/
2. ГАПК Фонд 143, опись 1 Дело 549 Дело о службе аптекарского ученика Анисимова А. А.
3. ПермГаспи Фонд 641/1, Дело 13082.

Элементы надземной части и экстракта *Echinops sphaerocephalus* L.

Потемкина Н. М.¹, Ханина М. А.¹, Потемкин Е. М.², Родин А. П.¹

1 – Государственный гуманитарно-технологический университет, г. Орехово-Зуево

2 – НИ Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Новомосковск
nata6a-1970@mail.ru

Мордовник шароголовый (МШ) (*Echinops sphaerocephalus* L.) семейство Астровых (*Asteraceae*) – крупный, обычно высотой более 200 см, стержнекорневой, двулетний или многолетний монокарпик. Растет на лесных полянах и опушках, по долинам рек, ручьев, луговым и каменистым склонам в Европейской части России, Западной и Восточной Сибири [1].

МШ в интродукции выращивается на «Аптекарском огороде ГГТУ» (г. Орехово-Зуево) с 2016 года по настоящее время [2]. В условия «Аптекарского огорода ГГТУ» МШ растет как многолетнее растение. В первый год образует прикорневую розетку крупных листьев, на второй год развивается облиственный стебель (до 200 см высотой), растение зацветает, плодоносит и осенью надземная часть отмирает. Из осыпавшихся семян вновь развивается прикорневая розетка листьев и все повторяется вновь. А из корневищ растения второго года жизни и старше развиваются взрослые плодоносящие растения. Таким образом, выращивание МШ на «Аптекарском огороде ГГТУ» почти не требует агротехнических приемов.

В надземной части МШ обнаружен широкий спектр биологически активных веществ: сапонины, алкалоиды (эхинопсин, эхинопсеин, эхинорин), аскорбиновая кислота, α-токоферол, высшие жирные кислоты [1], полифенолы, антоцианы, каротиноиды, аскорбиновая кислота [3]. Фитохимический анализ надземной части МШ, выращенного на «Аптекарском огороде ГГТУ» показал наличие во всех органах (листья, стебли, соцветия) оксикоричных и фенолкарбоновых кислот, флавоноидов, кумаринов, дубильных веществ, аскорбиновой кислоты, сахаров и полисахаридов, хлорофиллов [4]. Для надземной части растения установлено возбуждающее, стимулирующее ЦНС, диуретическое, потогонное противополихорадочное действие; выраженное антиоксидантное действие [3]. В народной медицине МШ применяли в качестве эффективного нервно-мышечного стимулятора. Для лечения различных расстройств нервной системы отдельными авторами предлагается фитопрепарат с нейротропной активностью. МШ используется как декоративное растение и позиционируется как хороший медонос.

В надземной части растения (листьях, стеблях, соцветиях и траве), выращенного на «Аптекарском огороде ГГТУ» обнаружен 61 элемент [5].

При оценке перспективности лекарственного растения важно изучить не только компонентный состав и количественное содержание основных групп биологически активных веществ и химических элементов сырьевой части растения и экстрактов, но и установить связь распределения некоторых химических элементов по концентрациям в зависимости от органа.

Целью данной работы было исследование состава элементов травы, морфологических частей (листья, стебли, соцветия) и сухого экстракта МШ; выявить характер связи концентраций элементов в разных морфологических частях и траве МШ; определить степень корреляции между концентрациями элементов в разных морфологических частях и траве МШ.

Объекты исследования: морфологические части — листья (объект № 1), стебли (объект № 2), трава (объект № 3), соцветия (объект № 4) и экстракт (объект №5) МШ, выращенного на «Аптекарьском огороде ГГТУ» (г. Орехово-Зуево). Образцы для исследований собраны в фазе бутонизации (24.06.2021 г.), высушены до воздушно-сухого состояния и заложены на хранение в бумажные пакеты. Сухой экстракт получали по следующей методике: навеску (т. н.) воздушно-сухих листьев, измельченных до размера частиц 3 мм, помещали в колбу и трижды экстрагировали (экстрагент – вода очищенная) на кипящей водяной бане в течение 30 минут, объединенные фильтраты лиофилизировали при щадящем температурном режиме (30 °С). Анализ элементов в исследуемых образцах, осуществляли методом масс-спектропии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре ELAN DRC-e ICP-MS («Perkin Elmer LLC», США) и оптико-эмиссионном спектрометре Agilent 715 ICP-OES (Agilent Technologies, Inc, США) в ООО «Химико-аналитический центр «Плазма» (г. Томск) [6]. Статистическую обработку полученных результатов химического анализа проводили по стандартной методике, а также осуществляли в программе Microsoft® Excel 2010 с вычислением погрешностей косвенных измерений, на основе опорных значений концентраций элементов и их погрешностей.

Таблица 1

Содержание* элементов в надземной части и экстракте водном листа *Echinops sphaerocephalus L.*
(в мкг/г на воздушно-сухое сырье, n=5, P > 95%)

Элемент	1	2	3	4	5	Элемент	1	2	3	4	5
Li	0,011	0,0078	0,0098	0,001	0,24	In	0,0024	0,0024	0,0025	0,0019	<0,001
Be	0,0061	0,0063	0,0065	0,0016	0,0209	Sn	0,18	0,05	0,12	0,03	0,43
Na	102,0	23,47	65,35	6,32	126,0	Sb	0,031	0,0014	0,017	0,0008	1,5
Mg	1573,1	1597,4	1651,1	1392,1	3846,09	Te	0,07	0,06	0,07	0,03	<0,07
Al	48,6	13,1	32,1	1,8	266,06	Cs	0,0056	0,005	0,006	0,001	0,037
Si	3405,0	3456,9	3574,1	667,9	11209,02	Ba	2,96	8,16	5,79	4,68	3,2
K	28965,0	34630,9	33122,8	28218,1	95379,34	La	0,058	0,1	0,084	0,012	0,23
Ca	6182,0	10566,2	8723,1	14297,3	3255,22	Ce	0,12	0,082	0,1	0,01	0,405
Sc	0,51	0,66	0,61	0,18	0,59	Pr	0,013	0,020	0,017	0,002	0,041
Ti	13,3	3,21	8,61	0,71	19,07	Nd	0,052	0,074	0,066	0,006	0,15
V	0,23	0,22	0,24	0,024	0,53	Sm	0,008	0,0104	0,0096	0,0009	0,022
Cr	1,46	1,06	1,2	0,95	4,02	Eu	0,004	0,006	0,005	0,001	0,0049
Mn	16,9	11,5	14,8	15,3	30,34	Gd	0,011	0,015	0,013	0,001	0,029
Fe	169,1	79,6	129,7	18,6	177	Tb	0,004	0,005	0,005	0,0004	<0,004
Co	0,01	0,012	0,011	0,008	0,25	Dy	0,009	0,009	0,009	0,001	0,0198
Ni	0,54	0,94	0,77	1,41	3,9	Ho	0,005	0,005	0,005	0,00046	<0,005
Cu	7,47	5,4	6,7	4,5	9,4	Er	0,005	0,005	0,005	0,00043	0,00905
Zn	14,4	10,3	12,9	11,3	37,16	Tm	0,004	0,0026	0,0035	0,00027	<0,004
Ga	0,073	0,042	0,06	0,0069	0,21	Yb	0,005	0,004	0,005	0,00038	0,0075
Ge	0,004	0,0039	0,0042	0,0005	0,014	Lu	0,002	0,0017	0,0019	0,00015	<0,002
As	0,55	0,96	0,79	0,19	<0,4	Hf	0,002	0,0007	0,0014	0,00013	0,012
Se	0,25	0,21	0,24	0,057	0,69	Ta	0,002	0,0004	0,0013	0,00054	0,0039
Br	12,7	12,6	13,2	2,7	9,4	W	0,36	0,44	0,42	0,07	0,12
Rb	2,01	7,8	5,1	9,4	41,0	Re	0,001	0,001	0,001	0,002	<0,005
Sr	0,035	0,047	0,043	0,022	10,34	Au	0,003	0,0004	0,002	0,03	<0,003
Y	0,025	0,032	0,03	0,0023	0,13	Hg	0,074	0,123	0,103	0,058	0,056
Zr	0,023	0,009	0,017	0,0016	0,59	Tl	0,002	0,011	0,007	0,0004	0,0069
Mo	3,7	3,94	3,98	1,35	3,5	Pb	0,43	0,14	0,3	0,055	0,85
Ag	0,053	0,03	0,04	0,06	0,0304	Bi	0,01	0,006	0,008	0,005	0,027
Cd	0,27	0,24	0,26	0,07	0,0797	Th	0,011	0,006	0,008	0,0004	0,042
						U	0,0041	0,003	0,004	0,0002	0,028

Примечание: * – 1 (листья), 2 (стебли), 3 (трава), 4 (соцветия), 5 (экстракт водный листа)

В результате проведенного анализа элементного состава исследуемых образцов, был обнаружен 61 элемент, включая все эссенциальные (табл.1). Содержание токсичных элементов в исследуемых образцах листьев, соцветий и экстракта находятся в пределах ПДК, принятых для пищевых растений, биологически активных добавок к пище [7]. Надо отметить, что стебли характеризуются концентрацией As и Hg, что в свою очередь приводит к повышению содержания последних в образцах травы (табл.1).

Во всех исследуемых образцах обнаружены макро-элементы (K, Ca, Si, Mg), микро-элементы (Mn, Fe, Cu, Na, Al, Br, Rb, Ti, Cr, Ba, Zn, Mo и др.) и ультра-микро-элементы (Co, Li, Be, V и др.). Макро-элементы распределены по органам МШ неравномерно, листья содержат больше K, соцветия – Ca, стебель характеризуется большим содержанием Mg, K, и Si в сравнении с другими морфологическими частями (табл. 1). В стеблях концентрируются такие элементы как – Ba, Hg, Tl. Для листьев характерна концентрация жизненно-необходимых элементов – Na, Mg Na, K, Ca Mn, Fe, Mo, Cu, Zn. Соцветия концентрируют – Ni, Rb, Au.

Для выявления общих закономерностей в распределении элементов по концентрациям в исследуемых образцах надземной части МШ, проведено сопоставление концентраций элементов в парах исследуемых объектов в соответствии с логарифмической шкалой (рис.1). Отчетливо видна их линейная связь: коэффициент линейной корреляции r с точностью до 0,01 равен 0,99. В уравнении регрессии для пары «листья – трава»: $\lg C_{л} = A \times \lg C_{т} + B$ коэффициенты A и B с соответствующими вариациями dA и dB равны $0,99 \pm 0,02$ и $-0,01 \pm 0,03$.

Рассчитанные коэффициенты линейной корреляции R для всех вариантов пар органов находятся в диапазоне 0,98 – 1,00, что свидетельствует о наличии сильной корреляционной связи сопоставляемых величин. Значения этих коэффициентов при сопоставлении логарифмов концентраций для других органов МШ представлены в таблице 2. Следовательно, все полученные линейные зависимости имеют аналогичный вид и проходят вблизи начала координат.

Таблица 2

Параметры линейной связи логарифмов концентраций элементов в траве и морфологических частях (листья, стебли, соцветия) мордовника шароголового

Органы растений	r	A	dA	B	dB
Листья-стебель	0,98	0,96	0,04	0,05	0,08
Листья-трава	0,99	0,99	0,02	-0,01	0,03
Листья-соцветия	0,97	0,86	0,05	0,42	0,12
Стебель-трава	0,99	1,02	0,03	-0,08	0,05
Стебель-соцветия	0,96	0,88	0,05	0,36	0,13
Трава-соцветия	0,97	0,87	0,05	0,44	0,12

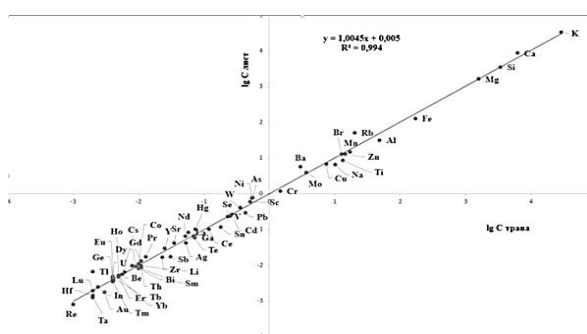


Рис. 1. Корреляционная зависимость между концентрациями 61 элемента, содержащихся в образцах листьев и травы *Echinops sphaerocephalus L.*, отложенная в десятичной логарифмической шкале

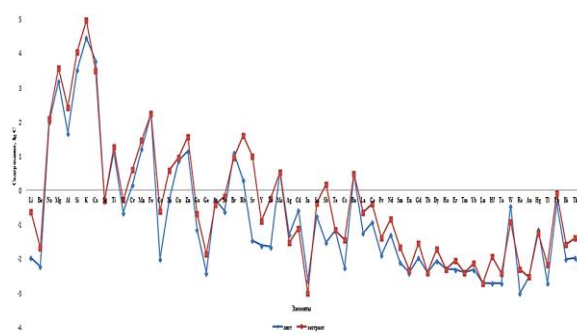


Рис. 2. Периодическая зависимость логарифма концентрации элементов в листьях и экстракте *Echinops sphaerocephalus L.*

В народной медицине наиболее часто используются экстенпоральные лекарственные формы (настои, отвары), для изготовления которых используется вода. Поскольку листья МШ характеризуются наибольшим содержанием основных групп БАВ и элементов [6], то сухой экстракт был получен из них. Сравнительный анализ состава элементов исследуемых образцов надземной части и сухого экстракта показал их идентичность (таб. 1). При сравнительном анализе содержания элементов в листьях МШ и сухом экстракте выявлено, что сухой экстракт превосходит исходное сырье по содержанию по большинства макро- и микро-элементов. Визуализация закономерностей распределения химических элементов в листьях и сухом

экстракте от их порядкового номера в Периодической таблице химических элементов Д.И.Менделеева показала, что периодическая зависимость логарифма концентрации содержания химических элементов в исследуемых образцах носит однотипный характер и практически совпадают (рис. 2).

Таким образом, полученные данные говорят о том, что сухой экстракт МШ по качественному составу элементов соответствует морфологическим частям и траве растения. Диаграммы, отражающие периодические закономерности в распределения элементов в листьях и экстракте, полученном из листьев МШ, практически совпадают. Установлена линейная связь логарифмов концентраций элементов в траве и морфологических частях мордовника шароголового.

ЛИТЕРАТУРА

1. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 5. Семейство Asteraceae (Compositae). Часть 2. Роды *Echinops* – *Youngia* / Отв.ред. А. Л. Буданцев. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК. 2013. 312 с.
2. Бабешина Л. Г., Федотова А. А. Итоги интродукции лекарственных растений в условиях города Орехово-Зуево // Сборник научных трудов IV научно-практической конференции с международным участием «Молодые ученые и фармация XXI века». М.: Изд-во: ФГБНУ ВНИИЛиАР. 2016. С. 27–34.
3. Масленников П. В., Чупахина Г. Н., Скрыпник Л. Н., Федурев П. В. Содержание антоциановых и каротиноидных пигментов в лекарственных растениях // Электронный журнал «Вестник МГОУ». Секция Биология. 2013. № 1. С.1–14.
4. Потемкин Е. М., Потемкина Н. М., Ханина М. А. Оптимизация выделения комплекса БАВ из листьев (*Echinops sphaerocephalus* L.) // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения. М.: ФГБНУ ВИЛАР. 2021. С. 242–250.
5. Потемкин Е. М., Ханина М. А., Потемкина Н. М. Элементный состав надземной части *Echinops sphaerocephalus* L.) // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения. М.: ФГБНУ ВИЛАР. 2022. С. 330–334.
6. Ханина М. А., Подолina Е. А., Родин А. П., Лежнина М. Г. Масс-спектрометрическая методика определения микроэлементов в надземной части *Centaurea cyanus* L. // Микроэлементы в медицине. 2018. Т. 19. № 4. С. 36–41.
7. СанПиН 2.3.2.1078-01, утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 14 ноября 2001 г. № 36.

Энерготропные препараты креатин и карнитин: полезные эффекты и токсичность

Прохорова М. С., Искусных А. Ю., Бурдакина И. А.

Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н.Бурденко
prohorova_mayya@mail.ru

На современном этапе развития науки хорошо известно о важной роли сбалансированного рациона питания в поддержании здоровья и улучшении качества жизни. Однако, веществ, которые не синтезируются или синтезируются в небольшом количестве в организме, настолько много, что разработать «идеальную» диету, подходящую людям с разным образом жизни, практически невозможно.

БАДы – биологически активные добавки, которые уже около ста лет используются в лечебном питании, превентивной медицине и спорте. В качестве БАДов могут быть использованы витамины, витаминоподобные вещества, микроэлементы, биосорбенты, микронутриенты и другие. Но особый интерес представляют энерготропные препараты креатин и карнитин.

Креатин – химическое соединение, необходимое организму для обеспечения энергией мышечной работы. Он синтезируется в клетках путем последовательного ряда реакций, связанных с образованием из глицина и L-аргинина глюанидиноацетата при участии специфического фермента – L-аргининглицин-амидинотрансферазы, а затем преобразованием глюанидиноацетата в креатин под действием ГАМТ [1]. У детей этот путь получения креатина может удовлетворять потребность в нем на 100 %, тогда как у взрослого человека эндогенный синтез креатина обеспечивает только около 50 % потребности в этом веществе, поэтому часть его должна поступать экзогенно с пищей животного происхождения или пищевыми добавками.

Наиболее высокий уровень креатина выявлен в скелетных мышцах, сердце, фоторецепторах сетчатки и сперматозоидах [2]. Креатин в мышцах (как скелетных, так и сердечной) задействован в образовании АТФ. Эту роль осуществляет «закольцованная» креатинфосфатная реакция: креатин фосфорилируется до креатинфосфата, который в свою очередь способен к накоплению и при физической нагрузке будет использоваться для ресинтеза АТФ, преобразуясь обратно в креатин. Реакцию катализирует креатинфосфокиназа, которая бывает трех типов: ММ, МВ (в скелетных и сердечной мышце) и ВВ (фермент головного мозга). Таким образом, креатин участвует в регуляции процессов клеточного дыхания и окислительного фосфорилирования, от которых зависит протекание обмена веществ в целом [3].

В связи с высокой значимостью и активным участием данного вещества в процессах энергетического обеспечения мышечной ткани, оно активно применяется в спортивной медицине в качестве БАД.

Доказано, что креатин оказывает положительное влияние на сердечно-сосудистую систему, может оказывать противовоспалительное действие, защитный эффект на центральную нервную систему при ишемии и в гипоксических условиях [4]. Он обеспечивает поддержание энергетического обмена в нейронах, оказывает антиоксидантный и антиапоптотический эффект, уменьшает глутамат-индуцированную эксайтотоксичность, за счет которой в нейронах снижаются резервы АТФ [5]. Некоторые исследования предполагают, что креатин, возможно, обладает определенной противораковой активностью.

Пероральное потребление 0,3 г/кг/день моногидрата креатина в течение 5–7 дней активирует пролиферацию клеток (миосателлитоцитов) мышечных волокон, белков, тяжелых цепей миозина и гликогена, увеличивает запасы минеральных веществ в костях [4].

Препарат применяется чаще всего в форме желатиновых капсул с креатинмоногидратом, поскольку это позволяет сохранять его структуру при всасывании из желудка в кровь и препятствует его превращению на уровне ЖКТ в креатинин и дальнейшему выведению. Известно, что действие препарата усиливает выделение инсулина, поэтому в его состав нередко входит декстроза и другие углеводы. В некоторых продуктах имеется белковый компонент – смесь сывороточного и молочного протеина, пептиды глутамина, другие аминокислоты. Доказана эффективность применения липоевой кислоты в комплексе с креатином, так как она усиливает метаболизм инсулина даже при наличии инсулинорезистентности. На данном этапе применяются также соли креатина – пируваты, цитраты, что позволяет повысить степень его всасывания [3].

Креатин относительно безопасен, что обуславливает его широкое применение. Развитие побочных эффектов чаще всего связано с передозировкой препарата или наличием сопутствующих хронических заболеваний. Среди побочных эффектов встречаются: увеличение задержки воды в организме, гастроинтестинальный дистресс, который проявляется болью в животе, тошнотой, диареей, а также судороги и спазмы [6]. Высокие дозы креатина могут вызвать венозный тромбоз, мышечные судороги и дисфункции печени и почек, нарушить углеводно-белковый обмен [7]. Поэтому людям с повышенным риском развития данных осложнений креатина моногидрат принимать не стоит. Кроме того, показано, что креатин, обладая высокой биодоступностью, может транспортироваться через гематоэнцефалический барьер, образуя в головном мозге слаботоксичные комплексы с медью и полиаминами [8].

Карнитин — химическое соединение из группы четвертичных аминов (триметиламмониное (бетаиновое) производное γ -амино- β -окси-масляной кислоты), по своим свойствам относящиеся к витаминоподобным веществам. В отличие от креатина, карнитин в организме синтезируется в достаточном количестве в почках, печени и головном мозге: в карнитин преобразуется гамма-бутиробетаин под действием фермента гамма-бутиробетаингидроксилазы. Основная физиологическая функция карнитина — энергетическая. Она реализуется за счет его способности выступать в роли специфического кофактора при переносе свободных длинноцепочечных жирных кислот в митохондрии мышечных клеток [9]. Этот процесс увеличивает доступность энергетического субстрата для окислительного метаболизма, в результате которого образуется ацетилкоэнзим А – необходимый компонент цикла трикарбоновых кислот и, как следствие, образования АТФ.

Карнитин способен предупреждать накопление избыточного количества ацетил-КоА в митохондриях, что обеспечивает эффективное функционирование пируватдегидрогеназного комплекса и препятствует избыточному образованию лактата и развитию утомления. Положительный эффект особенно заметен при длительном применении относительно высоких (около 2–4 г/сут) доз L-карнитина.

Не менее важную роль L-карнитин играет в процессах восстановления после интенсивных нагрузок, способствуя снижению мышечной болезненности и накоплению креатинфосфокиназы. Механизм данного явления опосредован вазодилатирующим и антиоксидантным эффектом препарата. Кроме того, L-карнитин уменьшает вызванные механическим стрессом воспалительные реакции, лежащие в основе повреждения мышц при интенсивной нагрузке, и оказывает благоприятное влияние на функцию тромбоцитов, известных своими репаративными свойствами [10].

В настоящее время карнитин используется и в других отраслях клинической медицины. В результате недавних исследований стало известно, что применение L-карнитина приводит к уменьшению частоты развития стенокардии. Механизм действия предположительно связан со способностью данного вещества улучшать энергетический метаболизм в митохондриях кардиомиоцитов за счет усиления транспорта длинноцепочечных жирных кислот из цитозоля в митохондриальный матрикс, где происходит β -окисление, удаление токсичных недоокисленных остатков жирных кислот, снижение концентрации длинноцепочечных жирных кислот, которая повышается при ишемии, а также за счет восстановления в миокарде пониженного уровня L-карнитина, развившегося в результате ишемии, ОИМ и СН [8].

Стало изучаться применение L-карнитина у больных с нарушениями неврологического характера, обусловленными ишемией и гипоксией, а также инфекционным поражением головного мозга. Так, наблюдается уменьшение общемозговой симптоматики через 2–3 суток после активации аэробного обмен-

на. Эффект связан с нормализацией газового и энергетического метаболизма за счет более полной диссоциации оксигемоглобина [11].

Была также выявлена связь карнитина и развития атеросклероза. Кишечные микроорганизмы, метаболизируя карнитин, синтезируют триметиламин (ТМА), который затем в печени под действием флавиновзависимой монооксигеназы (FMO) окисляется, образуя триметиламин-N-оксид (ТМАО). Повышенные концентрации ТМАО связаны с развитием атеросклероза и риском развития сердечно-сосудистых осложнений (ССО). Кроме того, увеличение концентрации карнитина и ТМАО в плазме крови связано с повышенным риском развития ССЗ и увеличением числа случаев тяжелых ССО (смерть, инфаркт миокарда) [12].

Известна роль карнитина и в комплексной терапии сахарного диабета. Было выяснено, что использование ацетил-карнитин аргината сопровождается снижением активности биомаркеров оксидативного стресса, способствует вазодилатации, опосредованной увеличением продукции оксида азота под влиянием L-карнитина. Дополнительным позитивным эффектом, который может быть использован при СД, является способность карнитина приводить к уменьшению конечных продуктов гликозилирования в крови и уменьшению концентрации глюкозы в тканях за счет стимуляции ее утилизации [13].

В психиатрической практике была обнаружена интересная закономерность: у пациентов с деменцией наблюдалось значительное снижение уровней компонентов синтеза миелина — плазмагенов, необходимых для предотвращения дегенерации мозга, — и уменьшение активности карнитин-ацетилтрансферазы — фермента, содержащегося в пероксисомах [14]. Это стало мотивом для дальнейшего изучения и возможного применения карнитина в терапии психических заболеваний. При этом большое значение придается его антиоксидантному и антигипоксическому действию.

БАД карнитина – L-карнитин – не применяется в качестве общедоступной пищевой добавки: его назначают профессиональным спортсменам, пациентам кардиологического отделения (в частности, при ИБС, инфаркте) или пациентам с «дефицитом» памяти в качестве нейропротекторного средства (за счет ослабления гиперфосфорилирования тау-белка и накопления β-амилоида). Более того, применение L-карнитина при гипотрофиях будет способствовать ускорению роста и увеличению мышечной массы, что иногда применяется в педиатрии. Доказана способность L-карнитина стимулировать эритропоэз, что применяется для лечения ренальной анемии. Однако стоит отметить, что карнитин также легко проходит через ГЭБ и в нетерапевтических дозах становится токсичным, вызывая невропатии. Положительный эффект регистрируется только при длительном (не менее недели) применении относительно высоких (около 2—4 г/сут) доз L-карнитина [8].

В лекарственной терапии, как и в спорте, необходимо применение БАДов для поддержания или улучшения энергетического обеспечения мышечной работы. Однако, всегда следует учитывать возможный токсический и другие побочные эффекты нетерапевтических дозировок при их применении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колпакова М. Э. Креатин в метаболизме клетки и его защитное действие при ишемии мозга / М. Э. Колпакова, О. С. Веселкина, Т. Д. Власов // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2013. №8. С. 889–900.
2. Бибарцева Е. В. Изучение свойств и функций креатинфосфата / Е. В. Бибарцева, А. С. Севрюкова // Наука в XXI веке: Инновационный потенциал развития. 2020. С. 6–10.
3. Арансон М. В. Применение креатинсодержащих БАД в спорте: новые исследования / М.В. Арансон, А.А. Сорокин // ВНИИФК. С. 36–40.
4. Стогов М. В. Креатин в спортивном питании и клинической практике. Новые данные / М. В. Стогов, Н. Д. Нененко, Р. В. Кучин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 4. С. 25–30.
5. Колпакова М. Э. Креатин в метаболизме клетки и его защитное действие при ишемии мозга/ М. Э. Колпакова, О. С. Веселкина, Т. Д. Власов // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2013. №8. С. 889–900.
6. Амосова Т. А., Громов М. М., Савельев Д. С. Оценка безопасности применения креатина // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. 2018. Т. 2. С. 368–371.
7. Шигина Е. С. Функциональная добавка креатина в спорте / Е. С. Шигина, А. Р. Баскова, И. С. Полянская // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. 2019. С. 11–16.
8. Диниколантонио Дж. Дж. L-карнитин для вторичной профилактики сердечнососудистых заболеваний: систематический обзор литературы и метаанализ / Дж. Дж. Диниколантонио, К. Дж. Лави, Х. Фарес, А.Р. Менезес, Дж. Х. Окиф // РМЖ. 2013. №12. С. 1–8.
9. Аронов Д. М. Реалии и перспективы применения L-карнитина в кардиологии / Д. М. Аронов // Российский кардиологический журнал. 2013. №5 (103). С. 73–80.
10. Балыкова Л. А. Обоснование использования L-карнитина в спортивной медицине / Л. А. Балыкова, О. М. Солдатов, Л. А. Ивянский, О. В. Ферапонтова // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2010. №10. С. 90–97.
11. Попова Т. Е. Современные подходы к применению карнитина в клинической медицине / Т. Е. Попова, З. П. Андросова, Н.В. Борисова // Дальневосточный медицинский журнал. 2006. С. 17–19.
12. Дамброва М. Карнитин как маркер атеросклероза и других рисков развития сердечно-сосудистых заболеваний / М. Дамброва, М. Макрещкая, Р. Вилшкертстс, Я. Кука, Э. Лиепиньш // Кардиология (Kardiologija). 2014. №7. С. 91–96.
13. Мохорт Т. В. Потенциальная роль L-карнитина при сахарном диабете / Т. В. Мохорт // «Cardiology in Belarus». 2015. № 6 (43). С. 120–130.

14. Баймеева Н. В. L-карнитин в свете психоневрологических заболеваний / Н. В. Баймеева, С. Н. Птицина, И. И. Мирошниченко // Психиатрия. 2016. №3. С. 92–97.

QSAR моделирование ингибиторов HDAC2

Тиньков О. В.¹, Люленова В. В.¹, Самко Г. Н.¹, Григорьева Л. Д.², Григорьев В. Ю.³

1 – Приднестровский Государственный Университет имени Т. Г. Шевченко, г. Тирасполь, Молдова

2 – Московский Государственный Университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

3 – Институт физиологически активных веществ Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук, г. Черноголовка, Россия
ovttiras@yandex.ru

Гистондеацетилазы (Histone deacetylases, HDAC) являются группой металлоферментов, играющих важнейшую роль в регуляции транскрипции. HDAC модулируют структуру хроматина посредством удаления ацетильной группы ϵ -N-ацетиллизина гистонов. Среди известных восемнадцати гистондеацетилаз высокую значимость проявляет гистондеацетилаза 2 (Histone deacetylase 2, HDAC2), уровень экспрессии которой заметно повышается при раке груди, желудка, шейки матки и колоректальном раке. HDAC2 также вовлечена в такие патологические процессы как болезнь Альцгеймера, деменция, когнитивные нарушения, ишемия сердца.

Пан-HDAC ингибиторы в настоящее время успешно применяются для лечения гематологических злокачественных новообразований, однако они проявили низкую эффективность и высокую токсичность при борьбе с солидными опухолями, например, такими как рак предстательной железы, несмотря на сверхэкспрессию HDAC при данном виде онкологии [1]. В этой связи значительное внимание уделяется разработке селективных ингибиторов HDAC2 [2].

В связи с ростом сложности поиска селективных ингибиторов HDAC2 значительное внимание привлекают методы «Количественной Связи Структура – Активность» (QSAR), оказывающие значительную помощь в снижении как финансовых, так и временных затрат при разработке терапевтических агентов [3]. Принимая во внимание актуальность создания селективных ингибиторов HDAC2 рядом исследователей разработаны [3-6] удовлетворительные регрессионные QSAR модели, описывающие влияние структуры химических соединений на их способность ингибировать HDAC2. При разработке вышеуказанных моделей использованы обучающие наборы от 20 до 92 производных гидроксамовой кислоты, при этом в обучающие наборы не включены другие известные классы ингибиторов HDAC – циклические пептиды, алифатические кислоты и бензамиды. Вышеуказанное обстоятельство значительно ограничивает химическое пространство описываемых моделей и не позволяет проводить виртуальный скрининг структурно разнообразных соединений в целях поиска перспективных ингибиторов HDAC2. Применяемые в большинстве существующих QSAR моделей регрессионные методы анализа данных (MLR, PLS) могут давать хорошие результаты только при наличии линейной связи между структурой и активностью. Один из способов преодоления вышеуказанного недостатка регрессионного анализа заключается в использовании непараметрических методов, в частности, различных методов машинного обучения (machine learning, ML). Учитывая актуальность разработки новых ингибиторов HDAC2 в качестве многофункциональных терапевтических агентов целью данного исследования явилась создание адекватных регрессионных QSAR моделей ингибиторов HDAC2 на основе представительной обучающей выборки, включающей соединения разнообразных химических классов, с применением разнообразных методов машинного обучения.

Для QSAR моделирования была сформирована выборка соединений из базы данных ChEMBL (<https://www.ebi.ac.uk/chembl/>) с известными экспериментальными значениями IC_{50} в отношении HDAC2 (Target ChEMBL ID: ChEMBL1937). При формировании выборки в нее включались только те записи, для которых поля «pChEMBL Value» и «Smiles» имели фактические значения. Полимеры, смеси, соединения в солевой форме не включались в общую выборку. Экспериментальные значения активности, выраженные с помощью концентрации полумаксимального ингибирования (IC_{50} , nM), были сконвертированы в отрицательный десятичный логарифм данной величины (pIC_{50}), который наиболее общепринят в QSAR исследованиях и используется в случаях, когда линейный рост концентрации вызывает экспоненциальный рост эффекта, по формуле: $pIC_{50} = -\log_{10}(IC_{50})$. Для соединений, имеющих два и более экспериментальных значений pIC_{50} , вычислялось среднее и стандартное отклонение. В выборку с рассчитанными средним значением активности включали только те соединения, для которых стандартное отклонение pIC_{50} в логарифмических величинах не превышало 0,5, в соответствии с предложенным ранее подходом обработки дубликатов химических соединений [7]. С целью оценки предсказательной способности QSAR моделей, первоначальную общую выборку разделяли на обучающий (ws) и тестовый (ts) наборы. Для этого общий набор соединений упорядочивали по возрастанию pIC_{50} и каждое пятое соединение помещали в тестовый

набор. Исходя из этого, обучающий набор представлен 1288 соединениями, тестовый набор – 323 соединениями. Далее, с помощью библиотеки RDKit на языке программирования Python, обучающую и тестовую выборку сохраняли в виде файлов с расширением sdf. Примененный оригинальный алгоритм обработки информации базы данных ChEMBL в виде файла программы Jupyter Notebook, а также обучающая и тестовая выборки в виде файлов с расширением sdf представлены в свободном доступе на ресурсе github по адресу https://github.com/ovttiras/HDAC2_inhibitors.

Для описания молекулярной структуры использовали дескрипторы Morgan fingerprints (MF) с радиусом 2 и длиной 1024 бита, Topological fingerprints (TF) со значениями по умолчанию, а также 2D RDKit дескрипторы. Оба типа дескрипторов рассчитывались с помощью библиотеки RDKit (<https://www.rdkit.org/docs/index.html>) на языке программирования Python. Для построения моделей использовали библиотеку scikit-learn (<https://scikit-learn.org/stable/>), при этом применяли методы случайного леса (Random Forest, RF), опорных векторов (Support Vector Machine, SVM), гиперпараметры которых автоматически настраивались с помощью модуля GridSearchCV, также реализованного в scikit-learn. Для оценки устойчивости моделей была использована пятикратная внутренняя кросс-валидация (5-fold cross validation, CV). Для валидации QSAR моделей также применяли метод у-рандомизации с 100 итерациями, реализованный в модуле permutation_test_score библиотеки scikit-learn. Вхождение соединений контрольной выборки в область применимости (Applicability Domain, AD) рассчитывали с помощью «расстояния сходства» (similarity distance). Считается, что соединение контрольной выборки принадлежит области применимости QSAR модели, если его расстояние сходства не превышает порогового значения D_c , вычисляемого по формуле (1):

$$D_c = Z\sigma + \bar{y} \quad (1)$$

где: \bar{y} и σ – это, соответственно, среднее значение и стандартное отклонение величин евклидова расстояния в химическом пространстве дескрипторов между всеми объектами из обучающей выборки и их ближайшими соседями в ней; Z – константа, которая, как правило, принимается равной 0.5.

Качество прогнозов на основе QSAR моделей оценивалось коэффициентом детерминации (Q^2):

$$Q^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - y_{\text{mean}})^2} \quad (2),$$

а также среднеквадратичной ошибкой (RMSE):

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}{m-1}} \quad (3),$$

где y_i – наблюдаемое значение активности для i -го соединения, \hat{y}_i – предсказанное значение активности для i -го соединения, y_{mean} – среднее значение наблюдаемой активности, m – количество соединений в выборке. Расчет Q^2 и RMSE также проводили с помощью библиотеки scikit-learn.

Уровень отсутствия случайной корреляции при построении QSAR моделей в рамках процедуры у-рандомизации оценивали с помощью коэффициентом детерминации Q^2_{rand} , рассчитанного по формуле (2) а также p -value. Согласно [8], если p -value достаточно мало, обычно ниже определенного порога (например, 0,05), можно утверждать, что в исследуемой закономерности, описанной разработанной моделью, отсутствует случайная корреляция.

Результаты QSAR моделирования представлены в таблице 1. Все разработанные модели имеют удовлетворительные статистические характеристики и обладают сопоставимой предсказательной способностью. Приведенные в таблице 1 значения p -value указывают на отсутствие случайной корреляции в предлагаемых QSAR моделях. В область применимости TF- SVM вошло 240 соединений, MF-RF модели – 243 соединения, RDKit-RF – 321 вещество. Разработанные QSAR модели находятся в свободном доступе по ссылке https://github.com/ovttiras/HDAC2_inhibitors и могут быть использованы для виртуального скрининга. С помощью библиотеки «SHAP» на языке программирования Python (<https://github.com/slundberg/shap>) нами была проведена оценка важности дескрипторов при построении QSAR моделей с использованием RDKit дескрипторов. Оценка важности признаков в библиотеке «SHAP» рассчитывается с использованием значений Шепли. Из представленных на рисунке 1 результатов проведенного анализа можно отметить, что значительное влияние оказывают дескрипторы SMR_VSA3, fr_NH1, BCUT2D_CHGHI. Дескриптор SMR_VSA3 рассчитывается как часть ван-дер-ваальсовой поверхности, внутри которой молекулярная рефракция, рассчитанная по методу Crippen-Wildman, находится в интервале 1.82 – 2.24. Дескриптор fr_NH1 характеризует количество вторичных аминов в молекуле. Дескриптор BCUT2D_CHGHI относится к группе дескрипторов BCUT, которые были созданы для кодирования как топологии, так и различных физико-химических свойств атомов. Эти дескрипторы базируются на модифицированной матрице Бюрдена, в ко-

торой диагональные элементы описывают заряд атома, величины, связанные с поляризуемостью атома, а также способность к образованию водородных связей. Недигональные элементы этой матрицы учитывают топологические и геометрические расстояния между атомами. Шесть (или восемь) значений, соответствующих максимальным и минимальным собственным значениям этих матриц, являются дескрипторами BCUT. В частности, дескриптор BCUT2D_CHGHI оценивает заряды атомов по методу Gasteiger.

Таблица 1

Статистические характеристики разработанных QSAR моделей

Дескрипторы	Метод	Обучающая выборка, 5-fold CV				Тестовая выборка			
		Q ²	RMSE	Q ² _rand	p-value	Все соединения		Только вошедшие в AD	
						Q ²	RMSE	Q ²	RMSE
TF	SVM	0.59	0.72	-0.33	0.0099	0.62	0.70	0.69	0.66
MF	RF	0.58	0.72	-0.16	0.0099	0.60	0.70	0.67	0.66
RDKit	RF	0.52	0.75	-0.11	0.0099	0.58	0.73	0.59	0.73

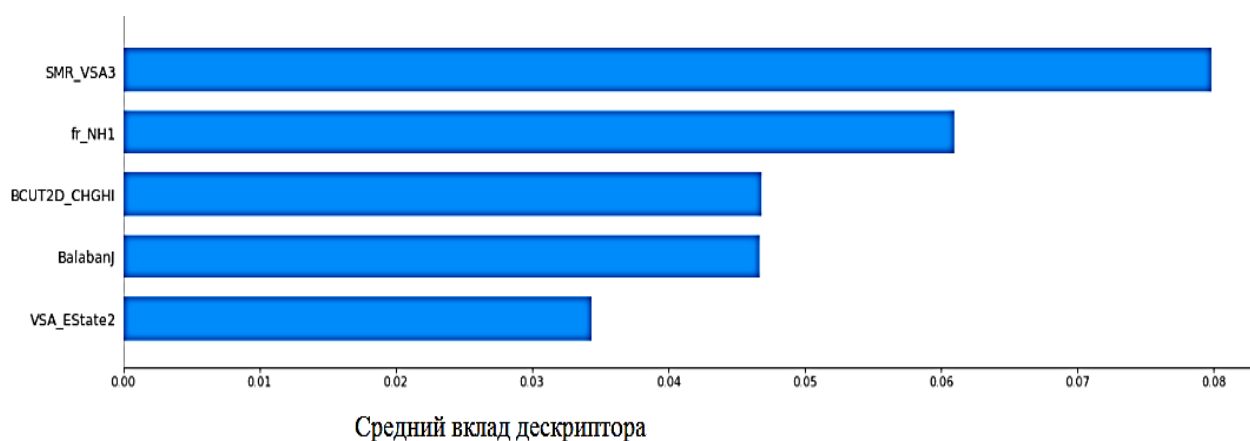


Рис. 1. ТОП-5 наиболее значимых RDKit дескрипторов при построении QSAR модели с помощью метода RF

В ходе проведения вычислительных экспериментов с применением концептуально различных методов машинного обучения и молекулярных дескрипторов были созданы адекватные регрессионные QSAR модели ингибиторов HDAC2. Для QSAR модели, построенной с использованием RDKit дескрипторов, проведена интерпретация, в ходе которой выявлены наиболее значимые молекулярные дескрипторы. Результаты интерпретации могут быть учтены при проведении рационального молекулярного дизайна. Предложенные QSAR модели могут быть успешно использованы для разработки селективных ингибиторов HDAC2 в рамках проведения виртуального скрининга химических библиотек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rana Z., Diermeier S., Hanif M., Rosengren R.J. Understanding Failure and Improving Treatment Using HDAC Inhibitors for Prostate Cancer // *Biomedicines*. 2020. Vol. 30. P. 22.
2. Shetty M. G., Pai P., Deaver R. E., Satyamoorthy K., Babitha, K. S. Histone deacetylase 2 selective inhibitors: A versatile therapeutic strategy as next generation drug target in cancer therapy // *Pharmacological research*. 2021. Vol. 170. P. 105695.
3. Зефилов Н.С., Зефилова О.Н. Рациональный дизайн лекарств // *Химия и Жизнь*. 2004. № 11. С. 6–9.
4. Yadav V., Banerjee S., Baidya S.K., Adhikari N., Jha T. Applying comparative molecular modelling techniques on diverse hydroxamate-based HDAC2 inhibitors: an attempt to identify promising structural features for potent HDAC2 inhibition // *SAR QSAR Environ Res*. 2022. Vol. 33. P. 1–22.
5. Kandakarla N., Ramakrishnan G. Ligand Based Pharmacophore Modeling and Virtual Screening Studies to Design Novel HDAC2 Inhibitors // *Advances in bioinformatics*. 2014. Vol. 2014. P. 812148.
6. Noor Z., Afzal N., Rashid S. Exploration of Novel Inhibitors for Class I Histone Deacetylase Isoforms by QSAR Modeling and Molecular Dynamics Simulation Assays // *PloS one*. 2015. Vol.10. P. 0139588.
7. Zakharov A.V., Zhao T., Nguyen D.T., Peryea T., Sheils T., Yasgar A., Huang R., Southall N., Simeonov A. Novel Consensus Architecture To Improve Performance of Large-Scale Multitask Deep Learning QSAR Models // *J Chem Inf Model*. 2019. Vol. 59. P. 4613–4624.
8. Ojala M., Garriga G. C. Permutation Tests for Studying Classifier Performance // *Journal of Machine Learning Research*. 2010. Vol. 11. P. 1833–1863

Количественное определение кумаринов в растительном сырье

Руты душистой (*Ruta graveolens*)

Уранова В. В., ассистент, Близняк О. В., студ. 4 курса, Лепёхина И. Е., студ. 3 курса

Науч. рук. – Мажитова М. В., д-р биол. наук, доц.

ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, г. Астрахань
fibi_cool@list.ru

Кумарины содержат в себе значительный класс фармакологических агентов, обладающих рядом различных физиологических активностей, включая антиоксидантную, противораковую, противовоспалительную, антикоагулянтную, антибактериальную и обезболивающую [1]. Поэтому этот класс соединений представляет большой интерес для изучения и получения фармакологически активных веществ, которые могут быть использованы для создания новых лекарственных препаратов в терапии ряда заболеваний.

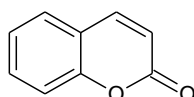


Рис. 1. Структура кумарина

Кумарины представляют собой полифенольные соединения (рис. 1), принадлежащие к группе оксигенированных гетероциклических соединений, которые имеют множество различных структур [2] (рис 2).

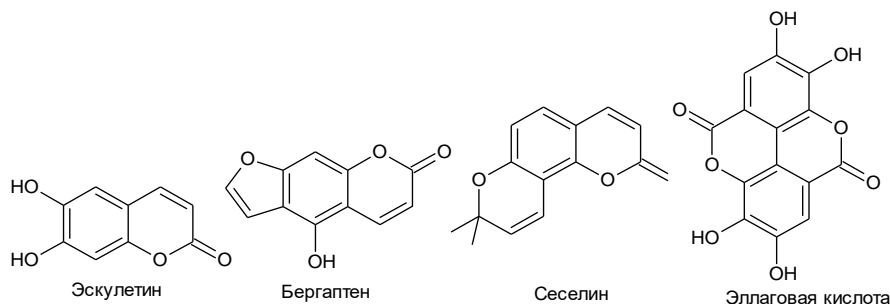


Рис. 2. Представители кумаринов – класса природных органических соединений

Кумарин (1,2-бензопиран или 2H-1-бензопиран-2-он) и его производные являются природными соединениями, находящимися в растениях в виде гетерозидов или в свободной форме. На сегодняшний день известно более 800 природных производных соединений кумарина, которые локализуются в семенах, корнях и листьях многих видов растений [3]. Данные соединения в последние годы стали интересными для изучения в различных областях медицины за счет их широкого спектра биологической активности.

Помимо медицинского применения, кумарины также используются в косметической, агрохимической промышленности и в качестве оптических отбеливателей [1, 3]. Благодаря этому, поиск новых растительных источников кумаринов является одной из первостепенных задач современной медицинской и химической наук.

Одним из приоритетных растений для изучения является рута душистая (*Ruta graveolens*), которое широко культивируется на территории Астраханской области. Данное растение относится к семейству Рутовых (*Rutaceae*) и является многолетним. Оно с древних времен входит в число ключевых растений европейской фармакопеи и применяется в качестве спазмолитика при лечении головной боли, невралгий и бессонницы. Кроме того, *Ruta graveolens* активно используется в современной народной медицине для лечения различных заболеваний, таких как эпилепсия, ревматизм, дерматит, катаракта и невроты, различной этиологии [4]. Согласно литературным данным, рута душистая имеет богатый фитохимический состав, который включает следующие группы соединений: алкалоиды, кумарины, дубильные вещества, терпеноиды, гликозиды, флавоноиды, эфирные масла и фурухинолины [5].

В связи с вышесказанным, целью работы явилось проведение определения содержания кумаринов в растительном сырье *Ruta graveolens*, культивируемом на территории Астраханской области.

В качестве объекта анализа было использовано культивируемое растительное сырье (надземная и подземная части) *Ruta graveolens*, собранное на третий год жизни растения и заготовленное на территории Астраханской области. Заготовка сырья осуществлялась в начале периода цветения (начало июля 2022 г.). Сушка, заготовка и хранение осуществлялись по общей фармакопейной статье (ОФС) 1.5.1.0001.15 «Лекарственное растительное сырье». Показатель влажности определяли гравиметрическим методом по спо-

собу отгонки согласно методике, указанной в ОФС.1.5.3.0007.15 «Определение влажности лекарственного растительного сырья». Содержание общей золы и золы, нерастворимой в 10% хлороводородной кислоте находили согласно ОФС.1.2.2.2.0013.15 «Зола общая» и 1.5.3.0005.15 «Зола, нерастворимая в хлористоводородной кислоте» гравиметрическим методом [6]. Количественное определение кумаринов в пересчете на псорален [7, 8] определяли методом спектрофотометрии в УФ-области в соответствии с требованиями 1.2.11.0003.15 ОФС «Спектрофотометрия в ультрафиолетовой и видимой областях». Статистическая обработка была проведена, следуя ОФС 1.1.0013.15 «Статистическая обработка результатов химического эксперимента» [6] с использованием функциональных возможностей программного пакета «Statistica 10». Результаты определения фитохимического состава представлены в виде $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$ доверительного интервала среднего. Различия между содержанием кумаринов в надземной и подземной частях оценивали с помощью непараметрического анализа сравнения совокупностей по количественным признакам критерия Манна-Уитни. Различия между показателями групп признавались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Авторами проведено определение содержания кумаринов в растительном сырье руты душистой, культивируемой на территории Астраханской области с целью выявления его рентабельности в качестве потенциального источника кумаринов. Содержание показателей определяли в лабораторных условиях в пяти повторениях. Результаты, проведенного анализа растительного сырья *Ruta graveolens*, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Содержание основных показателей растительного сырья *Ruta graveolens*

Показатель	Содержание ($\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$), %	
	Надземная часть растения	Подземная часть растения
Влажность, %	10,8±0,45	6,4±0,39
Зола общая, %	5,3±0,21	7,2±0,29
Зола, нерастворимая в HCl, %	1,1±0,05	1,3±0,08
Кумарины (в пересчете на псорален), %	0,2±0,01	0,3±0,01*

* – достоверность различий содержания кумаринов в надземной части относительно подземной * – при $p < 0,05$.

Согласно данным таблицы 1, содержание влажности, золы общей и золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте соответствуют требованиям ОФС.1.5.1.0001.15 «Лекарственное растительное сырье». Относительная ошибка результатов определения всех указанных показателей не превысила 10%. Кроме того, относительное содержание суммы кумаринов в надземной части составило 0,2±0,01 %, а в подземной 0,3±0,01 % соответственно. Содержание кумаринов в подземной части статистически значимо отличаются от надземной, что свидетельствует о том, что для более подробного изучения необходимо использовать именно данную часть растения.

Исходя из полученных результатов, можем сделать вывод о том, что растительное сырье (надземная и подземные части) *Ruta graveolens* являются источниками кумаринов. В подземной части изученного сырья содержание кумаринов выше, чем в надземной, о чем свидетельствуют данные таблицы 1. Проведенное исследование представляет не только научный интерес, но и имеет практическое значение для различных областей медицинской науки. Данные, полученные в проведенном исследовании, характеризуют потенциальную возможность дальнейшего изучения растительного сырья руты душистой, как растения, которое может быть рекомендовано, как источник кумаринов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев В. Н. Кумарины ириса болотного (*Iris pseudacorus* L.) / В. Н. Ковалев, О. А. Михайленко, С. В. Ковалев // Химия растительного сырья. 2013. № 3. С. 201–205.
2. Федосеева Л. М. Разработка методики количественного определения суммы кумаринов в донника лекарственного траве (*Melilotus officinalis* L.) / Л. М. Федосеева, Т. А. Харлампович // Химия растительного сырья. 2012. № 3. С. 135–141.
3. Антикompульсивные эффекты новых производных кумарина у крыс / Б. Б. Далиев, Е. Р. Бычков, Л. В. Мызников [и др.] // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2021. Т. 19. № 3. С. 339–344.
4. Кароматов И. Д. Рута душистая перспективное лекарственное растение / И. Д. Кароматов, С. С. Мавлонов // Биология и интегративная медицина. 2018. № 6(23). С. 136–151.
5. Fadlalla K. *Ruta graveolens* extract induces dna damage pathways and blocks akt activation to inhibit cancer cell proliferation and survival / K. Fadlalla, A. Watson, T. Yehualaeshet et al. // Anticancer Res. 2011. 31. P. 233–241.
6. Государственная фармакопея XIV издание. – 2018. – Режим доступа: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>, свободный (дата обращения 25.09.2022).
7. Гринкевич Н. И. Химический анализ лекарственных растений: Учебное пособие для фармацевтических вузов / Н. И. Гринкевич, Л. Н. Сафронич, М. Я. Ладыгина и др.: М: Высшая школа, 1983. 176 с.
8. Попов А. И. Определение кумаринов в корнях *Heaacleum sosnowskyi* методом спектрофотометрии / А. И. Попов, П. О. Барина // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. 2017. № 2(39). С. 32–33.

Тонкослойная хроматография в анализе фармакопейных растений: проблемы и перспективы

Фархутдинов А. А., Халиуллина А. С.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань,
anela_90@mail.ru

На сегодняшний день основные методы, используемые в контроле качества лекарственного растительного сырья (ЛРС), базируются на различных физико-химических явлениях, включая поглощение и испускание света в спектроскопии, а также разделение веществ за счет их распределения между двумя фазами в хроматографии. Хроматографические методы анализа играют ключевую роль в фармакопейном анализе сырья, активных фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов на основе ЛРС. Самым популярным хроматографическим методом является тонкослойная хроматография, в первую очередь, по причине простоты исполнения анализа, низкой стоимости и универсальности по отношению к различным классам биологически активных веществ (БАВ). [1]

В тонкослойной хроматографии разделение осуществляется в результате движения анализируемых веществ в тонком слое (неподвижной фазе), растворенных в растворителе или соответствующей смеси растворителей (подвижная фаза, элюент). При разделении вещества образуют на поверхности сорбента зоны адсорбции в виде пятен (круглых или эллипсовидных) или полос. Стационарная фаза – это нанесенный слой сорбента на поверхность пластинки, которая, в свою очередь, представляет собой твердую подложку (стеклянную, металлическую или полимерную). В качестве сорбента для тонкослойной хроматографии чаще всего используют алюминия оксид, модифицированный и немодифицированный силикагель, модифицированная и немодифицированная целлюлоза. На нижний край пластинки микропипеткой (микрошприцом) наносят раствор разделяемой пробы. Подвижная фаза движется по стационарной фазе за счет капиллярных сил. В последующем, разделенные компоненты остаются внутри стационарной фазы. [1,2,3,4]

Несмотря на популярность метода тонкослойной хроматографии в фармакопейном анализе ЛРС, при воспроизведении аналитических методик возникает ряд проблем, связанных, в первую очередь, с недостаточным разделением БАВ ЛРС. Также результаты хроматографического анализа часто зависят от трудно контролируемых условий внешней среды: пластина может быть загрязнена в процессе нанесения проб, влажность воздуха влиять на состояние сорбентов и другие.

Целью работы является изучение хроматографических методик анализа биологически активных веществ фармакопейных видов на примере сырья, содержащего фенилпропаноиды в качестве ведущих групп биологически активных соединений.

Для решения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить нормативную документацию по современному состоянию применения тонкослойной хроматографии при анализе качества лекарственного растительного сырья.

2. Проанализировать аналитические методики раздела «Определение основных групп биологически активных веществ» частных фармакопейных статей на траву Melissa лекарственной (*Melissae officinalis herba*) и траву Эхинацеи пурпурной (*Echinaceae purpureae herba*).

3. Выделить основные проблемы воспроизводимости хроматографических методик анализа и возможные пути решения.

4. Оценить перспективы использования метода тонкослойной хроматографии в анализе качества фармакопейных видов лекарственного растительного сырья.

В рамках исследования были проанализированы общие (ОФС.1.2.1.2.0003.15 «Тонкослойная хроматография») и частные фармакопейные статьи (на виды ЛРС) Государственной Фармакопеи XIV издания, регламентирующие проведение анализа качества ЛРС методом тонкослойной хроматографии, а также современные публикации по разработке хроматографических методик на фармакопейные виды ЛРС. [4]

Детальный разбор хроматографических методик с экспериментальным воспроизведением каждой из них проводился для фармакопейных видов ЛРС – травы Melissa лекарственной (*Melissae officinalis herba*) и травы Эхинацеи пурпурной (*Echinaceae purpureae herba*). Проведение хроматографического анализа для вышеперечисленных объектов исследования регламентируется частными фармакопейными статьями ФС.2.5.0084.18 «Melissa лекарственной трава», ФС.2.5.0055.15 «Эхинацеи пурпурной трава». [5]

ОФС.1.2.1.2.0003.15 «Тонкослойная хроматография» Государственной Фармакопеи XIV издания регламентирует общие правила использования данного метода в анализе ЛРС, а именно:

1. Перечень основных приборов и материалов.

2. Хроматографические пластинки, их параметры, использование корректных сорбентов, предварительной подготовки, подходящие для данного метода.

3. Характеристики и параметры хроматографических камер.
4. Критерии для элюента и способы нанесения пробы.
5. Виды, используемые в данном методе анализа: восходящую и горизонтальную.
6. Способы детектирования зон адсорбции после проведения качественной и полуколичественной ТСХ.
7. Испытание на посторонние примеси с помощью метода тонкослойной хроматографии.
8. Количественные измерения с помощью метода тонкослойной хроматографии [4].

Частные фармакопейные статьи на виды ЛРС регламентируют выбор стандартных образцов (СО) для анализа, хроматографической пластинки с определенными параметрами и сорбентом, смеси элюентов, подготовку аналитической пробы из ЛРС, способы детектирования зон адсорбции. На сегодняшний день метод тонкослойной хроматографии применяется в 95 из 107 фармакопейных статей на ЛРС. Также следует отметить, что в частных фармакопейных статьях на ЛРС метод тонкослойной хроматографии встречается чаще всего для качественного определения БАВ сырья. [5]

Особое внимание при разработке хроматографических методик уделяется подходам к детектированию БАВ сырья. Согласно Государственной Фармакопее XIV издания детектирование зон адсорбции реализуется в следующих вариантах:

1. Опрыскивание растворами обнаруживающих реагентов.
2. Выдерживание в парах обнаруживающего реагента.
3. Погружение в растворы обнаруживающих реагентов с использованием для этих целей специальных камер.
4. В видимом и ультрафиолетовом свете (при определенной длине волны) [4].

Последний вариант детектирования особо актуален для БАВ ЛРС ввиду того, что многие природные соединения обладают свойством флуоресценции, а также могут образовывать флуоресцирующие продукты химических реакций с флуорохромами.

На следующем этапе исследования проводили детальный разбор и воспроизведение хроматографических методик на примерах травы мелиссы лекарственной (*Melissae officinalis herba*) и травы эхинацеи пурпурной (*Echinaceae purpureae herba*). Хроматографический анализ травы мелиссы лекарственной предполагает элюирование проб испытуемого и СО (лютеолин-7-О-глюкозида и хлорогеновой кислоты) в системе растворителей хлороформ – спирт 96 % – вода (26:16:3), восходящим способом. Детектирование пластин проводится в УФ-свете при длине волны 366 нм, а также опрыскиванием обнаруживающим агентом (раствором диазореактива). При опрыскивании раствором диазореактива зоны адсорбции полифенольных соединений окрашиваются в коричневый цвет, что визуально демонстрирует завершение реакции образования азокрасителя на пластине. В свою очередь хроматографический анализ травы эхинацеи пурпурной предполагает элюирование проб испытуемого и СО (цикориевая кислота) в системе растворителей хлороформ – спирт 96 % – вода (26:16:3), восходящим способом. Детектирование пластин проводится в УФ-свете при длине волны 254 нм. [5]

В ходе исследования был выявлен ряд проблем воспроизводимости методик хроматографического анализа. Во-первых, экспериментально при воспроизведении хроматографических методик было обнаружено неразделение БАВ по площади элюирования соединений. На примере травы мелиссы лекарственной, наблюдается «размывание» зоны адсорбции хлорогеновой кислоты (голубая флуоресценция на пластине в УФ-свете) от линии старта до R_f около 0.5, а также недостаточное разделение иных зон адсорбции, прежде всего флавоноидов (желто-зеленая флуоресценция) в зоне R_f около 0.8. После опрыскивания раствором диазореактива видна недостаточная чувствительность пробы с хлорогеновой кислотой. Аналогичная ситуация наблюдалась при хроматографировании аналитической пробы травы мелиссы лекарственной на примере доминирующего фенилпропаноида – цикоревой кислоты.

Также на примере травы мелиссы лекарственной продемонстрирован выбор СО для анализа, не соответствующей ведущей группе БАВ данного вида ЛРС. Трава мелиссы лекарственной относится к категории эфиромасличных видов ЛРС. Однако, но при этом в качестве СО используются доминирующие в смеси веществ флавоноиды (лютеолин-7-О-глюкозид) и фенилпропаноиды (хлорогеновая кислота) соответственно. Терпены в качестве СО в методике не предложены.

В целом в ходе исследования были обнаружены следующие основные проблемы воспроизводимости хроматографических методик анализа:

1. Недостаточное разделение соединений растительного сырья по площади элюирования и как следствие неточные расчеты зон адсорбции ведущих групп БАВ ЛРС.
2. Зависимость результатов анализа от условий среды таких как, загрязнение пластины в процессе нанесения пробы, относительная влажность воздуха, температура, атмосферное давление. Все перечисленные факторы, прежде всего, являются трудноконтролируемыми и влияют на точность и эффективность применяемого метода.

3. Несоответствие подобранных СО фитохимическому составу ЛРС, в частности ведущим группам БАВ сырья.

На сегодняшний день одним из направлений решения первых двух проблем хроматографического анализа фармакопейных видов ЛРС рассматривается автоматизация процесса хроматографирования. Ручной процесс совершения действий (нанесение пробы микропипеткой на линию старта пластинки, элюирование, детектирование) не только занимают большое время анализа, но и не исключают системных ошибок анализа. В настоящее время автоматизировать метод тонкослойной хроматографии позволяет использовать прибор швейцарской фирмы *CAMAG (Chemie-Erzeugnisse und Absorbtiotechnik AG)*". Приборная база позволяет автоматизировать процесс от нанесения пробы до документирования полученных в ходе анализа хроматограмм. Дополнительно для повышения качества проведения хроматографического анализа во всем мире проводятся исследования по автоматическому вычислению зон адсорбции с применением программ искусственного интеллекта.

Полученные в ходе исследования результаты показали, что метод тонкослойной хроматографии является основным методом фармакопейного анализа растительного сырья, особенно с точки зрения качественного обнаружения БАВ в ЛРС. Однако на сегодняшний день существует необходимость пересмотра методик хроматографического анализа, так как не всегда удается разделить соединения по всей площади элюирования. Также особое внимание при разработке методик тонкослойной хроматографии для конкретных видов ЛРС следует уделять выбору СО, соблюдая правила ведущих групп БАВ фитохимического состава ЛРС.

Перспективы использования метода тонкослойной хроматографии сводятся к автоматизации метода и полной замене тонкослойной хроматографии на высокоэффективную тонкослойную хроматографию для рутинных анализов лабораторий. Полная автоматизация хроматографирования повысит эффективность разделения, а также снизит пределы обнаружения действующих веществ сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бёккер Ю. Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза. – М.: Техносфера, 2009. — 472 с.
2. Пругло Г. Ф., Фёдорова О. В., Смит Р. А. Хроматографические методы анализа: учебное пособие. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2017. 85 с.
3. Шаповалова Е. Н., Пирогов А. В. Хроматографические методы анализа: методическое пособие. М.: МГУ. 2007. 109 с.
4. Государственная фармакопея Российской Федерации / МЗ РФ. XIV изд. Т.1. Москва, 2018. 1814 с.
5. Государственная фармакопея Российской Федерации / МЗ РФ. XIV изд. Т.4. Москва, 2018. 7019 с.

Влияние диспергирования сырья крапивы двудомной на количественное содержание витаминов

Федотова А. М., студ. 5 курса, Кадыров Ы., студ. 5 курса

Науч. рук. – Андреева В. В., канд. хим. наук, доцент

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары
asyafedotova00@gmail.com

Метаболом растений является совокупность всех первичных и вторичных метаболитов и может рассматриваться как результат реализации генетической информации, «связующее звено» между генотипом и фенотипом. Химический состав большинства лекарственных растений и получаемых на их основе лекарственных растительных препаратов, представляющих собой многокомпонентные извлечения, не всегда известен полностью. Метаболическое профилирование таких составов и изучение методов их стандартизации помогает получить убедительные научные доказательства и повысить их признание научным сообществом и потребителями [1].

Крапива двудомная (*Urtica dioica L.*) – одно из ценных растений, имеющее широкий ареал распространения [2]. Принадлежит к семейству Крапивные – *Urticaceae Juss.* Стебель полый, прямой, констистенция тарьянистая. На поверхности всей надземной части находится множество жгучих волосков. Листья расположены супротивно, яйцевидно-сердцевидные, цельные, темно-зеленого цвета. Край листа крупнозубчатый. Растение двудомное. Соцветия пазушные, состоят только из тычиночных либо из пестичных цветков, поникающих сразу после цветения. Цветение начинается с середины июня и заканчивается осенью.

В медицине чаще всего используют листья, содержащие витамины К, В₂, В₃, Е и С, дубильные вещества, гликозид уртицин, кремний, воск, Мо, Se, а также большое количество каротиноидов. Известно также применение корней, семян.

Виды рода крапивы являются ценными пищевыми и лекарственными растениями, а также имеют важное хозяйственное значение. Листья этих растений, собранные во время цветения, используют в виде настоев при различных заболеваниях органов пищеварения, дыхательных путей, мочеполовой системы и кожных покровов в качестве кровоостанавливающего, противовоспалительного, бактериостатического, регенерирующего, иммуномодулирующего и противоопухолевого средства. В медицине зарубежных стран в качестве сырья крапивы используют траву [3].

Препаратам, полученным из листьев крапивы, свойственно повышать свертываемость крови, оказывать тонизирующее действие на гладкую мускулатуру кишечника и матки. Способ применения – внутрь при маточных, а также геморройных кровотечениях, используют также при нарушении менструаций. Используют настой как поливитаминное, тонизирующее средство [4].

Также сырье крапивы двудомной можно встретить в составе таких препаратов: «Аллохол», «Уртифиллин».

Для получения настоя из крапивы необходимо около 5 г (1 столовая ложка) поместить в стеклянную или эмалированную посуду, залить 100 мл (1/2 стакана) кипятка, накрыть и настаивать 15 мин. Фильтр-пакеты отжать, объем полученного настоя довести кипяченой водой до 100 мл.

Для получения более высокого выхода биологически активных веществ, необходимо подвергнуть сырье диспергированию. При диспергировании крапиву измельчают до более мелкой степени, чтобы увеличить поверхность контакта растительного материала с жидкостью. Это ускоряет процесс экстракции биологически активных веществ из крапивы.

Существует несколько способов диспергирования крапивы для приготовления настоя. Например, крапиву можно измельчить вручную, используя нож или ножницы, или с помощью специального инструмента, такого как измельчитель или блендер. Кроме того, крапиву можно растереть между руками или измельчить в ступке.

Стоит отметить, что для процесса очень важна температура воды. Она играет важную роль в процессе приготовления настоя из крапивы двудомной. Правильный режим температуры позволяет извлечь максимальное количество биологически активных веществ из крапивы.

Обычно для приготовления настоя из крапивы используют температуру около 80–90 градусов Цельсия. При такой температуре биологически активные вещества лучше растворяются в воде и происходит более эффективная экстракция. Кроме того, высокая температура помогает уничтожить микробы, которые могут находиться в растительном материале. Если температура слишком низкая, то настоем может получиться слабым и неэффективным. Однако, при повышенной температуре могут теряться некоторые витамины и другие биологически активные вещества, поэтому не рекомендуется нагревать настоем выше 100 градусов Цельсия. Также стоит учитывать, что при слишком высокой температуре настоем может стать горьким и иметь необычный вкус.

Кроме того, важно следить за временем экстракции. Обычно настоем из крапивы готовится в течение 15–20 минут. Перед употреблением настоем нужно процедить и охладить до комфортной температуры.

Следует отметить, что оптимальная температура зависит от конкретной цели приготовления настоя и может варьироваться в зависимости от того, какие биологически активные вещества необходимо извлечь. Например, для получения большего количества кремния (который, как уже было упомянуто, содержится в крапиве в значительных количествах) рекомендуется использовать более высокую температуру, так как при этом происходит лучшая экстракция этого элемента [5].

Материал для исследования был собран в Чебоксарском филиале Главного ботанического сада имени Н. В. Цицина Российской академии наук, расположенного в г. Чебоксары.

Аскорбиновая кислота определялась в листьях крапивы двудомной и в цветках ромашки аптечной. Количественное определение содержания аскорбиновой кислоты проводили титриметрическим методом, титрантом выступал натрий тиосульфат. Данный метод основан на способности аскорбиновой кислоты восстанавливать йод (I₂) и избыточно добавленный йод титруется натрий тиосульфатом в присутствии индикатора крахмал.

$$m = \frac{(V_{(т-та1)} \cdot C_{(т-та1)} - V_{(т-та2)} \cdot C_{(т-та2)}) \cdot M_{Э(в-ва)}}{1000}$$

где $C_{(т-та1)}$ – концентрация йода, моль/л; $C_{(т-та2)}$ – концентрация титранта (Na₂S₂O₃), моль/л; $V_{(т-та1)}$ – объем йода, мл; $V_{(т-та2)}$ – объем титранта (Na₂S₂O₃), мл; $M_{Э(в-ва)}$ – молярная масса эквивалента анализируемого вещества, г/моль; 1000 – перевод мг в г.

Количественное определение рутина проводили методом титрования с использованием индигокармина в качестве индикатора. Метод основан на способности рутина окисляться под действием перманганата калия, при этом в присутствии индигокармина раствор окрашивается в желтый.

$$X = \frac{3,2 * A * V_1 * 100}{V_2 * P * 1000}$$

где X – содержание витамина Р в продукте, %; 3,2 – стандартный скалярный коэффициент; А – количество титранта, мл; V₁ – объем, в котором растворена взятая для анализа проба, мл; 100 – сумма веществ для расчета в процентах, г; V₂ – объем раствора, взятого на титрование, мл; Р – проба, мг; 1000 – перевод мг в г [6].

Таблица 1

Содержание витаминов в крапиве двудомной (мг%)

БАВ	Бот. сад измельчение №1	Бот. сад измельчение №2
Рутин (Витамин Р)	0,038 ± 0,001	0,0217 ± 0,001
Витамин С	173,8 ± 2	123,2 ± 2

Примечание: Бот. сад измельчение №1 – этот образец был измельчен до 1 мм, а образец №2 до 7 мм.

В результате исследований в образце, который подвергся более высокому измельчению, количество витаминов превышает количество витаминов в образце, не подвергнутому диспергированию. Диспергирование крапивы двудомной увеличивает выход биологически активных веществ из растительного материала, что в свою очередь повышает полезные свойства настоя. Однако следует помнить, что чрезмерное измельчение крапивы может привести к тому, что в настое окажутся частицы растительного материала, что может ухудшить его вкус и текстуру. Поэтому важно подобрать оптимальный уровень диспергирования в зависимости от конкретного случая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлова А. А., Стругар Й., Штарк О. Ю., Жуков В. А., Лужанин В. Г., Повыдыш М. Н. Использование подходов метабономики в анализе лекарственных растений и фитопрепаратов (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2021. Т. 10. № 1. С. 97–105.
2. Коломиец Н. Э., Калинин Г. И., Сапронова Н. Н. Стандартизация листьев крапивы двудомной // Фармация. 2011. № 6. С. 22–24.
3. Ратахина Л. В. Противоопухолевая активность препаратов *Urtica dioica* L. в эксперименте / Л.В. Ратахина, В.Г. Пашинский // Растительные ресурсы. Л.: Наука, 1990. С. 234–239.
4. Балагозян Э. А. Фармакогностическое исследование корневищ с корнями крапивы двудомной *Urtica dioica* L.: автореферат дис. ... кандидата фармацевтических наук: 14.04.02. Э.А. Балагозян. Самара, 2017. 24 с.
5. Юдина Н. В., Иванов А. А., Лоскутова Ю. В., Писарева С. И., Буркова В. Н. Влияние параметров диспергирования крапивы двудомной (*Urtica dioica* L) на изменения степени измельчения, выходов и свойств экстрактивных веществ // Химия растительного сырья. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-parametrov-dispergirovaniya-krapivy-dvudomnoy-urtica-dioica-l-na-izmeneniya-stepeni-izmelcheniya-vyuhodov-i-svoystv> (дата обращения: 27.04.2023).
6. Алексеев В. Н. Количественное титрование. Москва, 1972.

Влияние санкций на лекарственное обеспечение госпитального и амбулаторного звена

Черешнева Н. Д.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Республиканский клинический госпиталь ветеранов войн, г. Йошкар-Ола
Natapharm@mail.ru

На сегодняшний день Россия переживает один из самых сложных периодов своего развития, исходя из угроз экономической безопасности страны [1]. Спецоперация российских войск на Украине повлекла наложение санкций ряда стран Евросоюза и США на Россию, что повлекло за собой массовый уход иностранных компаний с российского рынка [2]. Президент России В.В. Путин подписал Федеральный закон №64-ФЗ, направленный на регулирование обращения лекарственных препаратов и медицинских изделий в РФ в условиях санкций [3]. Данные нормы «позволят упростить и ускорить вывод на отечественный рынок необходимых медикаментов, а также минимизировать риски влияния антироссийских санкций на лекарственное обеспечение граждан».

Несмотря на то, что лекарственные препараты и медицинские изделия формально не подверглись экономическим санкциям, в действительности санкционные меры отразились на фармацевтическом рынке и конечных его потребителях. Лекарственные препараты, включенные в Перечень жизненно-необходимых и важнейших лекарственных препаратов (ЖНВЛП) подвергаются государственному регулированию цен на них. Ни дистрибьюторы, ни аптечные организации не вправе продавать лекарственные препараты по це-

нам выше предельно допустимых. Большинство лекарственных препаратов этого Перечня производится из импортных субстанций или в производстве используются импортные интермедиаторы (вещества, из которых синтезируются субстанции). При подорожании этих веществ возрастает себестоимость лекарственных препаратов. И если производство станет дороже себестоимости, лекарства могут просто исчезнуть с фармацевтического рынка [4].

По заявлению премьер-министра страны М.В. Мишустина трудности с поставками импортных лекарств из-за санкций против России носят временный характер. В настоящее время в России производится 77% международных непатентованных жизненно важных лекарственных препаратов [5].

Целью исследования стало проведение анализа ценовой политики на лекарственные препараты в условиях санкций, выявление дефектуры лекарственных препаратов на Российском рынке и установление возможной замены импортных препаратов российскими аналогами.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе Государственного бюджетного учреждения Республики Марий Эл «Республиканский клинический госпиталь ветеранов войн». Для анализа использовали данные договоров поставки лекарственных препаратов за 2021 год и данные прайса компании «Катрен» на середину марта 2022 года. Обработка полученных результатов проводилась в программе Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. Ежемесячный розничный аудит фармацевтического рынка РФ по данным DSM Group показал, что доля локализованных лекарственных препаратов (произведенных на территории России) в натуральных показателях составила 64,4% в феврале 2022 г. против 65,5% аналогичного периода 2021 года, а в стоимостном выражении 46,8% и 46,4% соответственно (рис. 1).

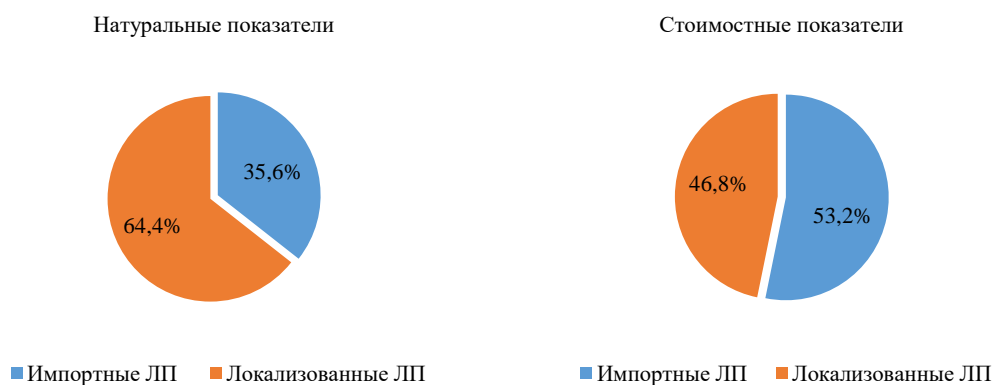


Рис 1. Соотношение объемов продаж импортных и локализованных ЛП в феврале 2022 года в натуральных показателях, %

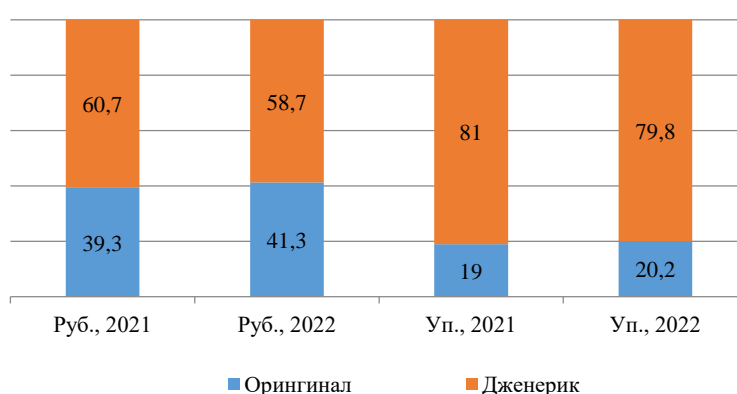


Рис 2. Соотношение объемов продаж оригинальных препаратов и дженериков, %

За год средневзвешенная стоимость упаковки локализованных лекарств стала выше на 18,8%, в то время как цена на импортные препараты выросла на 11,5%.

До данным DSM Group продажи дженериковых препаратов в России уменьшились по сравнению с предыдущим годом на 1,2% (в натуральных показателях) и на 2% в денежном выражении. Тем не менее, доля дженерических препаратов достаточно велика и составляет 58,7% в денежном объеме и 79,8% в натуральном объеме (рис. 2).

Нами были отобраны 50 наименований лекарственных препаратов, наиболее часто использующихся для лечения в условиях стационара. Установлено, что у 70% препаратов цены возросли по сравнению с 2021 годом, у 16% снизились 14% препаратов оказались в дефектуре (рис. 3).

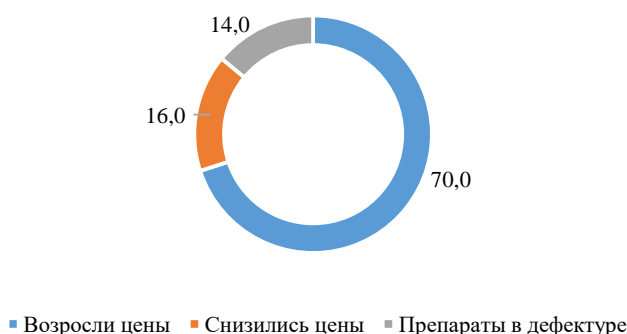


Рис. 3. Изменение цены на лекарственные препараты за 2021–2022 гг., %

В 2022 году в среднем рост цен составил 84,1%, тогда как снижение цен отмечается на 24,5% (суммарный рост цен 59,6%). Лидерами в росте цен стали 15 препаратов. Наибольший рост цен наблюдается у холина альфосцерата (303,4%), каптоприла (265,3%), левофлоксацина (224,2%), амлодипина (202,2%) и калия хлорида (201,3%) (рис. 4).

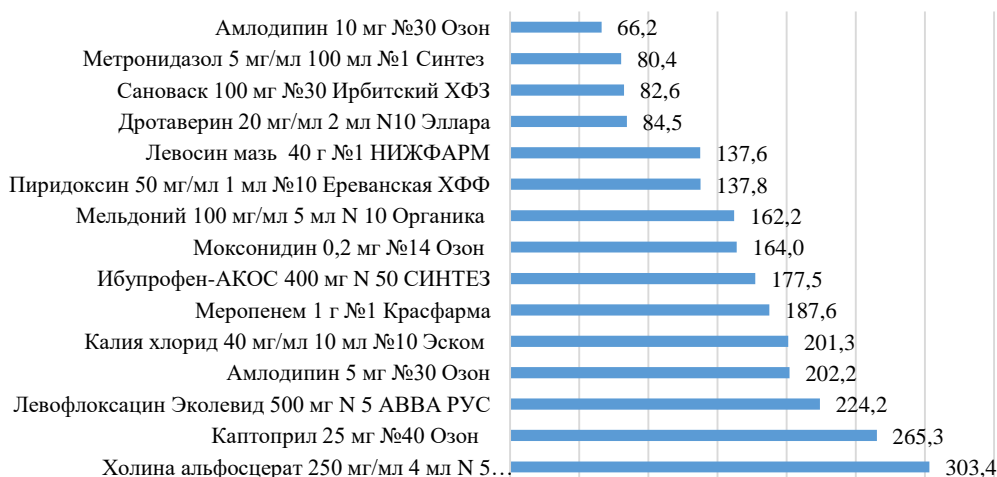


Рис. 4. ТОП-15 лекарственных препаратов по росту цен, %

Среди препаратов, на которые возросли цены в текущем году, 94,3% составили локализованные препараты. Снижение цены отмечается у 87,5% отечественных лекарственных средств. Анализ показал, что 88,6% препаратов, на которые возросли цены, производятся из импортных субстанций. Из представленных препаратов 48,6% изготовлены их китайских субстанций, 22,9% препаратов изготовлены из субстанций производства Индии, 11,4% – в России и по 2,9% остальные страны (Армения, Германия, Дания, Израиль, Словения, США).

Таким образом, в розничном звене доля отечественных препаратов снизилась на 1,1% в натуральных величинах. Продажи дженериковых препаратов в России уменьшились по сравнению с предыдущим годом на 1,2% (в натуральных показателях) и на 2% в денежном выражении. В госпитальном секторе цены на лекарственные препараты перечня ЖНВЛП в 2022 году возросли в среднем на 59,6% по сравнению со средневзвешенными ценами 2021 года. Большая доля лекарственных препаратов, составляющих госпитальные закупки, приходится на локализованные препараты, 88,6% которых производятся из импортных субстанций. Сложность логистики, закупок сырья повлекли за собой резкое повышение цен. Существующая методика ценообразования для препаратов из перечня ЖНВЛП делает поставки лекарственных препаратов «экономически нецелесообразными». Для стабилизации ситуации на фармацевтическом рынке необходимо государственное регулирование и инвестиции в российское производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толузаков А. К. Роль национальной лекарственной политики в механизме обеспечения экономической безопасности России / А. К. Толузаков // Актуальные проблемы современности: наука и общество. 2021. № 2(31). С. 58–61.
2. Как санкции отразятся на медицине и здравоохранении // Медвестник [Электронный ресурс] // URL: <https://medvestnik.ru/content/articles/Kak-sankcii-otrazyatsya-na-medicine-i-zdravoohranenii.html> (дата обращения 10.04.2022).
3. Федеральный закон от 26 марта 2022 г. N 64-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Гарант [Электронный ресурс] // URL: <https://internet.garant.ru/#/document/403755392/paragraph/1:8> (дата обращения 10.04.2022).
4. Предсказано будущее лекарств в России под санкциями // MKRU [Электронный ресурс] // URL: <https://www.mk.ru/economics/2022/03/22/predskazano-budushhee-lekarstv-v-rossii-pod-sankciyami.html> (дата обращения 10.04.2022).
5. Мишустин прокомментировал ситуацию с поставками импортных лекарств // lenta.ru [Электронный ресурс] // URL: <https://lenta.ru/news/2022/04/07/lekarstv/> (дата обращения 10.04.2022).
6. Овод А. И. О развитии фармацевтического рынка Российской Федерации в условиях санкций / А. И. Овод // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020. Т. 9. № 1(30). С. 252–255.

Краткая ретроспектива становления аптечной службы в советской постреволюционной России

Чистяков М. С.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования
Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации», Владимирский филиал
shreyamax@mail.ru

Хронологическому ряду событий ликвидации самодержавия Российской империи 1917 года предшествовали тенденции лоббирования интересов фармацевтической промышленности зарубежных государств, явившееся в последствии причиной лекарственного дефицита в стране. Напротив, российская химико-фармацевтическая промышленность была слабо развита и ориентирована на обеспечительные меры поставок лекарств в войска как следствие эскалации конфликтов держав и общей милитаризации [1].

02.12.1917 издается акт «О борьбе с заболеваемостью, смертностью и антисанитарными условиями жизни широких масс населения» [2], ставший законодательной основой для изъятия аптек из частного сектора под общественное управление губернских и уездных врачебно-санитарных советов, а также врачебно-санитарным советам центрального подчинения.

30.12.1918 является хронологической точкой отсчета организационного становления аптечной службы в постреволюционной России. Фармацевтическому отделу Наркомздрава делегировались полномочия по общему руководству аптек и аптечных предприятий, подвергшихся национализации. Непосредственное же управление аптечными организациями передавалось фармацевтическим подотделам городских, уездных, столичных медико-санитарных отделов. В частности, одним из функционалов данных структурных подразделений было снабжение аптек необходимыми лекарственными препаратами [3]. Появляются первые предпосылки зарождения аптечной службы в системе управления здравоохранением молодой советской государственности, основанной на принципах единства, отличающихся от ранее существовавших устоев лекарственной обеспечения имперской России. Таким образом, формируются институциональные основы государственного управления лекарственного обеспечения и здравоохранения в целом в новых экономических и социально-политических реалиях

Негосударственные тенденции активного развития фармации отмечаются в период новой экономической политики (НЭП) 1921–1923 гг. Аптечные организации представляли собой форму хозяйствования в качестве арендных аптек. Тем не менее частные аптеки, наряду с государственными, производили отчисления на развитие фармацевтического образования, в определенных случаях производили бесплатный отпуск лекарств. 1924 можно считать годом окончания данного периода коммерциализации аптечного сегмента [4].

Историческая наука свидетельствует о единых подходах управления народным хозяйством в 20-е годы XX века, в которых прослеживается схожесть в директивности, плановом характере, централизме. Траектории снабжения, кадровая политика и распределение прибыли также подвергаются унифицированному администрированию [5]. Уделяется значительное внимание соблюдению учета и отчетности. Повсеместно в аптеках внедряется финансовая дисциплина (ФД), которая, по мере стабилизации экономического положения и укрепления денежного обращения, ужесточается. В качестве одного из составного элемента ФД необходимо озвучить баланс аптекоуправлений как органа по управлению аптечным делом [6].

Кадровый дефицит 1921–1929 гг., образовавшийся в результате мероприятий по сокращению в период НЭПа (в первую очередь административного пула), частично нивелировался практикой ускоренной подготовки кадрового состава аптечной служб. Осуществлялись мероприятия по привлечению специалистов

более старших возрастных групп, сокращенных или «вышедших на пенсию», получивших образование в дореволюционной России. Наметилась тенденция по формированию т.н. «рационально-образовательных специалистов с новым типом социалистического мышления». В данный период укореняется стереотип об аптеке как об основном месте трудоустройства фармацевта со средним образованием [5]. Денежное вознаграждение работника врачебно-санитарного отдела в 20-е годы XX века была значительно ниже, чем в иных ведомствах [7].

Политика формирования трестов в период НЭПа не миновала и аптечную службу. В РСФСР в фармацевтическом секторе данная форма делегировалась государственному аппарату: Фармацевтическому тресту (Фармтресту) и Госмедторгу. Народным комиссариатом здравоохранения (НКЗ) РСФСР мотивировалось приобретение лекарств в регионах через Госмедторг [8].

Устанавливалась единая ценовая политика в сфере обращения лекарственных средств, регламентируемая постановлением Народного комиссариата по внутренним делам от 30.01.1918 «Об официальном справочнике рыночных цен на медикаменты и другие аптекарские товары и о дополнительной таксе к официальному справочнику» [9]. Аптечные предприятия в своей деятельности были обязаны руководствоваться данным справочником. Предусматривались меры репрессивного характера (вплоть до реквизиции аптеки) при несоблюдении предписанных в документе регламентов.

Отдельного внимания в государственном управлении аптечным сектором заслуживают мероприятия по надзору. Циркуляром НКЗ от 17.12.2024 № 1752 в целях рациональной организации аптечного дела, производится разграничение предметов ведения предоставления лекарственной помощи населению в аспекте торгово-хозяйственного и административно-контрольного функционала. Предложено ввести должность инспектора по фармацевтической части с возложением на него контрольно-надзорных полномочий [10]. Одной из обязанностей фарминспекторов был контроль за соблюдением замещения должности фармацевтов в аптечных учреждениях специалистами с фармацевтическим образованием. Данная необходимость обуславливалась тотальным недостатком квалифицированных медицинских кадров. Часто изготовление лекарственных средств осуществляли лица без образования – завхозы и санитары. Главные врачи, осведомленные о ситуации «на местах», не препятствовали данной деятельности [11].

Учитывая развитие профилактики в теории общественного здоровья в 20-е годы, в молодой республике в данном контексте возрастает стратегическая значимость поступательного развития фармации. Организируются диспансеры для осуществления социально-гигиенических проектов, нуждающиеся в бесперебойном обеспечении лекарственными средствами и изделиями медицинского назначения [12].

Увеличение числа аптечных учреждений в предвоенные годы, развитие фармацевтической науки и последовавшее за этим расширение рецептуры и производства галеновых препаратов, принятие мер директивного характера по улучшению качества аптечного обслуживания населения способствовали централизованному планированию деятельности аптечной службы, в том числе предусматривающее ее снабжение. В 1931 году в составе Народного комиссариата здравоохранения РСФСР формируется Российской аптечное объединение (РАПО). В 1935 году РАПО реорганизуется в Главное аптечное управление Народного комиссариата здравоохранения РСФСР (ГАПУ РСФСР) для дальнейшего повышения качества организационно-методическим руководством аптечными предприятиями. В подчинении ГАПУ были все краевые и областные аптечные управления РСФСР.

Синергетический подход системного обзора научных публикаций, посвященных тематике становления фундаментальной и прикладной фармации, позволяет выявить следующие частности в эволюции функционала аптечной службы советского государства в 20-е годы XX века [5; 13–18]:

1. Оборот лекарственных средств (изготовление и отпуск) квалифицированным кадровым составом на основе фармацевтической науки при соблюдении санитарно-гигиенических норм и правил;
2. Обеспечение населения бесплатными медикаментами в качестве социальной гарантии;
3. Доступная, рациональная и своевременная лекарственная помощь;
4. Переоснащение аптечных учреждений в соответствии с новейшими на данный период техническими достижениями (при соблюдении необходимых санитарно-гигиенических требований);
5. Изготовление лекарственных средств на основе технологий промышленного производства (вытеснение кустарных методов фабричными);
6. Развитие лабораторных методов фармации на основе централизованного подхода;
7. Унификация точности дозирования лекарственных препаратов;
8. Оптимизация лекарственных форм на основе рационализации лекарственного каталога;
9. Развитие техники безопасности труда в аптечных учреждениях;
10. Меры системного характера по конвергенции фармации в мероприятия по профилактике и минимизации последствий эпидемий посредством функционала обслуживания санитарно-гигиенического звена здравоохранения, а также участия в санитарном просвещении.

20-е годы XX века являются периодом становления системных принципов аптечной службы в качестве составной части здравоохранения советской государственности. Осуществлено разграничение торгово-хозяйственных и административно-контрольных функций в управлении фармацевтической деятельности. Формируется контрольно-надзорный сегмент в формировании качественно иного формата аптечного обслуживания населения, снабжения лекарственными препаратами и растительным сырьем для целей народного хозяйства и предвоенной экономики. Как следствие – усовершенствован управленческий аппарат аптечной службы Республики Советов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрице Т. Л. Исторические предпосылки формирования системы лекарственного обеспечения населения в период новой экономической политики (1921–1929 гг.) // Вестник фармации. № 2(52). 2011. С. 75–88.
2. О борьбе с заболеваемостью, смертностью и антисанитарными условиями жизни широких масс населения: Декрет СНК РСФСР от 02.12.1917 г. // Собрание узаконений и распоряжений правительства за 1917 – 1918 гг. № 5. Ст. 81. С. 64–65.
3. Собрание узаконений и распоряжений рабочего и крестьянского правительства. – Б.м.: Изд-во народного комиссариата, 1918. Отдел первый.
4. Петрице Т. Л. Аренда как форма организации аптечного дела на территории Витебской области в 1921–1922 гг. // Тезисы докладов Шестой съезд фармацевтов Республики Беларусь. (Минск 21–22 октября 1999 года) / Министерство здравоохранения Республики Беларусь; БелРПП «Фармация»; ГП «Республиканский центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; концерн «Белбиофарм»; Витебский государственный медицинский университет. Минск, 1999. С. 46–47.
5. Левинштейн, И. Основы советского здравоохранения и задачи фармации / И. Левинштейн; предисл. Н.А. Семашко. М.: Изд-во Наркомздрава РСФСР, 1926. 95 с.
6. ГА Витебской области. Ф. 539. Оп. 1. Д. 6. Л. 1–10, 29–31.
7. Бюллетень Центрального Статистического Управления. Выпуск. 1, Январь–Февраль 1925 г. / Издание ЦСУ БССР – Минск, 1925. С. 77.
8. НА Республики Беларусь. Ф. 31. Оп. 1. Д. 221. Л. 3, 4, 6, 8, 33, 35, 36–37, 40, 41–41об.
9. Об официальном справочнике рыночных цен на медикаменты и другие аптекарские товары и о дополнительной таксе к официальному справочнику: постановление Народного комиссариата по внутренним делам от 30.01.1918 г. // Собрание узаконений и распоряжений правительства за 1917 – 1918 гг. № 22. Ст. 323. С. 329–330.
10. Куприянов В. В. Минская фармация: к 70-летию образования / В. В. Куприянов [и др.]. Минск: Кавалер, 2008. 200 с.
11. Рачковский С. О фармпersonале // Вестник фармации. 1929. № 7. С. 383–386.
12. Юмашев А. В., Утюж А. С. Проблемы формирования семейной медицины в контексте единой государственной политики. // В сборнике: Молодежь. Семья. Общество. Материалы VI Межрегиональной научно-практической конференции. 2017, С.47–49.
13. Хаймович М. Итоги и перспективы / М. Хаймович // Вестник фармации. 1928. № 12. С. 764–773.
14. Петрице Т.Л. К вопросу о роли и месте аптечных учреждений в системе здравоохранения в 1920-е годы // материалы Седьмого съезда фармацевтов Республики Беларусь «Фармация XXI века», Витебск, 22 окт. 2004 г. / М-во здравоохранения Республики Беларусь; УО «Витебский гос. ордена Дружбы народов мед. университет»; РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; ТП РУП «Белфармация»; Концерн «Белбиофарм»; Ред. совет: Г.Н. Бузук [и др.]; под общ. ред. В.В. Кугач. – Витебск, 2004. С. 99–102.
15. Петрице Т. Л. Роль аптечных организаций в реализации государственной политики в здравоохранении в 1920-е гг. // Материалы V съезда организаторов здравоохранения Республики Беларусь «Здоровье населения – основа благополучия страны», Минск, 11–12 мая 2006 г. / Ред. совет: В.П. Руденко (предс.) и др. – Минск: Минскипп- проект, 2006. С. 476–479.
16. Петрице Т. Л. Участие аптек в реализации профилактического направления здравоохранения в 1920-е гг. // Вестник фармации. 2004. № 4 (26). С. 89–91.
17. Мирончук В. А., Золкин А. Л., Свердликова Е. А., Богаевская О. Ю. Муниципальная политика в сфере здравоохранения и ее совершенствование: монография. – Краснодар: Издательство «Новация», 2023. 161 с.
18. Мирончук В. А., Золкин А. Л., Корнетов А. Н., Бобков В. В. Перспективы развития санаторно-курортного комплекса / Монография. – Краснодар: Издательство «Новация», 2022. 168 с.

Элементы надземной части и сухого экстракта *Arosinum cannabinum* L.

Ханина М. А., Ермолаев И. И., Лежнина М. Г., Родин А. П., Короткова Л. О.

Государственный гуманитарно-технологический университет, г. Орехово-Зуево
Khanina06@mail.ru

Arosinum cannabinum L. (Arosinaceae) (Кендырь коноплевый, Кутровые) – многолетнее травянистое растение, с мощно развитыми подземными органами (корневищами). Подземные органы растения содержат сердечные гликозиды подгруппы строфанта, и препараты на их основе ранее применялись в отечественной медицине в кардиологии [1, 2]. В народной медицине используются все части растения при широком спектре заболеваний [1, 2]. В экспериментальной медицине выявлено, что экстракты корней обладают противораковой активностью [1]. Исследования по интродукции *A. cannabinum* показали его перспективность для выращивания в условиях культуры [3, 4]. *A. cannabinum* выращивается на «Аптекарском огороде ГТТУ» с 2016 г по настоящее время [4, 5]. Как показывают наблюдения за развитием и ростом растений на участках «Аптекарского огорода ГТТУ» корневища от одного растения разрастаются в почве в разные стороны, на разной глубине и в течение вегетационного периода могут дать отпрыски дли-

ной до нескольких десятков сантиметров в зависимости от агротехнического ухода (рыхление, полив). Предпочитает рыхлую, очищенную от сорняков почву. На корневищах развиваются многочисленные прямостоящие побеги; в фазе вегетации стебли толстые, упругие, сочные, зеленого цвета, несущие ювенильные листья. Последние – простые, с коротким черешком, эллиптической формы, с завернутым книзу краями и оттянутой острой верхушкой, с перисто-сетчатым жилкованием, ярко-зеленого цвета, крупные (ширина до 4 см, длина до 10 см). При дальнейшем развитии растения, от главного стебля отходят боковые стебли первого и второго порядка, на которых развиваются вергинильные листья, характеризующиеся более плотной консистенцией, темно-зеленого цвета, меньших размеров (ширина – до 3 см, длина – до 5 см). К фазе бутонизации все стебли одревесневают и приобретают красно-фиолетовую окраску. Все органы растения пронизаны млечниками [6], млечный сок белого цвета, быстро высыхающий на воздухе, приобретающий при этом вязкую, липкую консистенцию. К фазе цветения растение развивает мощную надземную часть (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид растений (А), свежесобранных листьев (Б) и сухого экстракта *A. cannabinum* L. (В)

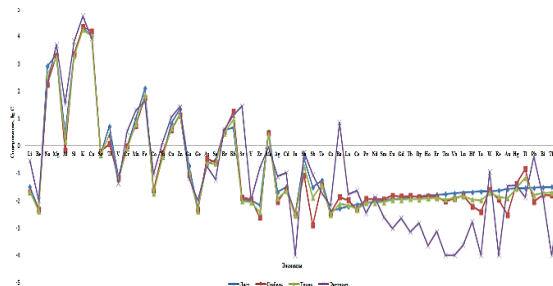


Рис. 2. Периодическая зависимость логарифма концентрации элементов в траве и морфологических частях *A. cannabinum* L.

Фитохимические исследования надземной части *A. cannabinum*, выращенного на «Аптекарьском огороде ГГТУ», показали присутствие широкого спектра биологически активных веществ: флавоноидов, кумаринов, оксикоричных и фенолкарбоновых кислот, дубильных веществ, сердечных гликозидов (подгруппы строфанта), сапонинов, пигментов (хлорофиллов и каротиноидов), аскорбиновой кислоты, сахаров, аминокислот и полисахаридов. В надземной части растения обнаружены макро- и микроэлементы [5]. Надо отметить, что проявление фармакологической активности экстракционных лекарственных форм обусловлено не только биологически активными веществами, но и присутствующими в них элементами [7]. Поскольку наиболее часто в народной и официальной медицине используются экстенпоральные лекарственные формы из лекарственного растительного сырья, экстрагентом в которых является вода очищенная (настои, отвары, сборы), актуальным является исследование элементов данных лекарственных форм. В настоящей работе приводятся результаты сравнительного исследования состава и содержания элементов в морфологических частях надземной части *A. cannabinum*, выращенного на «Аптекарьском огороде ГГТУ» и сухого экстракта, полученного из надземной части. Исследовались образцы листьев (объект № 1), стеблей (объект № 2), травы (объект № 3) и сухого экстракта (объект № 4) *A. cannabinum* (рис.1). Образцы надземной части растения собраны в фазе цветения, высушены естественной воздушно-теновой сушкой до воздушно-сухого состояния. Сухой экстракт получен из травы *A. cannabinum* (экстрагент – вода очищенная, гидромодуль – 1:20, трехкратная экстракция на кипящей водяной бане, удаление экстрагента из объединенных фильтратов при 30⁰С). Состав и содержание элементов в образцах исследовали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с использованием масс-спектрометра ELAN DRC-e ICP-MS и оптико-эмиссионного спектрометра Agilent 715 ICP-OES на базе испытательного центра ООО ХАЦ «Плазма» (г. Томск) [8].

В результате проведенного анализа всех исследуемых образцов, был обнаружен 61 элемент, включая все эссенциальные (табл. 1). По составу элементов исследуемые образцы аналогичны, но по их содержанию различаются. При сравнительном анализе содержания элементов в образцах листьев и стеблей выявлено, что листья превосходят стебли по содержанию макроэлементов – Na, Mg и микроэлементов – Al, Si, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, Ag, Sn, Sb, Au, Hg, Pb, Bi. Стебли, в сравнении с листьями, содержат больше макроэлементов – K, Ca и микроэлементов – Sc, As, Rb, Ba. Ряд микроэлементов в стеблях и листьях содержится приблизительно в равных количествах – Ge, V, Cr, Co, Ni, Se, Br, Sr, Y, In и др. Надо отметить, что листья характеризуются наибольшим содержанием элементов.

Отмечено, что содержание отдельных элементов в исследуемых образцах очень близко (Be, Sc, Co, Sr, Y, Cs, Ce, Pr и др.), различается незначительно (Mg, K, Ca, Li, V, Mn, Cu, Br, Mo, Ag, Cd и др.), различаются в 2 и более раза (Na, Al, Ti, Rb, Zr, Sn, Sb, Ba). После распределения элементов по убыванию их концен-

траций (до 0,20 мкг/г) в исследуемых объектах получены следующие ряды, включающие 21 элемент (табл. 2).

Анализ полученных рядов выявил наибольшую схожесть в последовательности элементов у образцов стеблей и травы (табл. 2). Это связано, возможно, с тем, что стебли составляют основную массу надземной части растения. При анализе состава и содержания элементов в сухом экстракте, выявлено, что по составу элементов сухой экстракт и все исследуемые морфологические части растения различий не имеют (табл.1). Сравнительный анализ содержания элементов в траве и экстракте, показал, что в последнем увеличивается содержание ряда элементов в 2–10 раз (Li, Be, Mg, K, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Sn, Sb, W, Au) и более (Al, Si, Sr, Zr, Ba, Pb); не отмечено значительных различий в содержании – Ti, As, Br, Y, Hg, Bi; содержание снизилось – Na, Ca, V, Ga, Se и большинства элементов с высокой атомной массой (табл. 1, рис. 2). Надо отметить, что содержание токсичных элементов в исследуемых образцах не превышает ПДК, принятых для чаев [9].

Таблица 1

Состав и содержание элементов в морфологических частях *Aposinum cannabinum* L. (мкг/г, n=5, P ≥ 95%)

№ пп	Элемент	Объекты исследования				№ пп	Элемент	Объекты исследования			
		1	2	3	4			1	2	3	4
1	Li	0,031	0,02	0,021	0,28	31	In	0,0034	0,0033	0,0028	<0,0001
2	Be	0,005	0,005	0,004	0,0103	32	Sn	0,35	0,08	0,18	0,59
3	Na	811,14	171,42	405,32	199,0	33	Sb	0,03	0,001	0,013	0,087
4	Mg	2172,0	1932,21	1688,22	4810,0	34	Te	0,054	0,036	0,037	0,018
5	Al	2,91	0,67	1,47	35,0	35	Cs	0,004	0,003	0,003	0,0063
6	Si	2392,01	2235,83	1903,72	6676,32	36	Ba	0,005	0,013	0,008	7,02
7	K	20047,03	22237,71	17392,62	55261,0	37	La	0,006	0,010	0,007	0,017
8	Ca	10167,02	15513,03	10562,81	8551,0	38	Ce	0,007	0,005	0,005	0,023
9	Sc	0,49	0,62	0,46	0,591	39	Pr	0,008	0,011	0,008	0,0034
10	Ti	5,14	1,16	2,59	2,6	40	Nd	0,009	0,011	0,008	0,013
11	V	0,076	0,068	0,059	0,042	41	Sm	0,01	0,011	0,009	0,0024
12	Cr	0,93	0,96	0,78	3,3	42	Eu	0,011	0,015	0,011	0,00097
13	Mn	9,81	5,43	6,31	20,0	43	Gd	0,012	0,014	0,011	0,0022
14	Fe	125,02	57,91	75,33	42,0	44	Tb	0,013	0,015	0,011	0,0007
15	Co	0,021	0,023	0,018	0,092	45	Dy	0,014	0,013	0,011	0,0015
16	Ni	0,39	0,56	0,39	1,4	46	Ho	0,015	0,014	0,012	0,00022
17	Cu	6,62	3,82	4,32	11,0	47	Er	0,016	0,014	0,012	0,00072
18	Zn	21,91	13,22	14,41	27,0	48	Tm	0,017	0,009	0,011	<0,0001
19	Ga	0,18	0,09	0,11	0,066	49	Yb	0,018	0,012	0,012	<0,0001
20	Ge	0,0052	0,005	0,004	0,0101	50	Lu	0,019	0,015	0,014	0,00023
21	As	0,22	0,34	0,23	0,18	51	Hf	0,02	0,006	0,011	0,0017
22	Se	0,31	0,24	0,22	0,058	52	Ta	0,021	0,004	0,01	<0,0001
23	Br	3,66	3,31	2,92	3,92	53	W	0,022	0,024	0,019	0,11
24	Rb	4,691	17,602	9,171	13,1	54	Re	0,023	0,011	0,014	<0,0001
25	Sr	0,01	0,012	0,0093	28,5	55	Au	0,026	0,003	0,012	0,034
26	Y	0,01	0,011	0,0086	0,011	56	Hg	0,027	0,04	0,028	0,036
27	Zr	0,0068	0,0024	0,0038	0,15	57	Tl	0,028	0,140	0,069	0,013
28	Mo	3,28	2,93	2,64	0,90	58	Pb	0,029	0,009	0,016	0,403
29	Ag	0,02	0,009	0,012	0,075	59	Bi	0,03	0,016	0,019	0,013
30	Cd	0,031	0,024	0,023	0,103	60	Th	0,031	0,015	0,019	<0,0001
						61	U	0,032	0,021	0,022	0,016

Визуализация распределения химических элементов в исследуемых объектах в зависимости от их порядкового номера в Периодической таблице химических элементов Менделеева Д.И. приведена на рисунке 2. Диаграммы, отражающие периодические закономерности в распределения элементов в исследуемых морфологических частях *A. cannabinum*, практически совпадают, данный факт подтверждают и аккумулятивные ряды элементов (табл. 2), среди которых, как мы отмечали выше, наибольшая аналогичность наблюдается для образцов травы и стеблей. Профиль диаграммы сухого экстракта близок к профилям диаграмм морфологических частей в области элементов с атомной массой до 137, 34 (Ba).

Таблица 2

Ряды элементов по убыванию их концентраций в морфологических частях и экстракте *Aposinum cannabinum* L.

Объекты	Аккумулятивные ряды элементов по убыванию их концентраций
Листья	K > Ca > Si > Na > Mg > Fe > Zn > Mn > Cu > Ti > Rb > Br > Mo > Al > Cr > Sc > Ni > Sn > Se > As > Ga
Стебли	K > Ca > Si > Mg > Na > Fe > Rb > Zn > Mn > Cu > Br > Mo > Ti > Cr > Al > Sc > Ni > As > Se > Ga > V

Трава	K > Ca > Si > Mg > Na > Fe > Rb > Zn > Mn > Cu > Br > Mo > Ti > Al > Cr > Sc > Ni > As > Se > Sn > Ga
Экстракт	K > Ca > Si > Mg > Na > Fe > Al > Sr > Zn > Mn > Rb > Cu > Ba > Br > Cr > Ti > Ni > Mo > Sc (Sn) > Li > As

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы: все морфологические части *Apocynum cannabinum* L. содержат 61 химический элемент, включая все жизненно необходимые, и по составу элементов аналогичны, однако по их содержанию различаются, наибольшая концентрация элементов установлена для листьев. Диаграммы, отражающие периодические закономерности в распределения элементов в морфологических частях *A. cannabinum*, практически совпадают, данный факт подтверждают и аккумулятивные ряды элементов, построенные по убыванию их концентраций. Состав элементов сухого экстракта, полученного из травы *A. cannabinum*, аналогичен составу элементов травы, в экстракте концентрируются элементы Li, Be, Mg, K, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Sn, Sb, W, Au, Al, Si, Sr, Zr, Ba, Pb, что подтверждает перспективность сухого экстракта в качестве источника биодоступных химических элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kurchan S. M., Hemigway R. J., Doskotch R. W. Apocannoside and coumarin, the cytotoxic principles of *Apocynum cannabinum* L. // Journal of medicinal chemistry. 1964. P. 803–804.
2. Abe F., Yamauchi T. Cardenolide glycosides from the roots of *Apocynum cannabinum* // Chim. Pharm. Bull. 1994. V. 42. № 10. P. 2028–2031.
3. Ханина М. А., Короткова А. В., Ермолаев И. И., Лежнина М. Г., Родин А. П. Фитохимическое исследование *Apocynum cannabinum* L., выращенного на «Аптекарском огороде ГГТУ» // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Актуальные вопросы разработки и исследования новых лекарственных средств: Сборник трудов 8-й Международной научно-методической конференции «Фармообразование-2022» / [под общ. ред. А.С. Беленовой, А.А. Гудковой]; Воронежский государственный университет. Воронеж: Издательский дом ВГУ. 2022. С. 586–591.
4. Васфилова Е. С. Интродукционная перспективность видов лекарственных растений в связи с накоплением биологически активных соединений // Вестник ВГУ, серия: химия, биология, фармация. 2016. № 4. С. 42–48.
5. Бабешина Л. Г., Федотова А. А. Итоги интродукции лекарственных растений в условиях города Орехово-Зуево // Сборник научных трудов IV научно-практической конференции с международным участием «Молодые ученые и фармация XXI века», М. 2016. Изд-во: ФГБНУ ВНИИЛиАР. С. 27–34.
6. Ханина М. А. Анатомическое строение надземной части кендыря коноплевого, выращенного в Московской области / М.А. Ханина, Е.Ю. Фролова, А.П. Родин, М.Г. Лежнина // Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Перспективы внедрения инновационных технологий в медицине и фармации». Орехово-Зуево: Изд-во ГГТУ. 2018. С. 292–303.
7. Панченко Л. Ф., Маев И. В., Гуревич К. Г. Клиническая биохимия микроэлементов. М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2004. 368с.
8. Ханина М. А., Подолина Е. А., Родин А. П., Лежнина М. Г. Масс-спектрометрическая методика определения микроэлементов в надземной части *Sentaurea cyanus* L. // Микроэлементы в медицине. 2018. Т. 19. № 4. С. 36–41.
9. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности продуктов. М., 2001.

Анализ салицина в коре и побегах ивы козьей, ивы ломкой и ивы пепельной

Яндыганова Р. А., студ. 3 курса

Науч. рук. – Алябышева Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственной университет, г. Йошкар-Ола
x23012002@gmail.com

Актуальность. В России род *Salix* насчитывает более 550 видов. Ивы – один из наиболее активно изучаемых таксонов по химическому содержанию веществ. Богатый химический состав характерен не только для коры ивы (традиционно применяемое сырье), но и для листьев, соцветий, побегов. Одни из основных представителей биологически активных веществ семейства ивовые – фенологликозиды, агликоном которых является салициловый спирт. Наиболее известные в мире лекарственные препараты, в составе которых содержатся экстрактивные вещества ивы, созданы в России, Канаде, США, Германии, Голландии, Франции и Польше [1]. Экстракты коры ивы стандартизируют по салицину, который является основным активным компонентом. По своему основному механизму действия экстракт коры ивы – природный аналог синтетических противовоспалительных препаратов. Лекарственное значение коры ивы широко известно в медицине. Отвар коры ивы используют как противомаларийное средство, жаропонижающие, ранозаживляющие, антисептическое и противовоспалительное средство [2].

Большое разнообразие видов ивы, произрастающих на территории России, и возможность их культивирования в промышленных масштабах обуславливают необходимость дальнейшего всестороннего исследования химического состава и фармакологической активности как хорошо, так и мало изученных видов ив, произрастающих в различных регионах нашей страны.

Целью исследования была оценка содержания салицина в коре и побегах ивы козьей, ивы ломкой и ивы пепельной.

Методы исследования. Исследование было проводили в марте 2023 г. Объектами исследования были кора и побеги трех видов ив, произрастающих на территории Горномарийского района Республики Марий Эл: ива козья (*Salix caprea* L.), ива ломкая (*Salix fragilis* L.) и ива пепельная (*Salix cinerea* L.). Образцы побегов и коры ив отбирались по определенным критериям: возраст растений от 5 до 10 лет; растения не были повреждены грибковыми, бактериальными и вирусными заболеваниями.

Навески побегов и коры ив 0,25 г взвешивали на электронных весах, измельчали, растворяли в 70% спирте при температуре не выше 10 °С. Количественное определение общего содержания салицина (%) проводили методом алкаиметрии (вариант нейтрализации без предварительного гидролиза).

Результаты исследования. Салицин относится к смеси неактивных гликозидов (β -гликозид салицилового спирта). Что касается количественного содержания салицина, в изученных на данный момент видах ивы, то оно варьирует по имеющимся сведениям достаточно широко. Найдено, что содержание салицина в видах ивы, распространенных на Северном Кавказе, составляет в коре ивы белой – около 0,92 %, в коре ивы трехтычинковой – около 0,2 %, в коре ивы пурпурной – около 0,81 %. Следует отметить, что в Европейской Фармакопее к фармакопейным видам ивы относят виды, содержащие в коре не менее 1,5 % салицина (после щелочного гидролиза). Подобное исследование было проведено на примере коры ивы остролистной, произрастающей в Поволжье. Общее содержание салицина после щелочного гидролиза колебалось от 6,5 до 9,5 % [3].

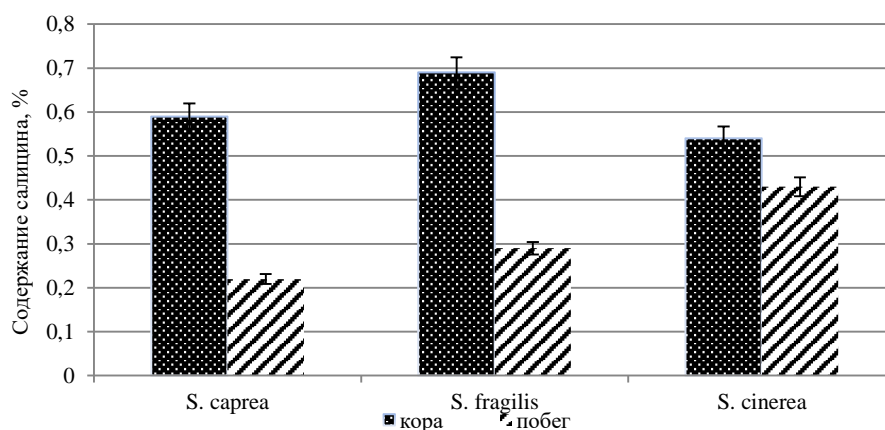


Рис. Содержания салицина в коре и побегах *S. caprea*, *S. fragilis* и *S. cinerea*

Анализ результатов показывает, что на содержание салицина в экстрактах влияет как вид ивы, так и анализируемый орган растений. Наибольшее количество салицина экстрагируется спиртом из коры ивы ломкой. На втором месте оказалась ива козья, а на третьем – ива пепельная (рис.).

В тоже время было отмечено, что в побегах растений содержание салицина было в 1,3–2,7 раза меньше, чем в коре. Наибольшее содержание салицина было обнаружено в побегах *S. cinerea*, далее следовала *S. fragilis* и далее *S. caprea*.

Таким образом, исследованные виды рода *Salix*, произрастающие на территории Республики Марий Эл могут служить перспективными источниками для создания отечественных лекарственных препаратов, содержащих салицин. Наибольшее количество салицина находится в коре *S. caprea* и в побегах *S. cinerea*.

ЛИТЕРАТУРА

- Петрук А. А. Сезонная динамика изменения содержания флавоноидов и дубильных веществ в листьях и соцветиях *Salix alba* (Salicaceae) // Растительный мир Азиатской России. 2012. № 1(9). С. 72–76.
- Конюхова О. М., Бахтин М. А., Канарский А. В. Биологические ресурсы салицина в иве (Salicaceae) // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 16. С. 130–132.
- Фролова О. О., Компанцева Е. В., Дементьева Т. М. Биологически активные вещества растений рода ива (*Salix* L.) // Фармация и фармакология Т. 4. № 2 (15). 2016. С. 41–59.

Особенности сорбции ионов кобальта(II) энтеросорбентом «Полиасорбин»

Айтова Е. И., студ.5 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Alena2000.07@gmail.com

Изучены сорбционные свойства энтеросорбента «Полиасорбин» по отношению к ионам кобальта (II). Экспериментально оценено влияние кислотности на сорбционную способность, рассчитаны значения предельной сорбции и удельной поверхности энтеросорбента в рамках модели Ленгмюра.

Кобальт, как известно [1], относится к классу эссенциальных микроэлементов, являясь компонентом тироксина – гормона щитовидной железы, витамина В12 (цианокобаламин), необходимого для нормального кроветворения и созревания эритроцитов, а также принимая активное участие во многих ферментативных процессах, в частности, синтеза нуклеиновых кислот и процессов, необходимых для нормального функционирования нервной системы. Однако, существуют пороговые дозы поступления кобальта, после которых наступает токсический эффект. Так, при избыточном попадании кобальта в организм происходит увеличение активных форм кислорода, приводящих к разрушению нуклеиновых кислот и подавлению систем восстановления ДНК. Кроме того, в высоких дозах ионы кобальта приводят к гипоксии, окислительному стрессу, приводя к повреждению органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, печени и. т.д. [1, 2].

В настоящей работе изучены сорбционные свойства энтеросорбента «Полиасорбин» по отношению к ионам кобальта (II). Составляющими рассматриваемого энтеросорбента являются высокодисперсный SiO₂ (ВДК) и микрокристаллическая целлюлоза (МК). Известно, что при попадании в воду ВДК формирует сложную пространственную структуру, основные поверхностные сорбционные центры которой представлены полярными группами ≡Si-O-H. Функциональные группы МК, могут участвовать в процессах ионного обмена, а также комплексообразования за счет атомов кислорода гидроксильных групп элементарных звеньев [2, 3].

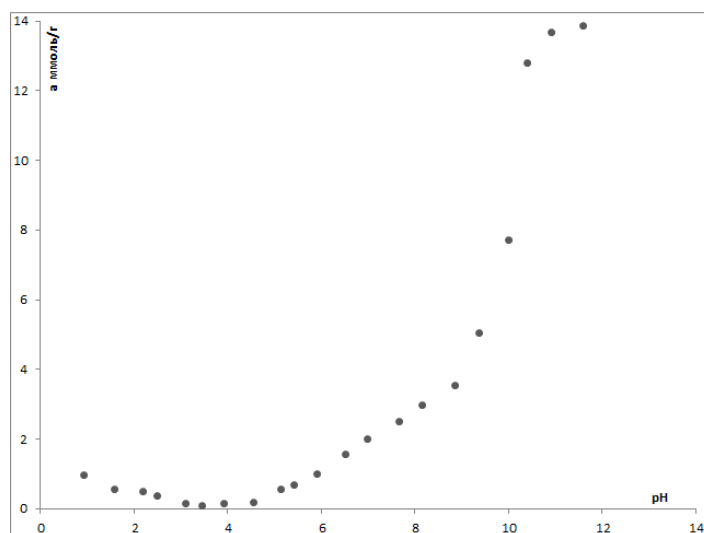


Рис. 1. Зависимость величины сорбционной емкости от pH

Как известно, в большинстве случаев, на процесс сорбции ионов металлов оказывает влияние кислотность среды (pH). В настоящей работе экспериментально выявлен экстремальный характер зависимости

величины сорбции ионов кобальта (II) энтеросорбентом. Полученная зависимость представлена на рисунке 1. Так, в диапазоне pH от 0,90 до 4,00 отмечается некоторое снижение сорбционной способности от 0,9 до 0,2 ммоль/г при исходной концентрации ионов Co(II) порядка 10^{-4} моль/л. Дальнейшее увеличение pH среды приводит к существенному росту сорбционной способности изучаемого энтеросорбента до значений, составляющих порядка 1,0 ммоль/г и 3,5 ммоль/г при pH 6,0 и 9,0, соответственно.

Невысокая сорбционная способность при низких значениях pH возможно обусловлена конкуренцией ионов водорода с ионами металла за связывание с сорбционными центрами. Увеличение сорбционной способности с ростом pH связано, по нашему мнению, с ростом доли ионизированных групп $\equiv\text{Si-O-Na}$, приводящим к увеличению степени набухания матрицы и, соответственно к росту числа доступных сорбционных центров. Как правило, ионные формы неорганических соединений плохо всасываются из желудка, поэтому основным путем поступления элементов в кровь и лимфу является кишечник. Большая доля тяжелых металлов всасывается в двенадцатиперстной кишке (pH от 5,6 до 8) и в средней части тонкой кишки (pH от 7,2–7,5). Выявленная в работе зависимость величины сорбции Co(II) от pH для препарата «Полиапсорбин» косвенно показывает его эффективность нижних отделах ЖКТ в контексте эффективности при отравлениях, связанных с избыточным поступлением ионов Co(II) в организм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доломатов С.И., Сатаева С.Т., Жуков В. А. Современные аспекты регуляторных, патофизиологических и токсических эффектов, вызываемых ионами кобальта при оральном поступлении в организм человека. // Анализ риска здоровью. 2019. №3. С. 161–174.
2. Конорев М. Р. Клиническая фармакология энтеросорбентов нового поколения / М.Р. Конорев // Вестник фармации – 2013 – № 4 – С. 79–85.
3. Смирнов А. К., Смотрина Т. В., Ярошевская Х. М. Сорбция свинца (II) лишаиновыми полисахаридами // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т.19, №14. С. 44–46.
4. Смирнов А. К., Алгаева Н. Э. Сорбция ионов кобальта (II) из водных растворов шротом лишайника эверния сливовая // Современные проблемы медицины и естественных наук: сборник статей Всероссийской научной конференции. Вып. 6, Йошкар-Ола, 24–28 апреля 2017 г. Йошкар-Ола: ООО ИПФ «СТРИНГ», 2017. С. 101–104.

Изучение сорбции катионов в системе «Поликомпонентный сорбент – Co(II) – H₂O»

Айтова Е. И., студ.5 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Alena2000.07@gmail.com

Настоящая работа посвящена изучению закономерностей сорбции ионов кобальта (II) на энтеросорбенте торговой марки «Полиапсорбин» представляющего собой смесь высокодисперсного оксида кремния (II) (ВДК) и микрокристаллической целлюлозы (МК).

Ключевые слова: катионы кобальта (II), сорбция, сорбционная емкость, удельная поверхность сорбента.

Введение: Энтеросорбенты, как известно, представляют собой группу препаратов, обладающих высокой сорбционной способностью и нерастворимостью в биологических средах. Связываясь с токсичными соединениями в ЖКТ путем сорбции, они эффективно выводят данные вещества из организма человека, не приводя к повреждению слизистых оболочек. Несмотря на то, что кобальт является микроэлементом, необходимым организму человека для нормальной жизнедеятельности, он также принадлежит к группе тяжелых металлов. Избыточное попадание данного микроэлемента в организм приводит к различным нарушениям в состоянии здоровья [1].

Сорбцию ионов Co^{2+} проводили в статических и динамических условиях из растворов CoSO_4 с начальными концентрациями (C_0) 10^{-6} – 1 моль/л. Для поддержания температуры системы с точностью $\pm 0,1^\circ\text{C}$ (термостатирование) использовали термостат TW-2 (ООО "БИОЛАЙТ ЛТД"). Для определения концентрации ионов кобальта в растворе использовали фотометрический метод [2]. Экспериментальные данные обрабатывали, используя пакеты прикладных программ Excel, а также Statistica 6.0.

Для оценки оптимального соотношения массы сорбента к объему раствора, обеспечивающего оптимальные значения степени извлечения ионов кобальта, рассчитывали значения сорбции из растворов с концентрацией $1,5 \cdot 10^4$ моль/л в диапазоне модуля раствор/сорбент (отношение объема раствора к массе сорбента) от 10 до 1000 мл/г. Экспериментально показан степенной характер роста значений сорбции ионов кобальта из раствора по мере уменьшения отношения объема раствора к массе сорбента. График

зависимости степени извлечения от модуля представлен на рисунке 1. При этом отмечается линейный характер зависимости в координатах $1/\alpha - 1$ от модуля с высоким коэффициентом корреляции, позволяющий оценить коэффициент распределения K_D , представляющий собой отношение концентрации ионов металла в фазе сорбента к концентрации ионов металла в растворе при равновесии. Данная зависимость представлена на рисунке 2.

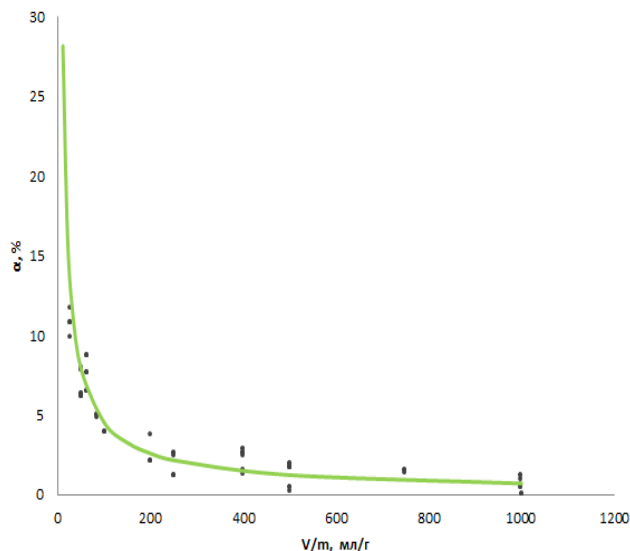


Рис. 1. График зависимости степени извлечения от модуля

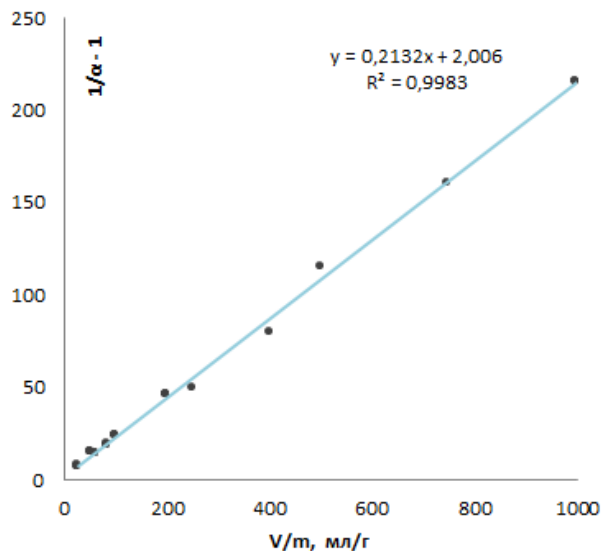


Рис. 2. График зависимости $1/\alpha-1$ от модуля

Так, рассчитанное значение предельной сорбционной емкости при 20⁰С составляет порядка 1,25 ммоль Со(II) на 1 г сорбента, а величина удельной поверхности сорбента, оцененная при рассмотрении в качестве сорбируемой частицы гидратированного иона кобальта (II) составляет порядка 310 г/м². Значения степени извлечения ионов, для концентраций ионов Со(II) от $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л и ниже превышают 98% при 20⁰, что указывает на высокую эффективность сорбента, особенно в области низких концентраций ионов кобальта (II) в растворе учитывая достаточно низкие значения ПДК ионов кобальта в водных объектах ($1,7 \cdot 10^{-6}$ М) [3]. График зависимости степени извлечения от концентрации при различных температурах представлен на рисунке 3. Так, рассчитанное значение предельной сорбционной емкости при 20⁰С составляет порядка 1,25 ммоль Со(II) на 1 г сорбента.

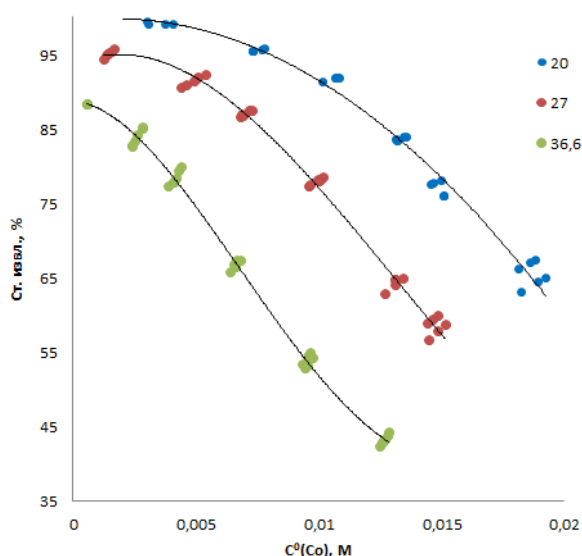


Рис. 3. Степень извлечения при различных значениях температуры

Величина удельной поверхности сорбента, оцененная при рассмотрении в качестве сорбируемой частицы гидратированного иона кобальта (II) составляет порядка 310 г/м². Значения степени извлечения ионов, для концентраций ионов Со(II) от $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л и ниже превышают 98% при 20⁰, что указывает на высокую эффективность сорбента, особенно в области низких концентраций ионов кобальта (II) в растворе учитывая достаточно низкие значения ПДК ионов кобальта в водных объектах ($1,7 \cdot 10^{-6}$ М) [3]. График зависимости степени извлечения от концентрации при различных температурах представлен на рисунке 3.

Для оценки термодинамических характеристик сорбционного процесса были получены изотермы сорбции ионов кобальта (II) при различных температурах (в диапазоне от 20 до 45 °С). Данные изотермы представлены на рисунке 4. Экспериментальные данные указывают на тенденцию к уменьшению сорбци-

онной емкости с ростом температуры, что свидетельствует о экзотермичности акта сорбции. При этом выявлен линейный характер зависимости экспериментальных значений констант Ленгмюра (K) в координатах $\ln K$ от величины обратной температуры. Данная зависимость представлена на рисунке 5. Так было установлено, что процесс сорбции носит самопроизвольный характер ($\Delta G = -78$ кДж/моль при 20°C), протекает с выделением теплоты ($\Delta H = -49$ кДж/моль) и ростом энтропии ($\Delta S = 98$ Дж/(моль \cdot К)). Рост энтропии обусловлен, по нашему мнению, преобладанием эффекта дезорганизации системы за счет разрушения сольватной оболочки иона металла над эффектами упорядочения в процессе сорбции [4].

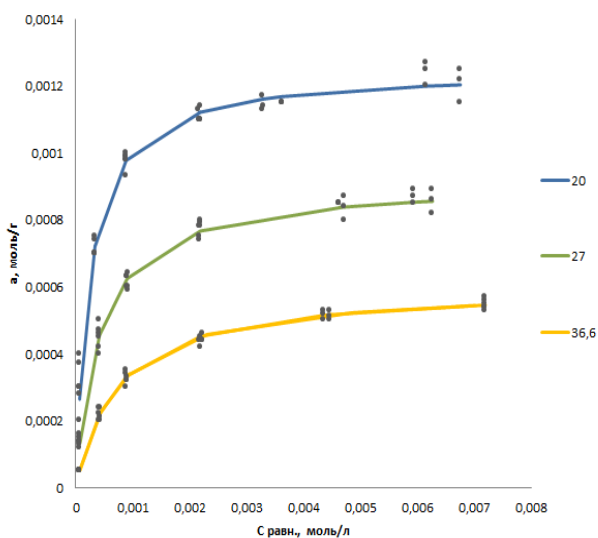
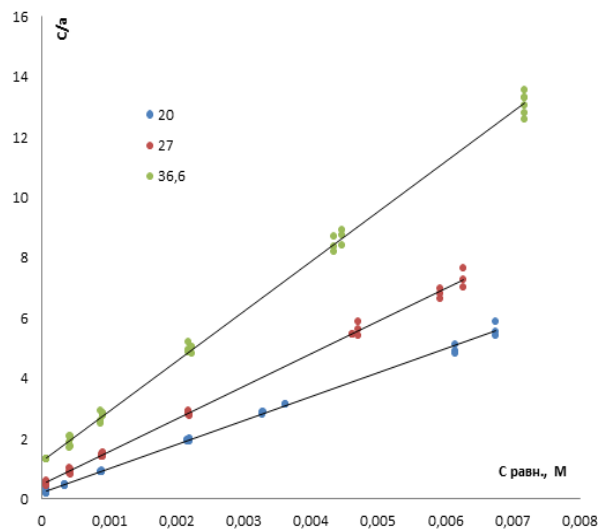


Рис. 4. Изотермы сорбции

Рис. 5. Зависимость C/a от $C_{\text{равн}}$

ЛИТЕРАТУРА

1. *Конорев М. Р.* Клиническая фармакология энтеросорбентов нового поколения // Вестник фармации. 2013. № 4. С. 79–85.
2. ПНДФ 14.1:2. 44–96. Количественный и химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов кобальта в природных и сточных водах фотометрическим методом с нитрозо-R- солью.
3. ГН 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (пдк) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
4. *Смирнов А. К., Смотрина Т. В., Ярошевская Х. М.* Сорбция свинца (II) лишайниковыми полисахаридами // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т.19, №14. С. 44–46.

Термодинамика комплексообразования в системе «Co(II,III) – этилендиамин – ЭДТА»

Атабаева Э. А., студ.1 курса

Науч. рук. – Павлов А. А., канд. хим. наук, доц.

ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола
pavlov_aa@marsu.ru

На сегодняшний день имеется огромное количества закономерностей, которые можно объяснить тем, что металлы в виде координационных соединений более устойчивы. Последние применяют в качестве материалов, обладающих уникальными свойствами, а также проявляющих физиологическую активность.

Целью данной работы является изучение термодинамических характеристик процесса комплексообразования ионов кобальта в различной степени окисления с органическими полидентатными лигандами – этилендиамином и этилендиаминтетрауксусной кислотой.

При смешивании растворов этилендиамина с Co^{2+} происходит окисление иона Co^{2+} до Co^{3+} и образование комплекса CoEn_3^{3+} .

В качестве наиболее вероятных величин термодинамических констант устойчивости комплексов этилендиамина с ионом Co^{2+} можно принять $\lg\beta(\text{CoEn}_3^{3+}) = 47,9$.

Этилендиамин объем 3 мл растворили в 100 мл воды. Поместили в термостатический стакан, затем добавили 10 мл CoSO_4 с концентрацией 1 моль/л и начали измерение теплоты смешивания. $\text{Co(II):En}=1:3$.

Наблюдаем изменение цвета раствора за счет окисления Co^{2+} до Co^{3+} . Тепловой эффект измеряли в течение всего процесса. При проведении эксперимента pH находился в интервале от 9,4–11,0.

Отдельно проводили смешивание 10 мл 1 М раствора сульфата кобальта (II) со 100 мл дистиллированной воды. Теплота разбавления раствора кобальта не превышает значения погрешности измерения, поэтому в дальнейшем ею можно пренебречь.

Суммарный тепловой эффект образования комплексов кобальта (II) с этилендиамином En с учетом протекающих в системе Co^{2+} - En процессов рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{\text{mix}}H = \Delta_rH([\text{CoEn}_3]^{3+}) \cdot \alpha([\text{CoEn}_3]^{3+}) + \Delta_{\text{dis}}H(\text{HEn}^+) \cdot \alpha(\text{HEn}^+) + \Delta_{\text{dis}}H(\text{H}_2\text{En}^{2+}) \cdot \alpha(\text{H}_2\text{En}^{2+}) + \Delta_{\text{ox}}H(\text{Co}^{3+}) + \Delta_rH(\text{CoOH}^{2+}) \cdot \alpha(\text{CoOH}^{2+}) + \Delta_rH_w \cdot \alpha(\text{OH}^-),$$

где $\Delta_{\text{mix}}H$ – тепловой эффект смешения растворов этилендиамина En и $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ при соотношении металл : лиганд 1:3 $\Delta_rH(\text{CoEn}_3^{3+})$ – тепловой эффект реакции образования частицы состава CoEn_3^{3+} ; $\Delta_{\text{dis}}H(\text{H}_2\text{En}^{2+})$ и $\Delta_{\text{dis}}H(\text{HEn}^+)$ – энтальпии ступенчатой диссоциации этилендиамина по 1 и 2 ступени; $\Delta_rH(\text{CoOH}^{2+})$ – тепловой эффект образования гидросокомплекса частицы CoOH^+ ; Δ_rH_w – теплота образования воды из ионов H^+ и OH^- ; $\alpha(\text{CoEn}_3^{3+})$, $\alpha(\text{H}_2\text{En}^{2+})$, $\alpha(\text{HEn}^+)$, $\alpha(\text{CoOH}^+)$, $\alpha(\text{OH}^-)$ – полнота протекания соответствующих реакций, $\Delta_{\text{ox}}H(\text{Co}^{3+})$ – энтальпия окисления иона Co^{2+} до Co^{3+} .

Определение теплового эффекта комплексообразования комплекса $[\text{CoY}]$ проводили взаимодействием раствора сульфата кобальта (II) с тетранатриевой солью ЭДТА. Образование комплексной частицы CoEdta^{2-} происходит в интервале pH 6,3 – 11,0. Измерения происходили в данном интервале pH. Тепловой эффект образования комплекса состава CoEdta^{2-} равен энтальпии смешения растворов. Смешанолигандное комплексообразование проводили взаимодействием раствора комплекса CoEn_3^{3+} с трилоном Б. Обобщенные результаты калориметрических исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

Термодинамические параметры в системе $\text{Co(II, III)} - \text{En} - \text{EDTA}$

Реакция	lgK	Δ_rH , кДж/моль	Δ_rG^0 , кДж/моль	Δ_rS , Дж/моль К
$\text{Co}^{3+} + 3\text{En} \rightleftharpoons \text{CoEn}_3^{3+}$	47,9	19,8	-273,3	850,6
$\text{Co}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons \text{CoY}^{2-}$	18,3	-7,5	-104,4	243,5
$\text{CoEn}_3^{3+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{CoEn}_2\text{Y}] + \text{En}$	9,76	-51,4	-55,7	0,9
$\text{Co}^{3+} + 2\text{En} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{CoEn}_2\text{Y}]$	57,66	-31,6	-328,9	997,6

На тепловой эффект реакций комплексообразования в растворе преимущественное влияние оказывают два процесса – это образование координационных связей между атомом комплексообразователя и атомами лиганда и гидратация всех участвующих в процессе частиц.

Невысокие значения энтальпии комплексообразования в первых двух случаях могут быть связаны с разрушением гидратной оболочки иона кобальта и частичным разрушением гидратных оболочек атомов лигандов. В любом случае комплексообразование приводит к тому, что гидратирующиеся атомы теряют практически полностью все молекулы воды, что и приводит к эндотермичности реакции. Причем очевидно, что больший вклад в тепловые эффекты процессов гидратации/дегидратации оказывают ионы комплексообразователя, чуть меньший – анионы этилендиаминтетраацетата и минимальный – нейтральные молекулы этилендиамина.

Высвобождающиеся при этом молекулы воды вызывают рост энтропии. В целом энергия Гиббса реакции получается отрицательной, и равновесие смещается в сторону комплексообразования.

В реакции внутрисферного замещения одной молекулы этилендиамина на анион ЭДТА с одной стороны происходит высвобождение части активных атомов лигандов и их частичная гидратация, с другой – образование энергетически более прочных связей ионной природы между катионом металла и карбоксильными анионами этилендиаминтетраацетата. Все вместе это приводит к тому, что данная реакция является более экзотермической, чем все реакции образования простых комплексов.

Все высказанные предположения подтверждаются, если рассмотреть смоделированную реакцию образования смешанолигандного комплекса из катионов кобальта и двух лигандов. Относительно невысокий экзотермический эффект объясняется неполным разрушением гидратных оболочек за счет неполной реализации дентатности лигандов и образования прочных связей с ЭДТА. Кроме того, освобождение большого количества молекул воды приводит к резкому увеличению энтропии.

Методы определения оксиэтилидендифосфоновой кислоты в воде

Ахмадуллина Р. З., студ. 4 курса

Науч. рук. — Павлов А. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ruruzilya@gmail.com

Оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФ) относится к классу бифосфонатов, представляет собой белый кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Особенности строения молекулы ОЭДФ позволяют образование устойчивых хелатов. Благодаря этому комплексообразующий реагент и ее хелаты применяются в промышленности в качестве солеотложений в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения. Обработка воды фосфонатами позволяет исключить стадию деаэрации воды. Также ОЭДФ применяется в качестве комплексообразующего реагента в химической и текстильной промышленности; для борьбы с болезнями растений в сельском хозяйстве. Кроме того, широко используется для лечения многих заболеваний. ОЭДФ и этидронат применяются в качестве регуляторов кальциевого обмена на клеточном уровне для лечения болезни Педжета. ОЭДФ угнетает образование и рост кальциевых камней в почках. Введение ОЭДФ в организм при отравлении ионами Be^{2+} устраняет угнетение активности щелочной фосфатазы [1].

Известно, что оксиэтилидендифосфоновая кислота является четырехосновной кислотой и имеет наряду с чисто кислотными центрами Р-О-Н гидроксильную группу С-О-Н (рис. 1).

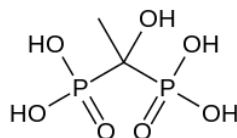


Рис. 1. Молекула ОЭДФ

Сочетание в молекуле двух сильноокислых фосфоновых групп делает возможным образование этими лигандами прочных не только нормальных, но и протонированных комплексов со щелочноземельными, переходными и редкоземельными элементами (табл. 1) и тем самым расширяет область рН существования комплексов от кислой до щелочной. Уникальным свойством ОЭДФ является ее способность вступать во взаимодействие с катионами в сильноокислой среде, вплоть до шестинормальной азотной кислоты [2].

Таблица 1

Логарифмы констант устойчивости комплексов оксиэтилидендифосфоновой кислоты

	ML	MHL	M ₂ L	ML ₃
Be^{2+}	16,5	13,4	25,7	
Al^{3+}	21,4	15,3	27,2	25,9
Fe^{3+}	21,6	16,2	29,1	25,2

Для количественного определения ОЭДФ обычно используют спектрофотометрический метод, основанный на определении поглощения окрашенного комплекса ОЭДФ.

Первый метод – фотометрическое определение ОЭДФ в присутствии молибдата натрия и аскорбиновой кислоты. Определение ведут путем обработки анализируемой пробы раствором соли молибдена (6+) в кислой среде. Полученную смесь дополнительно обрабатывают аскорбиновой кислотой и солью меди (2+). Процесс ведут с последующим фотометрированием полученного соединения $\text{H}_6[\text{OЭДФ Mo}_{18}\text{O}_{62}]$ [3]. Результат фотометрического измерения ОЭДФ в присутствии молибдата натрия и аскорбиновой кислоты представлен на графике (рис. 2).

Второй метод – фотометрическое определение ОЭДФ в присутствии железа III и фторидов. Определение основано на измерении светопоглощения комплекса ОЭДФ с ионами железа (III) $\text{Fe}[\text{OЭДФ}]$ в присутствии фторид-ионов при рН 2–3. Измерение светопоглощения проводят на спектрофотометре в ультрафиолетовой области при длине волны (270 ± 10) нм [4]. Результат фотометрического измерения ОЭДФ в присутствии железа III и фторидов представлен на графике (рис 3).

Третий метод – фотометрическое определение ОЭДФ с предварительным разложением. Метод основан на предварительном разложении вещества в целях перевода его в форму ортофосфата и в последующем фотометрическом определении концентрации ортофосфат-иона по реакции восстановления фосфор-

номолибденовой гетерополиокислоты. Разложение ОЭДФ осуществляется при нагревании в присутствии персульфата аммония. Процесс ведут с последующим фотометрированием полученного соединения $H_6[P_2Mo_{18}O_{62}]$ [5]. Результат фотометрического измерения ОЭДФ с предварительным разложением представлен на графике (рис. 4). По представленной таблице видно, что тангенс угла наклона k в фотометрическом методе определения ОЭДФ с предварительным его разложением имеет большее значение и поэтому является самым точным для определения фосфонатов в растворе. Определение фосфонатов без разложения лучше проводить по фотометрическому методу определения ОЭДФ в присутствии молибдата натрия и аскорбиновой кислоты.

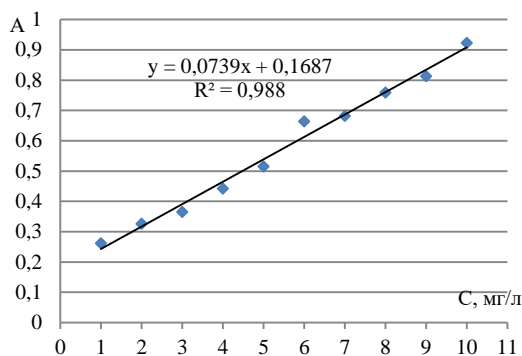


Рис. 2. Градуировочная зависимость оптической плотности от концентрации ОЭДФ в присутствии молибдата натрия и аскорбиновой кислоты

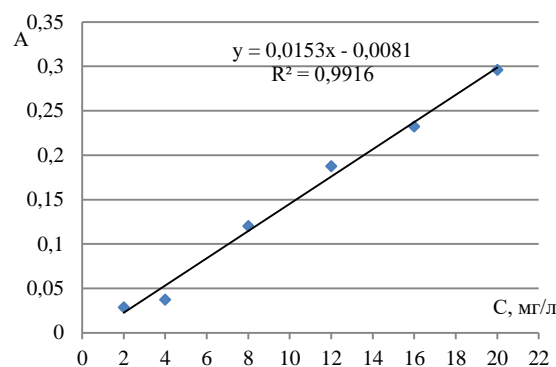


Рис. 3. Градуировочная зависимость оптической плотности от концентрации ОЭДФ в присутствии железа III и фторидов

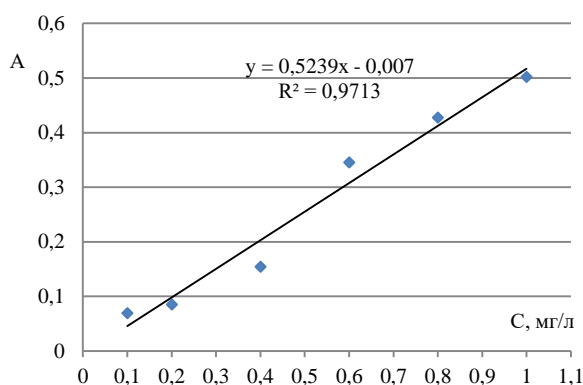


Рис. 4. Градуировочная зависимость оптической плотности от концентрации ОЭДФ с предварительным разложением

Таблица 2

Сравнение методов анализа

Методы определения ОЭДФ	tg k относительно холостого раствора	Диапазон концентраций (мг/л)
Фотометрический метод определения ОЭДФ в присутствии молибдата натрия и аскорбиновой кислоты	0,0739	1–10
Фотоколориметрический метод определения ОЭДФ в присутствии железа III и фторидов	0,0153	0–20
Фотометрический метод определения ОЭДФ с предварительным его разложением	0,5239	0,1–1

Выводы:

- 1) Проведены поиск и апробация методов определения ОЭДФ в растворе.
- 2) Фотометрический метод определения ОЭДФ с предварительным его разложением является самым точным.
- 3) Методы определения ОЭДФ в растворе, не предусматривающие разрушение лиганда, не являются в достаточной степени надежными и точными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Золотухина М. М., Крутиков В. И., Лаврентьев А. Н. Производные дифосфоновых кислот: синтез и биологическая активность. 1993. С. 692–693
2. Кабачник М. И., Медведь Т. Я., Дятлова Н. М., Рудомино М. В. Фосфорорганические комплексоны // Успехи химии. 1974. Вып. 9. С.1567
3. Пат. 1442908 МПК G01N 31/00. Способ определения оксиэтилидендифосфоновой кислоты: Заявл. 1986.10.01: опубл. 1988.12.07 / Крейнгольд С.У., Юталь Е.М.; – 1 с.
4. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны / Муравьева С.И., Бабина М.Д., Дьякова Г.А. Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора Российской Федерации. Москва, 1992. 67 с
5. Методические указания по стабилизационной обработке охлаждающей воды в оборотных системах охлаждения с градирнями оксиэтилидендифосфоновой кислотой / Ю.Ф.Боднар, Р.К.Гронский. Уральский филиал ВТИ им. Ф.Э.Дзержинского. Изд-во научно-техническое управление по эксплуатации энергосистем. 1983. 5 с.

Влияние физико-химических факторов на получение комплекса включения β -ЦД с нимесулидом

Бартенева Е. С.¹, Грехнева Е. В.¹, Брескин К. А.¹, Ефанов К. С.²

1 – Курский государственный университет, г. Курск

2 – Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, г. Москва
yekaterina.barteneva@bk.ru

В 21 веке фармацевтическая индустрия играет ведущую роль в жизни любой страны. Создание лекарственных препаратов является, безусловно, важной и необходимой отраслью, как легкой промышленности, так и науки. На данный момент не существует лечебных средств, которые не были заранее изучены специалистами. Разработка, анализ, совершенствование и непосредственный эксперимент, составляют фундамент каждого исследования медицинских препаратов. За последние десятки лет, ученые создали множество модификаций лекарств, ставших обыденными для каждого человека, это означает, что мир уже никогда не сможет отказаться от продуктов фармации.

Очевидно, что при любом воспалении человек немедленно обращается к стандартным анальгетикам и спазмолитикам, например, анальгин, ибупрофен или нимесулид. Данные препараты в свою очередь или замедляют активацию противовоспалительных медиаторов, или предотвращают рекрутирование сосудов и капилляров и иницирование лейкоцитов в зоне воспаления. При этом нестероидные противовоспалительные средства (НПВС) наиболее часто используются для лечения воспалительных процессов. Коротко описывая механизм действия противовоспалительных препаратов, можно сказать, что он основан на угнетении выработки простагландинов из арахидоновой кислоты с помощью ингибирования фермента циклооксигеназы. В целях поиска нового подхода к улучшению фармакокинетических свойств НПВС, а также уменьшения токсического воздействия на организм и снижения терапевтической дозы, нами было проведено исследование по включению действующего вещества – нимесулида в полость молекулы β -циклодекстрина (β -ЦД). Улучшение фармакокинетических и фармакодинамических свойств такого пространенного НПВС, как нимесулид, без сомнений, является актуальной задачей.

Создание комплексов включения на основе ряда циклодекстринов является инновационным подходом к повышению биодоступности различных классов препаратов. Данные макромолекулы получают все больше интереса со стороны ученых, работающих в области высокомолекулярных соединений и супрамолекулярной химии[1]. Циклодекстрины обладают особым свойством, а именно гидрофобной внутренней полостью, которая способна инкапсулировать в себя широкий спектр соединений, тем самым повышая свою растворимость и термостабильность. Выбранный нами β -ЦД является наиболее широко применяемым, благодаря своей ценовой доступности и наиболее простым способом производства. Некоторые физико-химические свойства β -ЦД приведены в таблице 1[2].

Таблица 1

Физико-химические свойства β -ЦД

Параметр	β -ЦД
Число глюкопиранозных единиц	7
Объем внутренней полости молекулы, Å^3	262
Диаметр полости тора, Å	7,8
Молярная масса, г/моль	1134
Растворимость при 25 °С (г/100 мл) в воде (дистилл.)	1,85
Содержание воды в кристаллической форме ЦД, %	13–15

Предпосылками к образованию комплекса включения β -ЦД с нимесулидом является соизмеримость размеров реагирующих соединений, а именно внутренней полости ЦД и диаметра молекулы нимесулида. Для построения и оптимизации геометрии веществ использовался пакет прикладных программ ChemOffice 16.0. Полученные 3D структуры представлены на рисунках 1 и 2, соответственно.

С помощью длин межатомных маршрутов удалось рассчитать диаметр молекулы нимесулида, который составил 5,23 Å. Следовательно, размер молекулы нимесулида удовлетворяет размеру внутренней полости β -ЦД, это свидетельствует о возможности образования комплекса включения. Стехиометрия исходных веществ – 1:1.

Методика получения комплексов включения основана на методе соосаждения[3]. В растворенный в воде β -ЦД по каплям добавляли нимесулид, предварительно растворенный в органическом растворителе, затем комплекс включения осаждали добавлением ацетона. Полученный осадок комплекса включения отфильтровывали и высушивали на воздухе. Качественный состав полученных соединений подтвержден методами тонкослойной хроматографии и ИК-спектроскопии, количественный методами УФ-спектроскопии[4]. Кроме того, большое влияние на комплексообразование оказывали такие внешние факторы, как температура, время перемешивания, время отстаивания, объем воды и объем ацетона. В общей сумме нами получено 5 образцов, получение которых отличалось указанными выше факторами. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

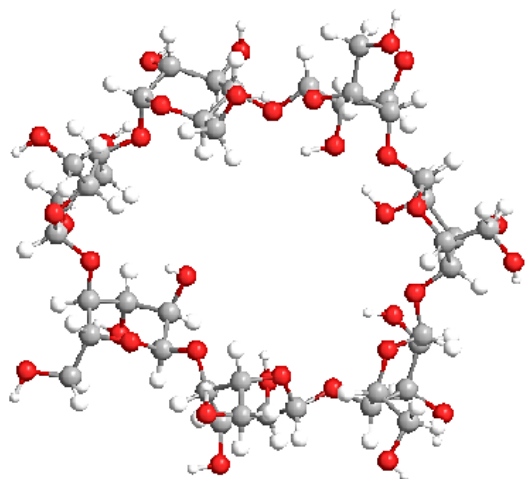


Рис.1. 3D модель молекулы β -ЦД, построенная и оптимизированная в программе ChemOffice 16.0

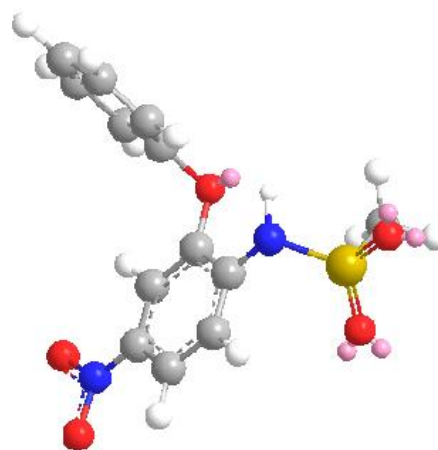


Рис.2. 3D модель молекулы нимесулида построенная и оптимизированная в программе ChemOffice 16.0

Таблица 2

Влияние физико-химических факторов на процесс комплексообразования

№	ЦД	В-во гость	Время перемешивания, сут	Время отстаивания, сут	Vводы, мл	Vацетона, мл	Сн/с в сухом продукте, %	Выход, % (масс)
1	β	нимесулид	1	1	50	50	34	34,6
2			1	1	30	30	47	70%
3			3	3	30	30	53	39%
4			4	4	25	15	65	15,6%
5			6	4	25	–	82	70,9%

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что длительное время перемешивания и отстаивания, а также минимальный объем воды в зоне реакции оказывает положительное воздействие на процесс комплексообразования. Более того, отсутствие ацетона в растворе значительно повышает выход комплекса включения и концентрацию нимесулида в сухом продукте. Это можно объяснить тем, что ацетон образует сольватный ассоциат с циклодекстрином, вследствие чего может конкурировать за свободное место в полости с предполагаемым гостем. Следовательно, говоря о выборе растворителя, в большинстве случаев, следует отдавать предпочтение водным системам.

Таким образом, в результате работы, стало ясно, что улучшение фармакокинетических свойств различных лекарственных препаратов является важным и интересным направлением для исследователей. А комплексы включения циклодекстринов отражают современные тенденции химии лекарственных средств.

Благодаря эксперименту, выяснилось, что процесс комплексообразования может усложняться под воздействием ряда физико-химических факторов, при этом подобранные нами условия и методика могут применяться для синтеза комплексов включения множества различных НПВС с циклодекстринами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Astakhova A. V., Demina N. B.* Modern technologies of dosage forms: Preparation, research and use of complexes of inclusion of medicinal substances with cyclodextrins // *J. Chem. Pharm.* 2004. P. 38–49.
2. *Ramnik Singh* Characterization of Cyclodextrin Inclusion Complexes // *Journal of Pharmaceutical Science and Technology.* 2010. Vol. 2(3). P. 170–172.
3. *Бартенева Е. С., Грехнева Е. В.* Получение и теоретическое исследование комплексов включения нимесулида с β - и γ -циклодекстринами // *Электронный научный журнал Auditorium*, 2022. С. 1–4.
4. *Grekhneva E. V.; Barteneva E. S.; Efanov K. S.* Peculiarities of Obtaining and Modeling the Structure of Nimesulide Clathrate Complexes with and Cyclodextrins // *Chem. Proc.* 2022. P. 1–8.

Изучение сорбционной активности энтеросорбента на основе лигнина гидролизного

Басырова Р. Р., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смотрица Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
regi.basirova@yandex.ru

В настоящее время энтеросорбенты являются обязательным компонентом комплексной терапии при разных видах интоксикации. Поэтому изучение их сорбционной способности считается неотъемлемой частью современной медицины.

Целью настоящей работы является изучение сорбционной активности в отношении метиленового голубого препаратом, относящимся по своей химической структуре к группе природных органических сорбентов на основе гидролизного лигнина, а также наблюдение кинетики сорбции в условиях идентичных кислотности желудочного сока и двенадцатиперстной кишки.

В качестве объекта исследования был выбран медицинский препарат полифепан, представляющий собой энтеросорбент растительного происхождения, состоящий из полимера лигнина, структурными элементами которого являются производные фенилпропана и гидроцеллюлозы. Являясь компонентом ряда пищевых растительных продуктов, лигнин совместим с организмом человека [1, 2]. Он не переваривается пищеварительными ферментами, не усваивается пищеварительной системой человека, ферментируется кишечными бактериями. Полифепан обладает высокой сорбционной активностью по отношению к веществам с низкой и средней молекулярной массой, что обусловлено его небольшой удельной поверхностью и относительно большим размером частиц; наличие в составе лигнина различных функциональных групп, в том числе метоксильных, карбоксильных, карбонильных, различной природы гидроксильных и др., обеспечивает способность связывать токсиканты по механизмам физической адсорбции, хемосорбции и комплексообразования [2].

Адсорбционные свойства препарата оценивали по метиленовому голубому – катионному красителю, используемому в ряде работ в качестве маркерного вещества, моделирующего токсины с массой до 500 г/моль [3].

Перед проведением работы целевой продукт отмывали от вспомогательных веществ и примесей (сахароза и зольные элементы). Заливали препарат дистиллированной водой и оставляли на несколько суток для отстаивания. В процессе отстаивания частицы препарата выпадали из жидкой дисперсионной среды в виде не растворившегося остатка. Промывание препарата проводили до исчезновения темно-коричневой окраски промывных вод. Полученную дисперсную систему отфильтровывали с помощью вакуумного насоса, применяя фильтр «синяя лента». После отмывки сорбент высушивали на воздухе до постоянной массы. Адсорбцию проводили из водных растворов маркерного вещества в диапазоне концентраций 0,00078 – 2 г/л при модуле сорбент/сорбат 1:200. Концентрацию красителя в растворе определяли спектрофотометрическим методом. Изотерма сорбции метиленового голубого полифепаном приведена на рис. 1. Максимальная сорбционная емкость, рассчитанная по уравнению Ленгмюра, составила 14 масс. %, что свидетельствует о высокой сорбционной способности препарата к красителю.

Изучение кинетики сорбции проводили из растворов с концентрацией 1 г/л в условиях идентичных ЖКТ здорового человека, а именно при pH от 1–2, соответствующем кислотности желудка, и при pH 7–8, соответствующем среде двенадцатиперстной кишки. При анализе кинетических кривых показано, что сорбционное равновесие устанавливается через 5 и 6 суток для pH 1,5 и 7,6 соответственно. Обнаружено,

что в условии равновесия величина сорбционной емкости при pH 7,6 превышает аналогичную величину при pH 1,5 примерно в 2 раза, т.е. полифепан более эффективен для энтеральной детоксикации. Высокая сорбционная емкость лигнина к катионному сорбату в щелочной среде обусловлена, по нашему мнению, преимущественным участием в сорбционном процессе депротонированных кислотных групп сорбента различной природы (карбоксилат- и фенолят-анионов).

Линеаризация кинетических кривых в координатах уравнений диффузионной кинетики показала, что начальная стадия сорбционного процесса наилучшим образом может быть описана уравнением модели внешней диффузии.

Для определения вклада химического взаимодействия метиленового голубого с полярными группами лигнина в скорость сорбции кинетические кривые аппроксимировали уравнениями псевдо-первого и псевдо-второго порядков, наиболее широко используемыми для описания кинетики сорбционных процессов [4] (рис. 2, 3).

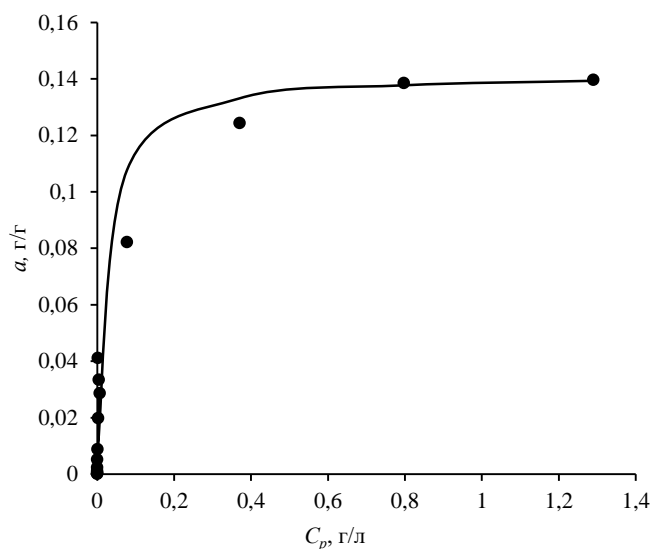


Рис. 1. Изотерма сорбции метиленового голубого на полифепане: точки – эксперимент; линия – расчет по уравнению Ленгмюра

Можно видеть, что обе модели удовлетворительно описывают результаты кинетического эксперимента ($R^2 \geq 0,99$) с той разницей, что уравнение псевдо-первого порядка не описывает равновесную часть кинетических кривых. Это позволяет заключить, что стадия химического взаимодействия вносит заметный вклад в скорость сорбции метиленового голубого полифепаном.

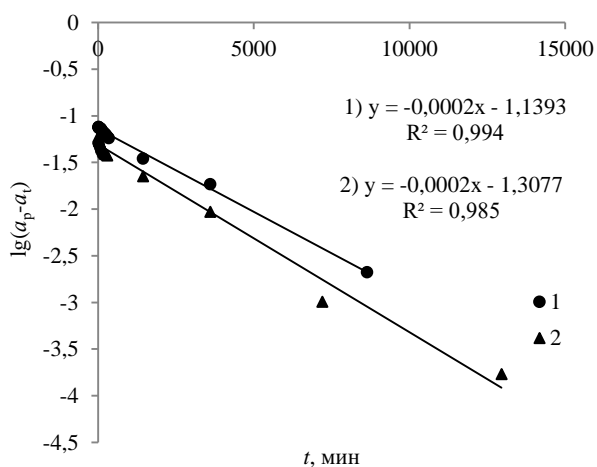


Рис. 2. Кинетические кривые сорбции метиленового голубого на полифепане в координатах уравнения псевдо-первого порядка: 1 – pH 7,6; 2 – pH 1,5

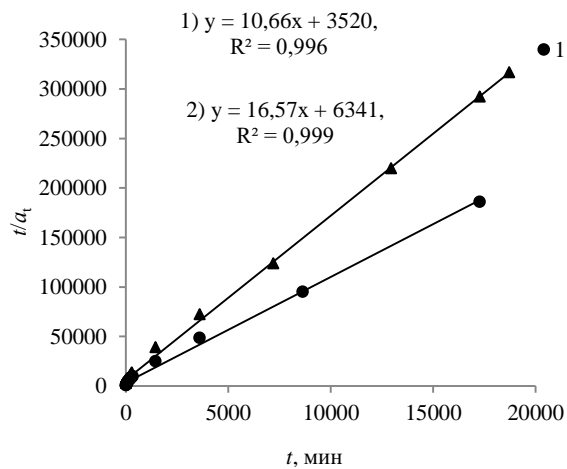


Рис. 3. Кинетические кривые сорбции метиленового голубого на полифепане в координатах уравнения псевдо-второго порядка: 1 – pH 7,6; 2 – pH 1,5

ЛИТЕРАТУРА

1. Тунакова Ю. А. Определение степени выведения избыточного количества металлов из организма, исходя из принимаемых доз биополимерных энтеросорбентов / Ю. А. Тунакова, Ю. А. Шамакова, А. В. Чирков // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 9. С. 181–183.
2. Файзуллина Р. А. Современные подходы к использованию сорбционных технологий в коррекции микроэлементных нарушений у детей / Р.А. Файзуллина, В.С. Валиев, Ю.А. Тунакова // Эффективная фармакотерапия. Гастроэнтерология. 2011. № 1. С. 49–54, 63.
3. Изучение энтеросорбционной активности углеродных сорбентов на основе органосольventного лигнина древесины пихты / Е.В. Веприкова, И.П. Иванов, Н.В. Чесноков, Б.Н. Кузнецов // Журнал Сибирского федерального ун-та. Химия. 2018. №2. С. 249–261.
4. Хамизов Р. Х. О кинетическом уравнении псевдо-второго порядка в сорбционных процессах / Р.Х. Хамизов // Журн. физ. химии. 2020. Т. 94, № 1. С. 125–130.

**Изучение и сравнение белковых пенообразователей
на основе гидролизатов кератинсодержащего сырья,
полученных гидролизом с использованием гидроксида натрия
и смеси гидроксида натрия с гидроксидом кальция**

Брескин К. А., Розанова Е. Н., Жмыхов В. М., Бартенева Е. С.

Курский государственный университет, г. Курск
alex_danilov_46rus@mail.ru

В наше время жизнедеятельность человека сопровождается образованием огромного количества вторичных биологических отходов, которые, загрязняя окружающую среду, в свою очередь остаются весьма важными источниками для производства иных ценных продуктов. Проблема комплексной переработки сырья, с вовлечением в промышленно-хозяйственный оборот отходов производства, в качестве побочного сырья, становится весьма актуальной и значимой в масштабах современной промышленности.

В последние годы резко увеличился объем работ и исследований, направленный на изучение такой многокомпонентной системы как сырье животного происхождения, появилось большое количество способов извлечения из него ценных химических продуктов. В основном получают кератин – белок, имеющий повышенную прочность. Большое его содержание зарегистрировано в таких материалах как рога, копыта, шерсть, волосы, щетина крупного и мелкого рогатого скота, а также в пухе и перьях птиц [1].

Щелочной гидролиз пользуется особой популярностью при получении белковых пенообразователей из твердых кератинов, как метод воздействия на данные биоматериалы, с целью дальнейшего использования получаемых продуктов. Стоит отметить, что гидролиз не доводят до самого конца вследствие того, что продукты окончательного разрушения белков – аминокислоты – не представляют стабильную пену, она довольно стремительно разрушается во времени [2].

Белковые пенообразователи на основе гидролизатов кератинсодержащего сырья, полученных с использованием щелочного гидролиза, имеют свойства, незаменимые для строительной отрасли. Например, из белковых пенообразователей получается пенобетон с наивысшими характеристиками качества [3,4].

Таблица 1

Характеристика гидролизатов РКС, использованных в эксперименте для получения белковых пенообразователей

№ п/п состава пенообразователя	Отличительный признак пенообразователя: природа и соотношение масс щелочного реагента, РКС и воды при получении гидролизата РКС, $m_{щел.реаг.}:m_{РКС}:m_{в.г.г}$
1	NaOH, 5,5:43:130
2	NaOH, 7:43:130
3	NaOH, 8,5:43:130
4	NaOH, 10:43:130
5	NaOH, 11:43:130
6	NaOH, 12:43:130
7	NaOH+ Ca(OH) ₂ , (8 + 0,5):43:130
8	NaOH+ Ca(OH) ₂ , (8,1 + 0,4):43:130
9	NaOH+ Ca(OH) ₂ , (8,2 + 0,3):43:130
10	NaOH+ Ca(OH) ₂ , (8,3 + 0,2):43:130
11	NaOH+ Ca(OH) ₂ , (8,4 + 0,1):43:130

В своей работе мы использовали уже готовые гидролизаты на основе кератинсодержащего сырья (РКС), из которых нами было получено 11 белковых пенообразователей, в 6 из них щелочным агентом при

гидролизе выступал гидроксид натрия (NaOH), а в остальных 5 – смесь гидроксида натрия с гидроксидом кальция (Ca(OH)₂). Характеристика данных гидролизатов представлена в таблице 1.

После выполнения производственной методики по сборке ПО, рекомендуется настаивать каждый пенообразователь в течение 24 часов. И после этого получать пену и определять кратность, удельный вес и устойчивость пены.

Для приготовленных белковых пенообразователей были определены кратность и удельный вес пены по производственной методике. Результаты определений кратности пены и объемного веса пены представлены в таблице 2.

Такие характеристики пенообразователя как кратность пены и объемный вес пены имеют оптимальные значения: Кр – 12-18 единиц, объемный вес – 50–80 миллилитров.

Параллельно изучалась кинетика устойчивости пены (У) растворов пенообразователей. В качестве регистрируемой величины использовался объем пены, который измерялся каждые 10 минут в течение 60 и 90 минут. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 2

Определение кратности пены и объемного веса пены для пенообразователей на основе гидролизатов РКС, полученных щелочным гидролизом с использованием NaOH индивидуально и в смеси с Ca(OH)₂

№ п/п состава пенообраз-ля	Отличительный признак пенообразователя: природа и соотношение масс щелочного реагента, РКС и воды при получении гидролизата РКС, $m_{щел.pear}:m_{PKC}:m_{в}, г:г:г$ (отношение $m_{щел.pear}/m_{в}, г/г$)	$m_{пены}, г$	Кр, ед	Объемный вес пены, г/л
1	NaOH, 5,5:43:130 (0,042)	13,30	17,293	57,827
2	NaOH, 7:43:130 (0,054)	15,00	15,333	65,219
3	NaOH, 8,5:43:130 (0,065)	15,95	14,420	69,348
4	NaOH, 10:43:130 (0,077)	15,65	14,697	68,041
5	NaOH, 11:43:130 (0,085)	17,70	12,994	79,959
6	NaOH, 12:43:130 (0,092)	17,80	12,921	77,393
7	NaOH+ Ca(OH) ₂ , (8 + 0,5):43:130 (0,0615 + 0,0038)	9,60	13,020	76,805
8	NaOH+ Ca(OH) ₂ , (8,1 + 0,4):43:130 (0,0623 + 0,0031)	8,50	14,705	68,001
9	NaOH+ Ca(OH) ₂ , (8,2 + 0,3):43:130 (0,0631 + 0,0023)	8,50	14,705	68,001
10	NaOH+ Ca(OH) ₂ , (8,3 + 0,2):43:130 (0,0638 + 0,0015)	9,30	13,440	74,404
11	NaOH+ Ca(OH) ₂ , (8,4 + 0,1):43:130 (0,0646 + 0,0008)	8,70	14,368	69,599

Таблица 3

Изменение устойчивости пены (У, %) во времени для растворов исследуемых пенообразователей

		Время, мин									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ПО №1 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{PKC}:m_{в} = 5,5:43:130$		100	100	100	100	100	100	99,6	98,8	98	97,2
ПО №2 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{PKC}:m_{в} = 7:43:130$		100	97,2	95,6	92,4	89,2	86	79,6	74,4	70	65,6
ПО №3 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{PKC}:m_{в} = 8,5:43:130$		100	95,2	90	79,2	75,2	69,2	63,2			
ПО №4 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{PKC}:m_{в} = 10:43:130$		100	94,8	86,4	72,8	60,4	45,6	36,8	27,6	21,2	17,2
ПО №5 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{PKC}:m_{в} = 11:43:130$		100	78,4	68,8	57,6	40,8	29,6	22,4	20,4	16,4	11,6
ПО №6 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{PKC}:m_{в} = 12:43:130$		100	95,6	85,2	77,6	66	58	50	40,8	31,6	23,6
ПО №7 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{Ca(OH)_2}:m_{PKC}:m_{в} = 8,0+0,5:43:130$		100	70,4	38,4	30,4	28	24,8	22,4	20	17,6	15,2
ПО №8 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{Ca(OH)_2}:m_{PKC}:m_{в} = 8,1+0,4:43:130$		100	98,4	96,8	80	69,6	62,4	55,2	51,2	45,6	40
ПО №9 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{Ca(OH)_2}:m_{PKC}:m_{в} = 8,2+0,3:43:130$		100	89,6	68,8	52	40	36	29,6	24	18,4	14,4
ПО №8 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{Ca(OH)_2}:m_{PKC}:m_{в} = 8,3+0,2:43:130$		100	98,4	89,6	80	70,4	61,6	54,4	47,2	40	34,4
ПО №9 на основе гидролизата, полученного с соотношением, $m_{NaOH}:m_{Ca(OH)_2}:m_{PKC}:m_{в} = 8,4+0,1:43:130$		100	92	80	72	61,6	46,4	34,4	27,2	21,6	16,8

Таблица 4

Средние скорости снижения устойчивости пены для всех растворов пенообразователей

№ ПО	Отличительный признак пенообразователя: природа и соотношение масс щелочного реагента, РКС и воды при получении гидролизата РКС, $m_{\text{щел.реаг.}}:m_{\text{РКС}}:m_{\text{в}}$, г:г:г (отношение $m_{\text{щел.реаг.}}/m_{\text{в}}$, г/г)	Средняя скорость снижения устойчивости пены, $v_{\text{ср}}$, %/мин
1	5,5:43:130 (0,042)	0,031
2	7:43:130 (0,054)	0,382
3	8,5:43:130 (0,065)	0,613
4	10:43:130 (0,077)	0,920
5	11:43:130 (0,085)	0,982
6	12:43:130 (0,092)	0,848
7	(8 + 0,5):43:130 (0,0615 + 0,0038)	0,942
8	(8,1 + 0,4):43:130 (0,0623 + 0,0031)	0,667
9	(8,2 + 0,3):43:130 (0,0631 + 0,0023)	0,951
10	(8,3 + 0,2):43:130 (0,0638 + 0,0015)	0,729
11	(8,4 + 0,1):43:130 (0,0646 + 0,0008)	0,924

Для наглядности составлена таблица 4, которая показывает значения средней скорости снижения устойчивости пены в минуту $v_{\text{ср}}$, %/мин для белковых пенообразователей. Подводя общий итог, можно сказать, что обработка и анализ полученных результатов показали, что качество белкового пенообразователя сильно зависит от количественного и качественного состава гидролизующего раствора при получении гидролизата кератинсодержащего сырья. Полученные нами данные по всем пенообразователям соответствовали оптимальным значениям кратности и объемного веса пены. Исходя из результатов таблицы 4, следует вывод о том, что медленнее всего теряют свой объем пены растворы ПО №1 и 2. Остальные же в свою очередь теряют в минуту приблизительно 1% своего объема пены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брескин К. А., Розанова Е. Н., Жмыхов В. М. Изучение пенообразующих свойств белковых пенообразователей на основе гидролизатов кератинсодержащего сырья, полученных с использованием гидроксида натрия // Электронный научный журнал Auditorium. 2022. С. 1–6
2. Ружинский А., Портник А. Савиных С. Все о пенобетоне, 2-е изд., улучш. и дополн. Спб., 2006. 7 с.
3. Брескин К. А., Розанова Е. Н., Жмыхов В. М., Бартенева Е. С. Изучение пенообразующих свойств белковых пенообразователей на основе гидролизатов кератинсодержащего сырья, полученных с использованием сульфида натрия // Сборник статей «Российская наука в современном мире» Москва, 2022. С. 78–80
4. Брескин К. А., Розанова Е. Н., Жмыхов В. М., Бартенева Е. С. Оценка пенообразующих свойств белковых пенообразователей на основе гидролизатов кератинсодержащего сырья, полученных с повышенным содержанием сульфида натрия в гидролизующем растворе // Сборник статей «EURASIASCIENCE». Москва, 2022. С. 79–81

Исследование возможности применения лекарственного препарата для противокоррозионной защиты стали в кислой среде

Брыксина В. А.¹, Айдемирова Ф. А.¹, Байшева У. В.¹, Курьято Н. А.²

1 – Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина, г. Тамбов

2 – Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
Bryksina_98@mail.ru

Коррозия представляет собой разрушение металла в результате химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой. Коррозионные процессы быстро развиваются, после разрушения защитного слоя на металлической поверхности и сопровождаются рядом реакций, изменяющих состав и свойства металлического изделия. Применение ингибиторов коррозии является одним из наиболее экономичных и эффективных способов защиты от коррозии промышленных объектов.

С этой целью в настоящий момент актуально применение натуральных продуктов, экстрактов растений поскольку является альтернативой другим видам ингибиторов из-за их биоразлагаемости, доступности, простоты получения, а также низкой токсичности.

Широкое применение в качестве ингибиторов кислотной коррозии получили и лекарственные препараты с истекшим сроком годности. Так как большинство препаратов были синтезированы из органических веществ и часто имеют в своем составе необходимые функциональные группы, содержащие атомы O, N, S, P. Образующиеся в молекуле связи формируют электронные пары в присутствии атомов и ионов метал-

лов. В результате адсорбции на поверхности металла создается защитный слой. Именно поэтому лекарственные препараты могут являться альтернативными коррозионными ингибиторами.

Цель данного исследования состояла в изучение ингибирующей способности просроченного препарата Омепразол – 5-метокси 2-[(4-метокси-3,5-диметилпиридин 2-ил)метилсульфинил]-1Н-бензимидазол, в 1Н растворе соляной кислоты с помощью метода импедансной спектроскопии. Структурная формула исследуемого ингибитора представлена на рис.1. Концентрация ингибитора находилась в пределах 10–40 мг/л.

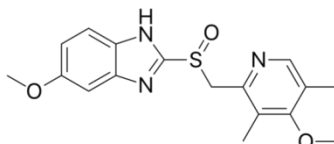


Рис. 1. Структурная формула Омепразола

Спектры импеданса изучали в диапазоне частот ($\omega/2\pi$) 10 кГц – 0,05 Гц с амплитудой переменного напряжения 10 мВ, используя электрохимический измерительный комплекс Solartron (Великобритания) состоящий из анализатора импеданса SI 1255 и потенциостата SI 1287.

Рабочий (СтЗ) и вспомогательный платиновый электроды располагали в трехэлектродной ячейке. В качестве электрода сравнения использовали хлоридсеребряный. Потенциалы пересчитывали на н.в.ш.

Образцы полировали и обезжировали ацетоном. Измерения частотных спектров импеданса проводили через 15 минут после погружения электрода в рабочий раствор. Результаты измерения импеданса обрабатывали по программе ZView 3.0, позволяющей вести расчеты по эквивалентным схемам с числом элементов до 20. Во избежание ситуации нахождения локального минимума функции расчет повторяли несколько раз с различными начальными значениями элементов схемы.

Анализ годографов импеданса на стальном электроде проводили с использованием эквивалентной схемы (рисунок 2).

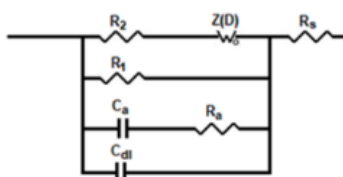


Рис.2. Эквивалентная схема, имитирующая поведение стального электрода в кислых растворах

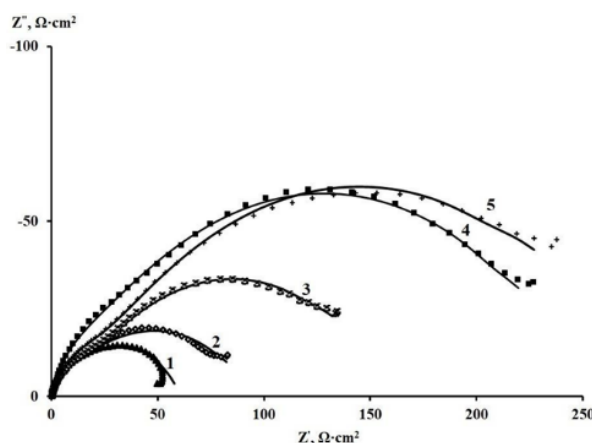


Рис. 3. Диаграмма Найквиста для стального электрода в 1 Н растворе HCl при потенциале коррозии в отсутствие (1) и в присутствии Омепразола, мг/л: 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30; 5 – 40.

Защитная эффективность ингибитора в рассматриваемой среде исследовалась с помощью метода электрохимического импеданса. На рисунке 3 представлены годографы, измеренные в 1Н растворе HCl. Как видно, диаметр дуг увеличивается с увеличением концентрации ингибитора, что указывает на увеличение общего сопротивления в системе и снижение скорости коррозии.

Из таблицы 1 следует, что с увеличением концентрации Омепразола сопротивление переносу заряда в анодной реакции R_1 увеличивается при менее значительном увеличении сопротивления переносу заряда катодной реакции R_2 .

По мере увеличения концентрации ингибитора происходит уменьшение емкости двойного электрического слоя C_{dl} . Это указывает на адсорбцию ингибитора на поверхности электрода.

Таблица 1

Численные значения элементов эквивалентной схемы при $E_{кор}$ стального электрода в 1 Н растворе HCl

Параметр	Омепразол, мг/л				
	Фон	10	20	30	40
R_s , Ом·см ²	0,49	0,49	0,47	1,00	0,49
C_{dl} , мкФ/см ²	100,55	56,07	34,61	19,20	20,68
R_1 , Ом·см ²	60,41	93,98	158,70	250,50	276,00
R_2 , Ом·см ²	14,39	10,13	16,47	22,91	21,00
C_a , мкФ/см ²	39,1	21,05	19,77	10,07	10,88
$Z(d)-R$, Ом·см ²	2968	1524	1100	8879	2758
$Z(d)-P$	0,59	0,50	0,54	0,56	0,54
$Z(d)-T$, с	33,92	31,62	23,28	12,01	22,19
R_a , Ом·см ²	8,70	17,34	20,69	8,85	32,19

Таким образом проведенные измерения методом импедансной спектроскопии позволяют говорить о возможности использования препарата Омепразол с истекшим сроком годности, в качестве ингибитора коррозии металлов в кислых средах.

Изучение геометрического строения комплексов Co(II) с азотсодержащими лигандами

Васильева П. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Петухова Т. В., канд. хим. наук, доц.

ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола
vs.polina01@mail.ru

Компьютерная химия есть некая область химии, основанная на изучении свойств молекул с применением компьютерных методов. С помощью ее методов, можно рассчитать многие характеристики комплексных соединений с высокой точностью, чего невозможно добиться экспериментальным путем. Это могут быть геометрические параметры, энергии разрыва связей в молекуле. Одной из актуальных задач современной координационной химии значится синтез и исследование комплексных соединений переходных металлов с биологически активными лигандами.

Комплексные соединения Co(II), в структуру которых входят азотсодержащие вещества, занимают важное место в области фармакологии и медицины. Кобальт относится к биогенным металлам и микроэлементам, необходимым для нормальной жизнедеятельности живых организмов [1]. Например, участвует в процессе кроветворения, повышает ферментную активность, входит в состав витамина B12, нормализует обмен веществ. Так же металл благоприятно сказывается на животных и растениях.

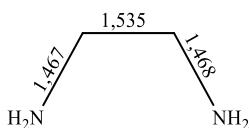


Рис. 1. Длины связей молекулы En-1, Å

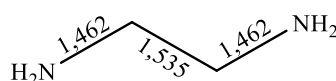


Рис. 2. Длины связей молекулы En-2, Å

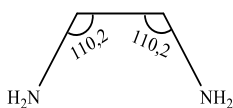


Рис. 3. Валентные углы в молекуле En-1, °

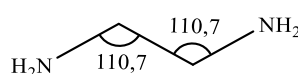


Рис. 4. Валентные углы в молекуле En-2, °

В данной работе проведен квантово-химический расчет геометрических параметров молекул этилендиамина, нитрилотриуксусной кислоты и комплексного соединения Co(II) с тремя молекулами этилендиамина.

Первым этапом наших исследований стало вычисление методом функционала плотности B3LYP в базе 6-31G(d) геометрического строения этилендиамина (En). Мы вычислили 1 структуру, у которой 2 конформации, геометрические параметры которых представлены на рисунках 1–4. Чтобы сравнить устойчивости структур, была рассчитана энтальпия образования веществ.

Таблица 1

Термохимические параметры этилендиамина

	En-1	En-2
ΔH , а. е	-190,3370	-190,3361

По рассчитанным данным, представленным на рисунках 3 – 4, и в таблице 1, более устойчивой конформацией является En-1. Но, так как разница между энергиями незначительна, можно предположить, что устойчивость обеих конформаций практически одинакова.

Следующим этапом мы вычислили длины связей и валентные углы в молекуле нитрилотриуксусной кислоты (NTA), у которой было рассчитано 2 конформации и смоделировано их геометрическое строение. Как и в случае с этилендиамином сравнивали устойчивости структур NTA при помощи вычисленной энтальпии образования веществ.

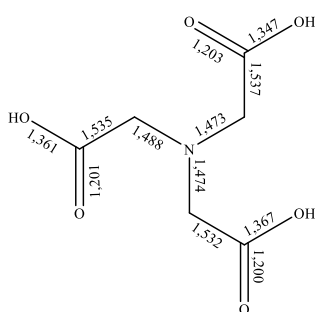


Рис. 5. Длины связей молекулы NTA-1, Å

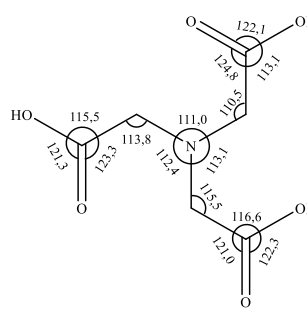


Рис. 6. Валентные углы в молекуле NTA-1, °

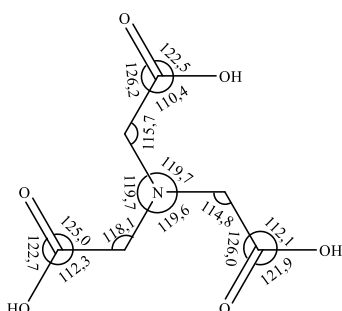


Рис. 7. Длины связей молекулы NTA-2, Å

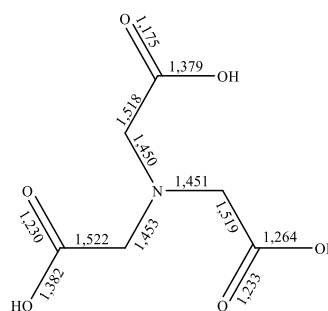


Рис. 8. Валентные углы в молекуле NTA-2, °

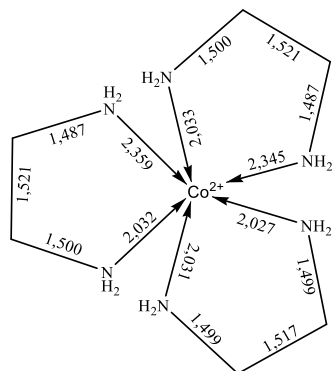
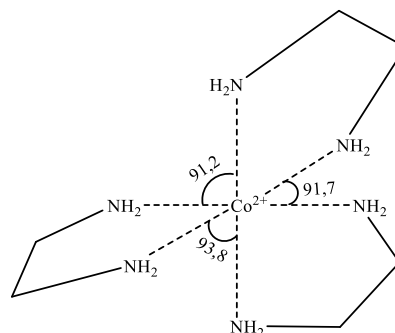
Таблица 2

Термохимические параметры нитрилоуксусной кислоты

	NTA-1	NTA-2
ΔH , а. е	-739,7018	-739,3770

Сопоставив вычисленные данные, получили, что NTA-1 на 221,8 ккал/моль устойчивее, чем NTA-2. Мы можем предположить, что высокая разница между энергиями возникает в следствии того, что водород может связываться с атомом кислорода в карбоксильной группе, образуя водородную связь.

Рассчитав этилендиамин и нитрилоуксусную кислоту, приступили к определению геометрических параметров комплекса Co(II) с тремя молекулами этилендиамина. Получили следующие вычисленные валентные углы и длины связей, представленные на рисунках 9 и 10.

Рис. 9. Длины связей комплекса $[\text{Co}(\text{En})_3]^{2+}$, ÅРис. 10. Углы комплекса $[\text{Co}(\text{En})_3]^{2+}$, °

После оптимизации геометрии, комплекс принимал форму искаженного октаэдра. Это подтверждали полученные в процессе расчета величины атомных углов N-Co-N, которые отклонялись от значений углов правильного октаэдра (90°). Пятичленные циклы в комплексе имели конформацию конверт. Полученные значения длин связей мы сравнили с литературными данными. Вычисленные значения хорошо согласовались с экспериментальными данными.

Таблица 3

Длины связей комплекса Co(II) с этилендиамином, Å

Связь	$[\text{Co}(\text{En})_3]^{2+}$	Лит. данные [2]
Co-N	2,027–2,359	2,1540–2,1791
N-C	1,457–1,500	1,469–1,475
C-C	1,517–1,521	1,522

Таким образом, мы выполнили квантово-химическое моделирование молекул этилендиамина, нитрилотриуксусной кислоты, сравнили их устойчивости по энтальпии образований веществ. Рассчитали геометрические параметры комплекса Co(II) с тремя молекулами этилендиамина. DFT метод B3LYP в базе 6–31G(d) достаточно хорошо рассчитывает геометрическое строение комплексного соединения. Полученные данные могут быть полезны при изучении комплексов Co(II) с азотсодержащими лигандами более сложной структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вейкина Н. Н., Кадукова Е. М., Цуканова Е. В. [и др.] Радиомодифицирующее действие комплекса инозина с Co(II) при облучении мышей линии C57BL/6 // 2020. № 1. С. 46–53.
2. Cooke K., Olenev A. V., Kovnir K. Tris(ethylenediamine)cobalt(II) dichloride. Metal-organic compounds // Acta Cryst. 2013. P. 1600–5368.

Влияние термообработки на фотокаталитические свойства TiO_2

Веселова Е. А., Партыка А. А., Вяткина О. В.

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского,
Институт биохимических технологий, экологии и фармации, г. Симферополь
liza040401@yandex.ru

Диоксид титана TiO_2 — это материал, который широко используется в различных областях, включая катализ, электронику, косметику, экологию, строительство и даже пищевую промышленность. Но его актуальность связана с тем, что в большинстве случаев он используется как эффективный фотокатализатор. Применение диоксида титана в качестве фотокатализатора основано на его способности превращать световую энергию в химическую энергию (начать процесс обмена электронами). Основная проблема состоит в том, что активация данного катализатора возможна лишь под ультрафиолетовым светом (длина волны меньше 400 нм), а не видимым.

Наше исследование, проведенное ранее с участием подобного амфотерного оксида цинка ZnO , показало, что прокаливание при определенной температуре увеличивает фотоактивность данного катализатора

[1]. Исходя из этого, целью нашей работы является изучение влияния термообработки на фотоактивность диоксида титана TiO_2 .

Из литературных данных известно, что прокаливание диоксида титана при 800–900 °С приводит к перекристаллизации анатаза в стабильную структуру рутила с сохранением наноразмерности частиц конечного продукта [2]. Поэтому, для наглядности результатов, было принято решение прокалить одну часть проб при температуре 800 °С, а другую при 900 °С.

Прокаливание проводилось в муфельной печи, его продолжительность составляла от 1 ч до 2 ч. Размер частиц полученного материала устанавливали методом седиментации, а фотоактивность диоксида титана проверяли методом волюмометрии по реакции разложения перекиси водорода H_2O_2 .

В результате были получены следующие данные:

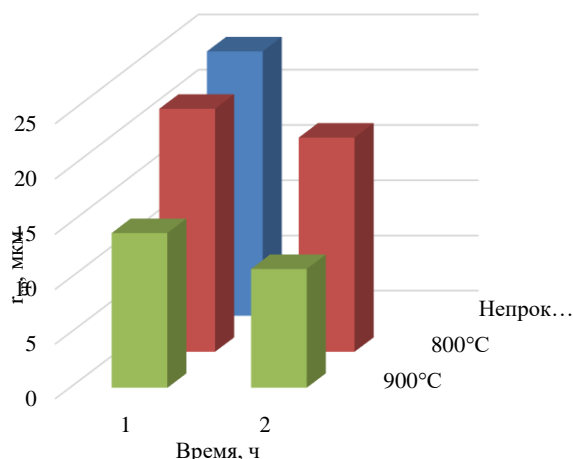


Рис. 2. Соотношение средних радиусов частиц доминирующих фракций каждого образца

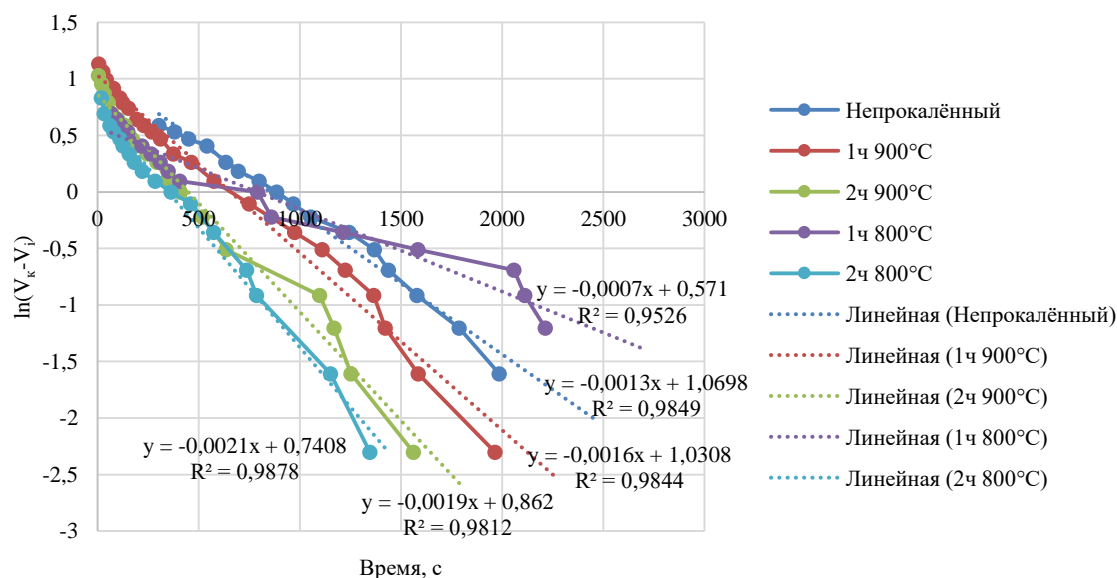


Рис. 3. Кинетика разложения пероксида водорода с непрокаленным, прокаленным 1 ч и 2 ч при 800 °С и 1 ч и 2 ч при 900 °С TiO_2

Прокаливание при 800 °С показывает достоверное уменьшение размера частиц только при длительности 2 ч, а при 900 °С происходит достоверное уменьшение размера частиц как в течение 1 ч (размер частиц меньше на 42% по сравнению с непрокаленным), так и 2 ч (размер частиц меньше на 54% по сравнению с непрокаленным). Результаты кинетических исследований представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы, прокаливание при любых температурах в течение любого времени не превращает диоксид титана TiO_2 в фотоактивный катализатор на видимом свете. Прокаливание при 800 °С в течение 1 ч не приводит к значимому увеличению константы скорости, в то время как в течение 2 ч константа скорости увеличивается практически в 2 раза (по сравнению с константой скорости непрокаленного

образца), следовательно, увеличивается непосредственно скорость самой фотокаталитической реакции. Такое изменение, по-видимому, связано с переходом структуры анатаза в стабильную структуру рутила и с уменьшением размера частиц. Подобная тенденция увеличения константы скорости от времени наблюдается и в образцах, прокаленных при 900 °С, однако константа скорости диоксида титана, прокаленного в течение 1 ч при 900 °С все же больше, чем в течение 1 ч при 800 °С, хотя при прокаливании 2 ч при обеих температурах значения константы одинаковые. Скорость реакции коррелирует со значением константы во всех экспериментах.

Таблица 1

Эффективные кинетические параметры реакции разложения пероксида водорода под действием диоксида титана

№	TiO ₂	C(H ₂ O ₂), М	n	с УФ	без УФ	υ _{ср} , мл/с	k
I	Непрокаленный	0,1	1	+	–	0,001	0,001
II	Прокаленный 1 час при 800 °С	0,1	1	+	–	0,001	0,001
III	Прокаленный 2 часа при 800 °С	0,1	1	+	–	0,002	0,002
IV	Прокаленный 1 час при 900 °С	0,1	1	+	–	0,0015	0,0016
V	Прокаленный 2 часа при 900 °С	0,1	1	+	–	0,002	0,002

Существенное уменьшение размера частиц приводит, как правило, к увеличению активности катализатора. Ведь с уменьшением размера частиц, уменьшается и площадь поверхности фотокатализатора, вследствие чего повышается количество поверхностных атомов и поверхностных активных центров. Следовательно, увеличивается количество поверхностных гидроксильных групп на катализаторе (диоксид титана TiO₂ находится в водном растворе пероксида водорода H₂O₂ и его поверхность подвергается процессу гидроксильирования) и увеличивается адсорбция. Все вышперечисленное повышает эффективность реакции.

Таким образом, в ходе исследования было выяснено, что термообработка при 800 °С и 900 °С уменьшает размер частиц, и, соответственно, термообработка непосредственно влияет на каталитическую активность диоксида титана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние термообработки на фотокаталитическую активность широкозонных полупроводников / Е.А. Кандагура, М.Д. Изнаурова, Е.А. Веселова, А.А. Патырка, О.В. Вяткина //Химия и химическая технология в XXI веке. Т-1. 2022. С. 344–345.
2. Способ получения диоксида титана: пат. 2613509 Рос. Федерация. № 2015151982 / Л.Г. Герасимова, Ю.В. Кузьмич, А.И. Николаев, Е.С. Щукина, Ю.Г. Киселев; заявл. 03.12.2015; опубл. 16.03.2017, Бюл. № 8. 7 с.

Мониторинг концентрации фенола в атмосферном воздухе г. Йошкар-Ола

Волков А. В., студ. 1 курса

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Av4310303@gmail.com

Фенол представляет собой высокотоксичное вещество, поэтому возможное превышение его фактической концентрации над критериальными величинами определяет необходимость оценки содержания, разработки эффективных методов и удаления его из атмосферы и гидросферы. Не менее важен учет фактической концентрации С₆H₅ОН в воздухе, в котором находится экотоксикант: рабочая зона; атмосфера спальных районов. В окружающую среду фенолы поступают различными путями: в результате переработки твердого топлива, при производстве бумаги, лакокрасочных изделий, производство фенолформальдегидных смол, клеев, различных пластиков, кожевенной и мебельной промышленности.

Для отбора проб воздуха использовался аспиратор для отбора проб воздуха ПУ-4Э. Потоки воздуха проходят через поглотительный раствор, который представляет собой 0,8% раствор карбоната натрия. Расход воздуха составляет 3 л/мин, отбор проводится в течение 20 мин. Измерение оптических плотностей проводили на спектрофотометре UNICO. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Далее согласно градировочному графику находится масса фенола в пробе.

Формула расчета массы по градировочному графику:

$$m = \frac{\bar{D} - D_{\text{хол}}}{B_{\text{исп}}}, (\text{мкг})$$

где \bar{D} – среднее значение оптической плотности

$D_{\text{хол}}$ – оптическая плотность холостой пробы

$V_{исп}$ – градуировочный коэффициент

Вычислив массу, найдите концентрация фенола в пробе воздуха, согласно формуле:

$$C = \frac{m \cdot a}{b \cdot V_0}, \text{ (мкг/дм}^3 \text{ или мг/м}^3\text{)}$$

где m – масса, найденная по графику, мкг

a – объем раствора в поглотителе, см³

b – объем раствора, взятого на анализ, см³

V_0 – объем отобранного воздуха, приведенного к н. у., дм³

Формула расчета объема отобранной пробы АВ, приведенного к нормальным условиям:

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273 \cdot P}{(273 + t) \cdot P_0},$$

где V_0 – объем АВ, приведенного к н. у., дм³

V_t – объем взятого на анализ АВ при температуре t и давлении P в месте отбора пробы, дм³

P – атмосферное давление в месте отбора, кПа

t – температура воздуха, прошедшего через ротаметр, °С

P_0 – атмосферное давление при н. у. 101,3 кПа

Вычисленные результаты представлены в таб. 2.

Таблица 1.

Оптические плотности

Дата отбора	Время отбора	Оптические плотности	Оптическая плотность нулевого раствора
07.09.2022	07:00	0,011	0,006
	13:00	0,014	
	19:00	0,010	
06.10.2022	07:00	0,025	0,009
	13:00	0,022	
	19:00	0,024	
08.11.2022	07:00	0,013	0,007
	13:00	0,016	
	19:00	0,013	
07.12.2022	07:00	0,016	0,008
	13:00	0,020	
	19:00	0,019	
26.01.2023	07:00	0,024	0,009
	13:00	0,023	
	19:00	0,020	
20.02.2023	07:00	0,021	0,009
	13:00	0,022	
	19:00	0,018	

Таблица 1.

Концентрации фенола АВ

Дата отбора	Время отбора	Концентрация в АВ, мг/м ³	ПДК в АВ
07.09.2022	07:00	0,003	0,01
	13:00	0,004	
	19:00	0,002	
06.10.2022	07:00	0,009	0,01
	13:00	0,007	
	19:00	0,008	
08.11.2022	07:00	0,003	0,01
	13:00	0,005	
	19:00	0,003	
07.12.2022	07:00	0,004	0,01
	13:00	0,006	
	19:00	0,005	
26.01.2023	07:00	0,008	0,01
	13:00	0,007	
	19:00	0,006	
20.02.2023	07:00	0,006	0,01
	13:00	0,007	
	19:00	0,005	

Таким образом, был проведен мониторинг содержания фенола в атмосферном воздухе, в ходе измерений не было выявлено превышение значения ПДК в воздухе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспямятнов Г. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г.П. Беспямятнов, Ю.А. Кротов // Л.: Химия. – 1985. – С. 528.

Разработка состава лекарственной пленки на основе желатина

Вотинцева С. А., Булатова Е. Э., Надейкина А. П., студ. 2 курса

Науч. рук. – Товстик Е. В., канд. биол. наук, доц.

Вятский государственный университет, г. Киров
soffea.inc@gmail.com

В настоящее время перспективным направлением фармацевтической химии является создание аппликационных лекарственных форм, в частности лекарственных пленок (ЛП) [1]. К последнему поколению относятся ЛП на основе полимеров синтетического (к примеру, полиуретановые) и природного происхождения – гидрогели [2].

Гидрогелевые пленки по сравнению с синтетическими, полученными на основе сырья нефтехимической промышленности, считаются более эффективными. Определяющим свойством гидрогелей с точки зрения медицинского применения является поддержание влажности раны, что ускоряет процесс заживления и позволяет безболезненно менять повязку. Гидрогелевые пленки впитывают экссудат, и, таким образом, рана постоянно очищается [3]. Кроме того, гидрогель представляет собой кислородопроницаемый слой, который способствует регенерации клеток и защищает рану от контаминации. С экологической точки зрения, преимуществом гидрогелей является их биоразлагаемость [4].

Часто в качестве пленкообразователя используют желатин. Данный биополимер представляет собой смесь полипептидов. Преимуществами использования желатина в качестве основы ЛП заключается в его физиологической индифферентности и адгезивных свойствах [5]. Желатиновый гель легко поглощает и высвобождает лекарственные вещества, имеющие различное агрегатное состояние и растворимость [3]. Кроме этого, желатиновые пленки обладают гемостатическим и репаративным действием [5].

Для модификации физико-химических свойств желатиновых пленок в их состав вводят вспомогательные компоненты. Например, гиалуроновая кислота (ГК) применяется в качестве влагоудерживающего агента. ГК – гидрофильный биополимер с высокой сорбционной способностью к молекулам воды и белкам. Связываясь с молекулами воды, ГК образует упругие и эластичные гели [6]. Высокомолекулярная ГК обладает противовоспалительным действием, в то время как низкомолекулярная обуславливает его обеспечение, способствуя накоплению в очаге повреждения высокомолекулярной [7]. Таким образом, введение ГК в состав ЛП позволяет на начальных стадиях воспалительного процесса противодействовать разрушению тканей и стимулировать их регенерацию.

Целью работы была разработка состава вязкого раствора желатина с гиалуроновой кислотой как основы лекарственной пленки.

В ходе эксперимента изучены вязкие растворы с разной молекулярной массой и количественным содержанием ГК (табл. 1).

Таблица 1

Составы вязких растворов, масс. %

№	Вариант опыта	Гиалуроновая кислота	Основа композиции
1	Контроль	0,0	Желатин – 10,0 Глицерин – 5,0 Дистиллированная вода – 85,0
2	1 % раствор 4000 D	1,0	
3	0,5 % раствор 4000 D	0,5	
4	1 % раствор 0,10·10 ⁶ D	1,0	
5	0,5 % раствор 0,10·10 ⁶ D	0,5	

Пленочные композиции изготавливали методом литья. Желатин с дистиллированной водой и глицерином предварительно смешивали, затем полученный раствор гомогенизировали на водяной бане в течение 3-х минут. В гомогенный раствор вводили порошок ГК, перемешивали. Полученные вязкие растворы разливали в силиконовые формы и выдерживали при комнатной температуре до высыхания. Через 24 часа вынимали из форм готовые образцы пленок.

Для определения оптимального состава вязкого раствора использовали несколько критериев стандартизации ЛП: эластичность, адгезия, паропроницаемость, влагопоглощение, содержание

растворимых веществ.

Метод изучения паропроницаемости основан на определении количества водяного пара, проходящего через материал по ГОСТ 7730-89 «Пленка целлюлозная» и ГОСТ 21472-81 «Материалы листовые. Гравиметрический метод определения паропроницаемости» [8].

Для анализа отбирали образцы пленок с ненарушенной структурой, закрепляли их на горлышке пробирки объемом 1 мл так, чтобы водяной пар мог проходить через пленку. Для этого предварительно взвешенные с водой и пленками пробирки помещали в эксикатор. Повторное взвешивание проводили через 3, 24, 48 и 72 часа после начала опыта. Паропроницаемость рассчитывали по формуле 1:

$$q = \frac{10 \cdot \Delta m}{S}, \quad (1)$$

где q – паропроницаемость ($\text{г}/\text{м}^2$); Δm – изменение массы пробирки за исследуемое время (мг); S – испытываемая площадь образца (см^2).

Абсорбционные свойства исследовали по характеру набухания пленок гравиметрическим способом по видоизмененной методике ГОСТ 20869-75 [9]. Предварительно взвесив, пленки помещали на капроновую сетку и опускали в емкость на поверхность дистиллированной воды. Повторные взвешивания пленок проводили через 15, 30, 45 и 60 минут после начала опыта. Количество поглощенной воды рассчитывали по формуле 2:

$$X = \frac{m_t \cdot 100\%}{m_0} - 100 \%, \quad (2)$$

где X – количество поглощенной воды (%); m_t – масса пленки через 15, 30, 45 и 60 минут (г); m_0 – исходная масса пленки (г).

Для определения содержания растворимых веществ в пленке предварительно взвешенные образцы пленок помещали в 25 мл дистиллированной воды на 24 часа. Выдерживали образцы в воде при комнатной температуре. По истечении заданного времени набухшие образцы пленок отделяли от раствора и сушили при комнатной температуре в течение 24 часов. Содержание растворимых веществ было определено гравиметрическим методом, согласно формуле 3 [2]:

$$TSM = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где TSM – общее количество растворимых веществ (в воде) (%); m_1 – масса сухой пленки (г); m_2 – масса пленки после растворения и сушки (г).

Полученные образцы пленок были эластичными, прочными, с желтым оттенком. Адгезионные свойства проявляли пленки на основе 0,5 %-ых растворов ГК с молекулярной массой 4000 D (образец 3) и 0,10·10⁶D (образец 5). Для этих же вариантов отмечали большую однородность по сравнению с пленками на основе 1%-ых растворов ГК. Различия в этом случае объяснялись более высокой вязкостью концентрированных растворов во время литья пленок.

Известно, что для аэрации тканей на месте аппликации ЛП значения паропроницаемости не должны быть меньше 100 $\text{г}/\text{м}^2$. На рисунке 1 представлена динамика паропроницаемости пленок на основе вязких растворов с добавлением ГК разной молекулярной массы.

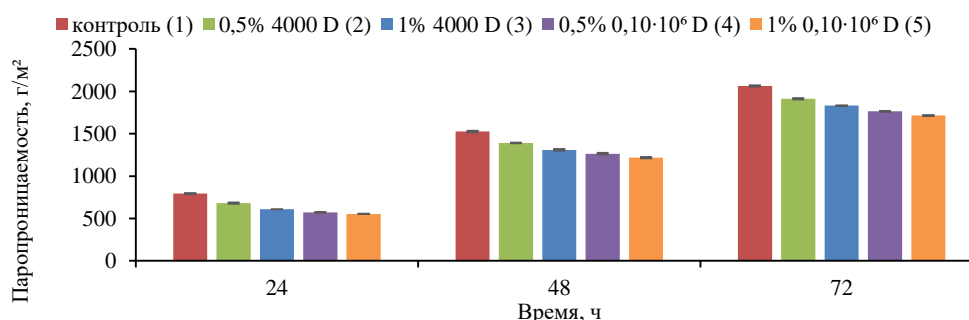


Рис. 1. Динамика паропроницаемости пленок на основе вязких растворов

Значения паропроницаемости за 24 часа варьировали от 553,96 до 680,95 $\text{г}/\text{м}^2$, что свидетельствовало о фибриллярности структуры пленки, ее порозности и высокой степени аэрации нижележащих под пленкой тканей. Отмечали, что введение ГК снижает паропроницаемость пленочных композиций на всех этапах наблюдений (24, 48, 72 ч). Кроме того, в ходе сравнения показателей паропроницаемости пленок выявили закономерность: у пленок на основе 0,5 %-ых и низкомолекулярных растворов ГК значения паропроницаемости выше. Предполагаем, что увеличение концентрации и молекулярной массы ГК приводит к образованию плотной межмолекулярной сетки за счет водородных связей гидрофильных (карбоксильных, гид-

роксильных и ацетамидных) групп в составе молекулы и молекул воды, также с гидрофильными участками молекулы желатина. Как следствие значительный рост вязкости раствора и плотности высушенных пленок, через которые в меньшей степени проходит водяной пар.

Абсорбционные свойства пленок исследовали с целью характеристики диффузионных возможностей ЛП, а также способности впитывать экссудат [10]. При степени набухания гидрогелевых пленок свыше 400 % можно говорить о способности к набуханию; превращению в гель, переходящий в раствор; поддержанию влажной среды, необходимой для заживления ран.

Установлено, что при концентрации в составе пленок ГК 0,5 % увеличение молекулярной массы ГК увеличивалось влагопоглощение (рис. 2).

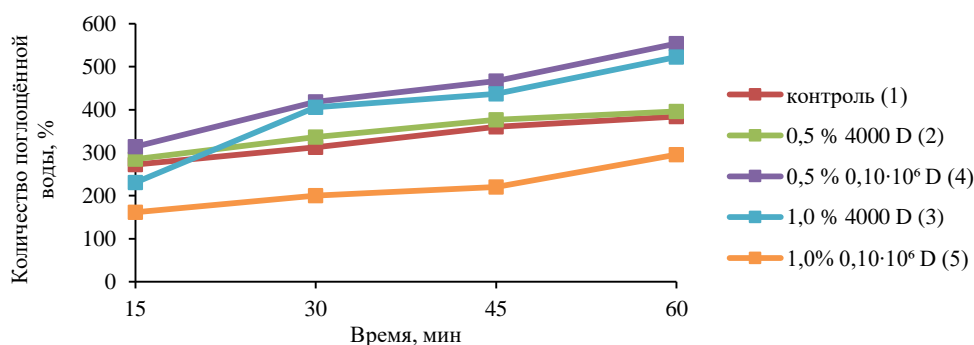


Рис. 2. Динамика влагопоглощения пленок на основе вязких растворов

Для пленок, полученных на основе 1%-го раствора низкомолекулярной ГК (образец 3), наблюдали рост влагопоглощения относительно образца с концентрацией 0,5%. Для образца 5 на основе 1%-ого раствора высокомолекулярной ГК подобной закономерности не наблюдали вследствие высокой вязкости раствора и плотной структуры полученной пленки. Предполагаем, что увеличение молекулярной массы и концентрации ГК приводит к увеличению количества гидрофильных групп, как следствие более высоким показателям влагопоглощения.

Содержание растворимых веществ изучали с целью определения возможности и скорости пролонгированного высвобождения из пленок лекарственных веществ, которые смогут непосредственно воздействовать на поврежденную кожу и, с учетом их терапевтического действия, ускорять процесс заживления.

При исследовании содержания растворимых веществ в пленках определили зависимость данного показателя от молекулярной массы и концентрации ГК: чем выше концентрация и молекулярная масса ГК, тем ниже содержание растворимых веществ (табл. 2).

Таблица 2

Содержание растворимых веществ вязких растворов гиалуроновой кислоты, %

№	1	2	3	4	5
Вариант опыта	Контроль	0,5 % 4000 D	1 % 4000 D	0,5 % 0,10·10 ⁶ D	1 % 0,10·10 ⁶ D
Показатель	87,4327 ± 1,1766	88,4127 ± 1,3167	86,1919 ± 1,7542	85,6566 ± 1,1044	83,919 ± 1,7970

Изменение содержания растворимых веществ связываем с уплотнением структуры пленки и большим связыванием с молекулами воды при увеличении концентрации и молекулярной массы ГК.

Таким образом, пленочные композиции на основе желатина и гиалуроновой кислоты были изучены на паропроницаемость, абсорбционные свойства, содержание растворимых веществ. На основании полученных показателей был определен состав из смеси гиалуроновых кислот – 4000 D и 0,10·10⁶ D с концентрацией 0,5 % – с модифицированными физико-механическими свойствами для следующего этапа исследования – изготовления желатиновых пленок с включением лекарственных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кищенко В. М., Верниковский В. В., Привалов И. М., Шевченко А. М. Плёнки в Российской косметологии и медицине: история развития, классификация // Фармация и фармакология. 2020. Т. 8. № 2. С. 124–132.
2. Antosik A. K., Miqdlicki P., Wilpiszewska K., Markowska-Szczupak A., Koren Z. C., Wróblewska A. Polysaccharide films modified by compounds of natural origin and silver having potential medical applications // Cellulose. 2021. V. 28. № 11. P. 7257–7271.
3. Wachal K., Stachowska E., Korpuścińska K., Nowak B., Krasinski Z. Physical properties of hydrogel wound dressing and its use in low-level laser therapy (LLL) // Lasers in Medical Science. 2018. №. 33. P. 1317–1325.

4. Григорьев А. М., Басок Ю. Б., Кириллова А. Д., Сургученко В. А., Шмерко Н. П., Суббот А. М., Севастьянов В. И. Криогенно-структурированный гидрогель на основе желатина как резорбируемая макропористая матрица для биомедицинских технологий // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2022. Т. 24. № 2. С. 83–93.
5. Echave C. M., Burgo S. L., Pedraz L. J., Orive G. D. Gelatin as biomaterial for tissue engineering // Current pharmaceutical design. 2017. V. 23. № 24. P. 3567–3584.
6. Чайковская Е. А., Персагашвили Е. З. Гиалуроновая кислота: биологический контроль над воспалением и ранозаживлением // Инъекционные методы в косметологии. 2011. № 4. С. 20–34.
7. Орехова Л. Ю., Лобода Е. С., Яманидзе Н. А., Галеева А. Р. Применение гиалуроновой кислоты в комплексном лечении заболеваний пародонта. Пародонтология. 2018. Т. 24. № 3. С. 25–30.
8. Ковязина Н. А. Изучение физико-химических свойств пленок лекарственных секстафаг // Вестник ВГУ, серия: химия, биология, фармация. 2022. № 1. С. 78–84.
9. Голованенко А. Л., Смирнова М. М., Алексеева И. В., Блинова О. А. Основные подходы к стандартизации пленок лекарственных // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. С. 420–421.

Однородно- и смешаннолигандное комплексообразование меди(II) с трис-(1-гидроксиметил)аминометаном и этилендиамином в водных растворах

Галкин Д. С., студ. 4 курса

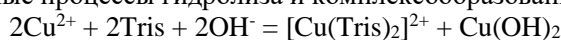
Науч. рук. — Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
galkinmityusha@inbox.ru

В последнее время проявляется все больший интерес к смешаннолигандным комплексам, что связано с их особенностями и специфическими свойствами, которые в однороднолигандных комплексах не наблюдаются вообще или проявляются весьма редко. В таких соединениях установлены стереоселективность, способность связывать малые молекулы (O₂, N₂, CO, NO), образование внутримолекулярных межлигандных связей (темплатный эффект), изменение способа координации лигандов по сравнению с однороднолигандными комплексами. При образовании смешаннолигандных комплексов становится возможным управление процессами депротонирования лиганда и их реакционной способностью, стабилизация определенных степеней окисления металлов и геометрии координационного полиэдра, изменение растворимости лиганда [1–3]. Такие особенности смешаннолигандных комплексов обуславливают широкие области их применения, в том числе для селективного извлечения ионов металлов из растворов, для разделения в растворах изомеров оптически активных лигандов, для получения принципиально новых металлополимеров и композиционных материалов, для разработки высокочувствительных и селективных биосенсоров, высокоэффективных и высокоспецифических фармацевтических препаратов и средств диагностики [4,5].

В работе проведено спектрофотометрическое исследование реакций образования однороднолигандных комплексных соединений меди(II) с трис-(1-гидроксиметил)аминометаном (Tris) и смешаннолигандных хелатов этого металла с Tris и этилендиамином (En) в водных растворах. В электронном спектре поглощения интенсивно синих растворов комплексных соединений, образующихся в системе Cu(II):Tris = 1:2 регистрируется bathochrome смещение максимума полосы поглощения ($\lambda_{\max} = 600$ нм) и гиперхромное изменение оптической плотности относительно максимума поглощения растворов аквакоординированных катионов меди(II) ($\lambda_{\max} = 800\text{--}830$ нм) (рисунок 1). При изменении кислотности среды установлено, что в растворах системы Cu(II):Tris = 1:2 при $\Delta\text{pH} = 4,6\text{--}9,6$ наблюдается нарушение гомогенности растворов с формированием малорастворимого гидроксида меди(II) и с одновременным изменением окраски растворов (рисунок 2). Выделения твердой фазы не наблюдается только в сильнощелочных средах ($\text{pH} > 9,6$), а электронные спектры поглощения растворов соответствуют комплексным соединениям меди(II) с Tris. Таким образом, реакция комплексообразования в системе системы Cu(II):Tris = 1:2 происходит в широком интервале pH ($\Delta\text{pH} = 4,6\text{--}9,6$) в условиях конкурирующих процессов гидролиза и хелатирования катионов меди(II), а растворимый бис-комплекс меди(II) с Tris, состав которого подтвержден методом серий насыщения, формируется только в сильнощелочных средах.

Формирование малорастворимого гидроксида меди(II) в растворах системы Cu(II):Tris = 1:1 наблюдается в значительно более широком интервале кислотности среды ($\Delta\text{pH} = 4,6\text{--}12,5$), а электронные спектры поглощения щелочных растворов над осадком полностью совпадают с ЭСП двукратно разбавленных растворов системы Cu(II):Tris = 1:2 (рисунок 1). Следовательно, в щелочных растворах системы Cu(II):Tris = 1:1 реализуются параллельные процессы гидролиза и комплексообразования:



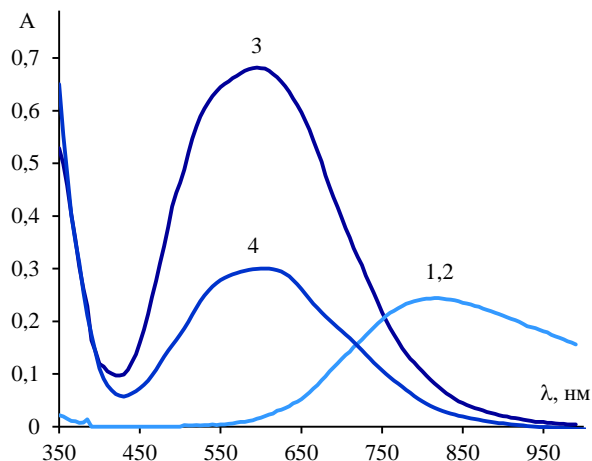


Рис. 1. Электронные спектры поглощения растворов CuSO_4 и комплексов меди(II) с Tris
 1 – CuSO_4 ; 2 – $C(\text{Cu}^{2+}):C(\text{Tris}) = 1:2$, $\text{pH}=1,8$;
 3 – $C(\text{Cu}^{2+}):C(\text{Tris}) = 1:2$, $\text{pH}=10,3$;
 4 – $C(\text{Cu}^{2+}):C(\text{Tris}) = 1:1$, $\text{pH}=10,0$;
 $C(\text{Cu}^{2+}) = 0,02$ моль/л; $l = 1$ см.

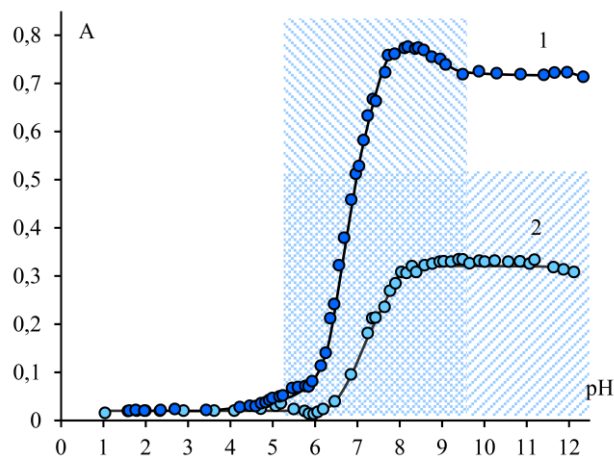


Рис. 2. Изменение оптической плотности водных растворов систем $\text{Cu(II):Tris} = 1:2$ (1) и $\text{Cu(II):Tris} = 1:1$ (2) при разных pH (заштрихованные области – области образования малорастворимого Cu(OH)_2)
 $C(\text{Cu(II)}) = 0,02$ моль/л, $\lambda = 600$ нм, $l = 1$ см

С применением метода Россотти рассчитаны численные значения логарифмов констант устойчивости однороднолигандных комплексных частиц составов $[\text{CuTris}]^{2+}$ и $[\text{Cu(Tris)}_2]^{2+}$, которые составили 4,07 и 7,44 соответственно. Полученные величины хорошо согласуются с известными литературными данными, согласно которым $\lg\beta([\text{CuTris}]^{2+}) = 3,98 - 4,17$ и $\lg\beta([\text{Cu(Tris)}_2]^{2+}) = 7,47 - 7,63$ [6,7].

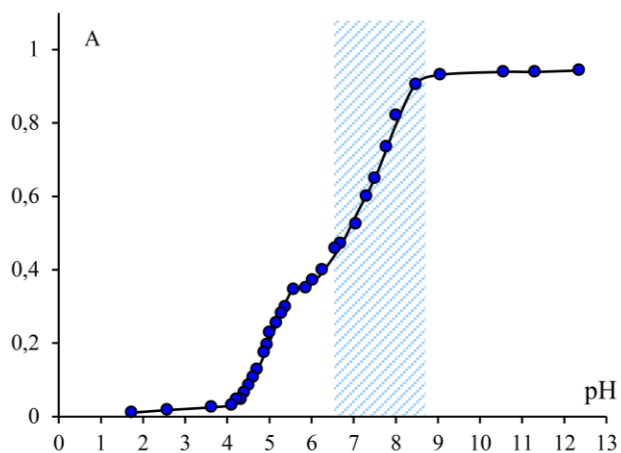


Рис. 3. Зависимость оптической плотности растворов системы $\text{Cu(II):Tris:En} = 1:1:1$ при разных pH
 $C(\text{Cu(II)}) = 0,02$ моль/л, $\lambda = 575$ нм, $l = 1$ см

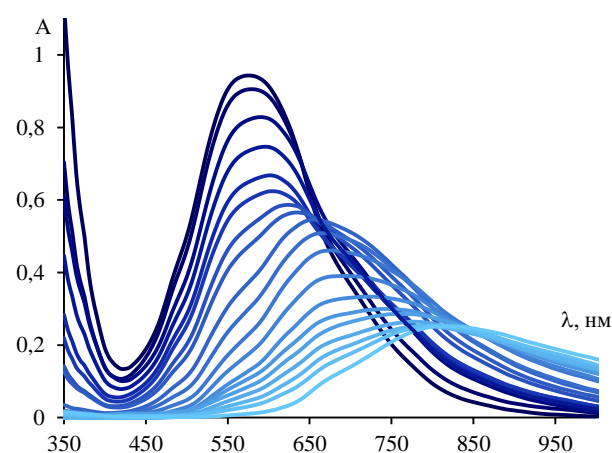


Рис. 4. Изменение электронных спектров поглощения растворов системы $\text{Cu(II):Tris:En} = 1:1:1$ при изменении pH
 $C(\text{Cu(II)}) = 0,02$ моль/л, $\Delta\text{pH} = 4,0 - 9,0$, $l = 1$ см

В растворах системы $\text{Cu(II):Tris:En} = 1:1:1$ выделение в твердую фазу гидроксида меди(II) зарегистрировано в узком интервале кислотности среды ($\Delta\text{pH} = 6,5 - 8,8$), при этом в более кислых гомогенных растворах ($\Delta\text{pH} = 4,0 - 6,5$) наблюдается увеличение интенсивности окраски синих растворов, а при $\text{pH} > 8,8$ гомогенные растворы приобретают насыщенную сине-фиолетовую окраску (рисунок 3), для которых в ЭСП регистрируется максимум светопоглощения на длине волны 575 нм. На рисунке 4 приведено изменение электронных спектров поглощения растворов системы $\text{Cu(II):Tris:En} = 1:1:1$ при изменении значений pH. Сопоставлением ЭСП щелочных растворов системы $\text{Cu(II):Tris:En} = 1:1:1$ с ЭСП растворов однороднолигандных бис-комплексов меди(II) с Tris и En установлено, что оптические характеристики растворов системы $\text{Cu(II):Tris:En} = 1:1:1$ не совпадают с расчетными, полученными суммированием ЭСП двукратно разбавленных растворов комплексов $[\text{Cu(Tris)}_2]^{2+}$ и $[\text{Cu(En)}_2]^{2+}$ (рисунок 5). Полученные экспериментальные данные подтверждают отсутствие в щелочных растворах системы $\text{Cu(II):Tris:En} = 1:1:1$ равновесной

смеси одноклигандных бис-комплексов меди(II) с Tris и En и предполагают возможность формирования смешаннолигандных координационных частиц.

Методом серий насыщения в щелочных растворах системы Cu(II):Tris:En = 1:1:1 доказано, что при pH > 8,8 происходит образование смешаннолигандных частиц с эквимолярным соотношением компонентов в координационной сфере (рисунок 6). Моделирование процессов комплексообразования с применением метода Россотти позволило установить схемы последовательного хелатирования катионов меди(II) этилендиамином и трис-(1-гидроксиметил)аминометаном в растворах системы Cu(II):Tris:En = 1:1:1 по мере увеличения щелочности растворов:

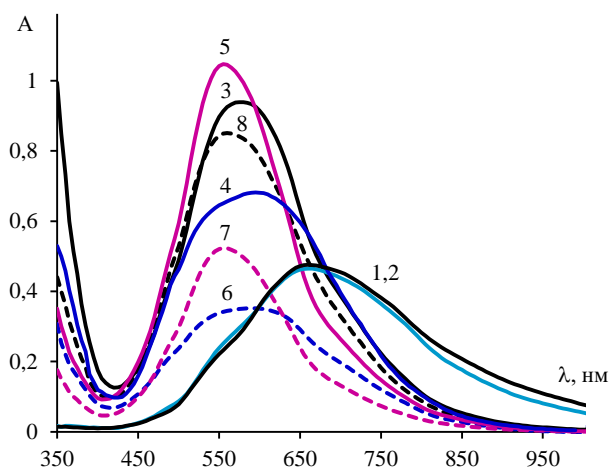
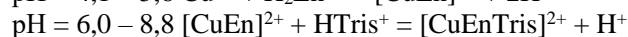


Рис 5. Электронные спектры поглощения растворов систем Cu(II):En = 1:1, pH = 5,9 (1), Cu(II):Tris:En = 1:1:1, pH = 5,9 (2), Cu(II):Tris:En = 1:1:1, pH = 10,5 (3), Cu(II):Tris = 1:2, pH = 10,5 (4,6), Cu(II):En = 1:1, pH = 10,0 (5,7), расчетный спектр (8)
(пунктирные линии – ЭСП растворов при двукратном разбавлении)
C(Cu(II)) = 0,02 моль/л, l = 1 см

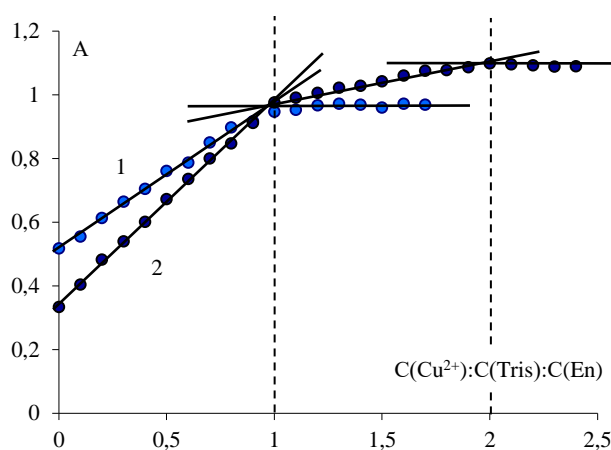
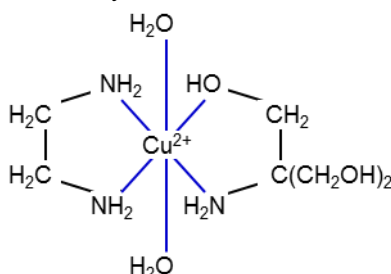


Рис 6. Графики серий насыщения в системе Cu(II) – Tris – En трис(гидроксиметил)аминометаном (1) и этилендиамином (2), C(Cu(II)) = 0,02 моль/л, ΔpH = 10,3, l = 1 см

Рассчитанное численное значение логарифма константы устойчивости координационных частиц состава $[\text{CuEnTris}]^{2+}$ составило 12,83. Термодинамическая устойчивость смешаннолигандного хелата меди(II) с этилендиамином и трис-(1-гидроксиметил)аминометаном значительно превышает стабильность бис-хелата меди(II) с Tris, однако меньше чем устойчивость бис-этилендиаминного комплекса меди(II), для которого величина $\lg \beta$ составляет 19,62 [1]. Это объясняет повышение оптической плотности раствора на графиках серии насыщения этилендиамином (рисунок 6) и наличие второй точки перегиба графика при мольном соотношении Cu(II):Tris:En = 1:1:2. Учитывая тетрагональное искажение координационного полиэдра катионов меди(II) в комплексных соединениях, расположение лигандов в смешаннолигандном комплексе $[\text{CuEnTris}]^{2+}$ можно представить следующей схемой:



ЛИТЕРАТУРА

- Щеглова Н. В., Попова Т. В. Смешаннолигандные комплексы никеля(II) и меди(II) в реакциях конкурирующего хелатирования полиаминополиацетатными и полиаминными лигандами // Изв. АН. Серия химическая. 2020. № 9. С. 1771.
- Оразаева О. А., Щеглова Н. В., Попова Т. В. Гетеролигандное и конкурирующее комплексообразование в тройных системах медь(II) – иминодиуксусная кислота – полиамин // Вестник Технолог. ун-та. 2022. Т. 25. № 9. С. 12.

3. Попова Т. В., Щеглова Н. В. Сравнительное исследование процессов образования гетерометаллических диэтилентриаминпентаацетатов кобальта(II), никеля(II) и меди(II) в водных растворах // Журн. физ. химии. 2022. Т. 96. № 6. С. 806.
4. Rajendran N., Periyasamy A., Kamatchi N., Solomon V. Biological evaluation of copper(II) complexes on N(4)-substituted thiosemicarbazide derivatives and diimine co-ligands using DNA interaction, anti-bacterial and in vitro cytotoxicity // J. Coord. Chem. 2019. Vol. 72. P. 1937.
5. Луценко И. А., Ямбулатов Д. С., Кискин М. А., Нелюбина Ю. В., Примаков П. В., Беккер О. Б., Сидоров А. А., Еременко И. Л. Моноядерные комплексы Cu(II), Zn(II), Co(II) с анионами 2-фуранкарбоновой кислоты и 2,2'-бру: синтез, строение и биологическая активность // Коорд. химия. 2020. Т. 46. С. 715.
6. Stability Constants Database SQUERY. Version 1.38, IUPAC and Academic Software SQUERY, 1993.
7. Colombo M. F., Australino L., Nascimento R., Castellano E., Tabak M. On the interaction of copper with tris(hydroxymethyl)aminomethane // Can. J. Chem. 1987. Vol. 65. P. 821.

Получение 4-нитро-2-аминобензойной кислоты

Глушакова М. Е., студ. 5 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-ола
marija.gluschakova@gmail.com

Целью нашей работы является получение 4-нитро-2-аминобензойной кислоты. Прямая реакция окисления метильной группы невозможна из-за того, что аминогруппа тоже будет окисляться, поэтому стало целесообразно найти эффективную защитную группировку. Анализируя литературу, мы остановили свое внимание на фталоил – защитной группе, предполагающей относительно легкое введение и надежную защиту. Таким образом, целевой продукт должен получиться через серию промежуточных веществ.

Стратегия синтеза. В рамках нашего синтеза мы определили стратегию, которая включает в себя следующие превращения (рис. 1.).

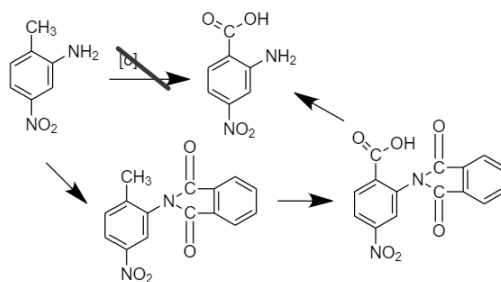


Рис. 1. Стратегия получения 4-нитро-2-аминобензойной кислоты

Защита фталевым ангидридом. Поскольку прямое окисление невозможно, не окислив при этом аминогруппу, стала актуальна задача поиска защитной группы. Проанализировав литературу, нашли максимально эффективную защитную группу. Это фталимидная группа. Разные источники предлагают различные условия введения, поэтому важной задачей стало подбор методики для получения защиты [1]. Поскольку общим является использование высоких температур, мы решили начать с высококипящего растворителя толуола. Согласно методике необходимо кипятить ароматическое соединение со фталевым ангидридом в течение 6 часов в неполярном растворителе толуоле при температуре 110°C. Реакция проходила на воздушной бане с магнитной мешалкой и обратным холодильником. По окончании реакции осадок отфильтровали и высушили. При проверке вещества температура плавления и ТСХ нет следа продукта, а значит реакция не прошла.

Нашим предположением явилось, что реакция не прошла из-за того, что температурный режим был недостаточен. Поскольку в толуоле реакция не получилась, мы использовали более высококипящий растворитель мета-ксилол [2]. Реакция проходила также на воздушной бане в течение 4-х часов при температуре 140°C при этом постоянно помешивали и следили за тем, чтобы температура была постоянной. Получили раствор, который оставили на 24 часа в маточном растворе для образования осадка. После этого вещество промыли и отфильтровали в вакууме. $T_{пл}=260^{\circ}\text{C}$. Выход продукта составил 57% от теоретического.

Таким образом, нами подобранные условия для получения фталимидной защиты соответствуют поставленной цели, а значит можно приступить к окислению метильной группы (рис. 2).

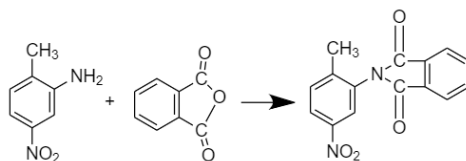
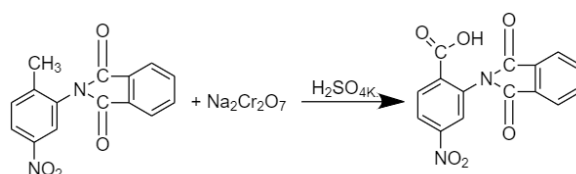


Рис. 2. Взаимодействие 4-нитро-2-аминотолуола со фталевым ангидридом

Окисление дихроматом натрия в кислой среде. Реализовав часть нашего плана, мы приступили к окислению. Чаще всего для окисления используется либо перманганат калия, либо дихромат калия. Нами было принято решение использовать дихромат натрия, так как он более стабилен и не разлагается.

Мы берем эквимольно нашего фталимидного производного и столько же дихромата натрия в системе концентрированной серной кислоты. Реакция шла при температуре 60°C в течение 1 часа при постоянном перемешивании. По окончании реакции наше вещество оставили на сутки для осаждения. Затем вещество отфильтровали и промыли, перекристаллизовали изопропанолом. При проверке вещества температура плавления показала 160–161°C и также изменения на ТСХ тоже прошли (рис. 3).

Рис. 3. Окисление $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в кислой среде

Таким образом, мы смогли защитить аминогруппу от окисления, и провести реакцию окисления, при этом сохранить аминогруппу.

Снятие фталимидной защиты. После успешного окисления фталимидного производного, нам необходимо снять фталоильную защиту с максимальным выходом продукта. Разные литературные источники предполагают различные условия снятия фталоильной защиты, поэтому важной задачей стало подбор методики для более эффективного выхода продукта. Мы остановились на двух реакциях. Это с разбавленной соляной кислотой и с гидразином.

Снятие фталимидной защиты разбавленной соляной кислотой. 1 моль нашего фталимидного производного и 1 моль однонормальной соляной кислоты [3]. Реакция шла при температуре 40°C на водяной бане с механической мешалкой и обратным воздушным холодильником в течение 5 часов. По завершению содой довели до нейтральной среды. Выпавший осадок отфильтровывали и перекристаллизовывали. Выход продукта составил 57% (рис. 4).

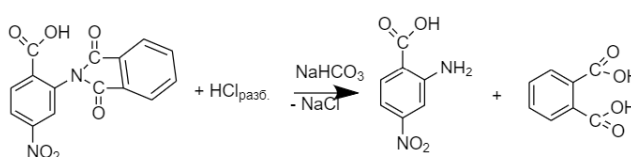


Рис. 4. Снятие защитной группы под действием разбавленной соляной кислоты

Снятие фталимидной защиты гидразином. 1 моль нашего вещества, 3 моль гидразина сульфокислого и 6 моль гидроксида натрия [4]. Реакция шла при температуре 100°C на водяной бане с обратным воздушным холодильником и механической мешалкой в течение 3х часов. После этого выпавший осадок отфильтровали и перекристаллизовывали. Выход продукта составил 71%.

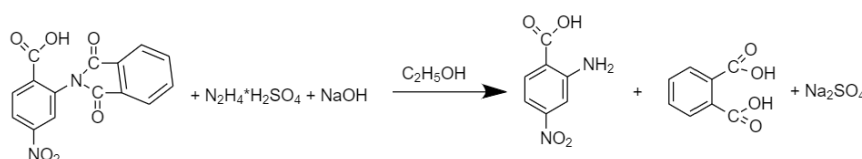


Рис. 5. Снятие защитной группы под действием гидразина

По окончании двух реакций проверили выход продукта реакции, выход в гидразине составил больше, и на синтез ушло меньше времени. А также сделали ТСХ, где в обеих реакциях R_f оказался одинаковым и составил 0,48.

Мы смогли через серию промежуточных веществ получить 4-нитро-2-аминобензойную кислоту. Также нашли более оптимальные варианты получения промежуточных веществ с наиболее высоким выходом продукта и минимальной затратой времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карманова О. В., Шутилин Ю. Ф., Прокопчук Н. Р., Казакова А. С. О роли гетеросвязей в проявлении синергизма бинарной смеси диафен ФП – фталевый ангидрид // Труды БГТУ. №4. Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2011. № 4(142). С. 26–29.
2. Полотнюк О. В., Борескова Г. К. О создании катализатора КТ-1-СН производства фталевого ангидрида окислением оксилола в неподвижном слое // Журнал: Катализ в промышленности. 2012.
3. Kabytaev K. Z., Everett T. A., Safronov A. V., Sevryugina Yu. V., Jalisatgi A. S., Hawthorne M. F. B-Mercaptocarboranes // A new synthetic route. Eur. J. Inorg. Chem. 2013. N. 14. С. 2488–2491.
4. Clark J. H. Deswante, Introduction to Chemicals from Biomass // Wiley-Chichester. 2008. С. 198.

Кинетика сорбции метиленового синего хитозаном, хитином и пленочными материалами на их основе

Головина Н. В., студ. 5 курса

Науч. рук. – Смотрина Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
golovinan66@gmail.com

Хитин и продукт его частичного деацетилирования хитозан являются самыми распространенными после целлюлозы биополимерами. Благодаря своим уникальным сорбционным и комплексообразующим свойствам они широко используются для создания эффективных сорбирующих материалов. Волокна, полученные из хитина, могут быть использованы для регенерации и очистки антибиотиков, аминокислот и др. органических кислот. В фармацевтической индустрии хитозан используют в качестве эффективного энтеросорбента и нетоксичного носителя лекарственных форм. Биосовместимость, биорезорбируемость, отсутствие цитотоксичности, наличие сорбционных, антибактериальных и других свойств обуславливают применение материалов на основе хитозана в виде растворов, гелей или пленок для создания раневых покрытий, материалов для ортопедии, гемостатических материалов, в качестве матриц для клеточных технологий, тканевой инженерии и трансплантологии [1–3].

В связи с этим представляло интерес изучение механизма сорбционного взаимодействия индивидуальных хитина и хитозана, а также пленок из этих биополимеров с адсорбционным маркером метиленовым синим (МС), моделирующим ионные низкомолекулярные токсины [4].

В качестве объектов исследования использовали хитин ракообразных производства компании «Вектон» (степень ацетилирования – 81,37%); хитозан производства Sigma Aldrich Chemie GmbH (степень деацетилирования > 0,75; ММ (3,1 – 3,7)·10⁵); хитозановые пленки, модифицированные нанопибриллами хитина (для улучшения их прочностных характеристик), синтезированные в ИВС РАН с содержанием хитозан/хитин, %: 100/0; 99,5/0,5; 99/1; 95/5; 90/10; 70/30; 1/99. Концентрацию МС в растворе определяли спектрофотометрическим методом.

Электронные спектры поглощения (ЭСП) растворов метиленового синего в видимой области характеризуются наличием двух максимумов поглощения, соответствующих мономерной ($\lambda_{max} \sim 670$ нм) и димерной ($\lambda_{max} \sim 617$ нм) формам красителя (рис. 1). Изучение концентрационных зависимостей оптической плотности в максимумах поглощения показало, что при $\lambda = 617$ нм эта зависимость линейна в диапазоне концентраций $(3 \div 50) \cdot 10^{-6}$ моль/л ($R^2 = 0,994$), а при 670 нм – лишь в диапазоне $(3 \div 25) \cdot 10^{-6}$ моль/л ($R^2 = 0,991$) (рис.2). Поэтому сорбционные измерения проводили на длине волны 617 нм.

Кинетические кривые сорбции МС индивидуальными хитином и хитозаном приведены на рис. 3. При сорбции из раствора МС с концентрацией $0,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л равновесие устанавливается через 2,5 часа для хитина и 4,5 часа для хитозана. При этом сорбционная способность хитина в условиях равновесия примерно в 10 раз превышает аналогичную величину для хитозана.

Процесс сорбции растворенных веществ на твердых сорбентах является сложным и включает несколько стадий, при этом значительный вклад в кинетику сорбции могут вносить диффузионные стадии. Процесс внешней (пленочной) диффузии включает в себя перенос МС из объема раствора через пленку

жидкости к поверхности сорбента, а процесс внутренней (гелевой) диффузии предполагает перемещение сорбата внутрь дисперсных частиц.

Поэтому, для выяснения механизма начальной стадии сорбции МС индивидуальными полисахаридами, кинетические кривые были аппроксимированы с использованием уравнений диффузионных моделей [5]. Вклад диффузии в кинетику сорбции оценивали по наличию линейных участков кинетических кривых при их построении в координатах $-\lg(1-F) - f(t)$ и $F - f(t^{1/2})$ для пленочной и гелевой стадий диффузии соответственно, где t – время сорбции; F – степень достижения равновесия в системе, рассчитываемая как $F = a_t/a_p$ (a_t – величина сорбции к моменту времени t ; a_p – величина равновесной сорбции).

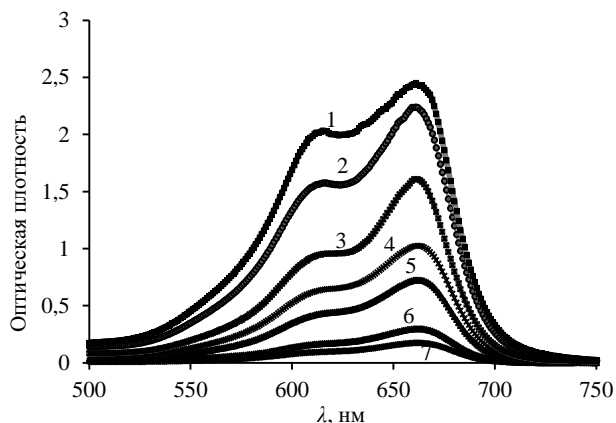


Рис. 1. ЭСП растворов МС с концентрациями: 50 (1); 40 (2); 25 (3); 16 (4); 12,5 (5); 6,2 (6) и 3,1 (7) мкмоль/л

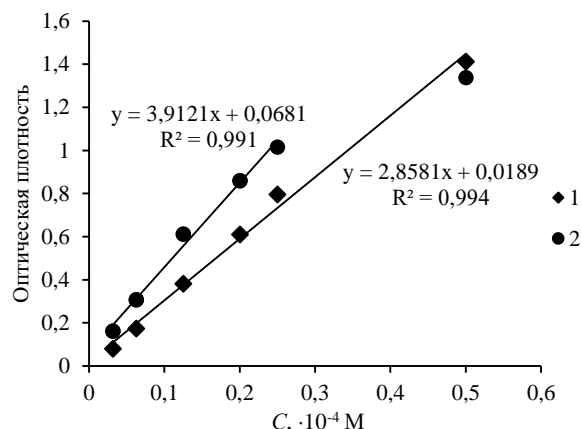


Рис. 2. Зависимости оптической плотности от концентрации МС при $\lambda = 617$ нм (1) и 670 нм (2); $l = 1$ см

Обнаружено, что в механизм начальной стадии сорбционного процесса в одинаковой мере вносят вклад и внешняя и внутренняя диффузия (для хитина в первые 180 мин сорбции, для хитозана – первые 50 мин), т.е. процесс протекает в смешанно-диффузионной области (рис. 4, а и б).

Для описания кинетической стадии адсорбции красителя на полисахаридах были использованы кинетические модели псевдо-первого (1) и псевдо-второго порядков (2) [6]:

$$\lg(a_p - a_t) = \lg a_p - k_1 t / 2,303, \quad (1)$$

$$t/a_t = 1/k_2 a_p^2 + t/a_p, \quad (2)$$

где k_1 и k_2 – константы скорости реакции соответственно псевдо-первого и псевдо-второго порядков.

Кинетические кривые сорбционного процесса в координатах уравнений (1) и (2) приведены на рис. 5. Оба уравнения удовлетворительно описывают кинетику сорбции МС хитином ($R^2 > 0,98$), с той лишь разницей, что уравнение псевдо-первого порядка не описывает равновесную часть кинетической кривой, а в системе водный раствор МС – хитозан кинетика сорбции наилучшим образом может быть описана кинетическим уравнением псевдо-второго порядка, что свидетельствует о существенном вкладе кинетической стадии в скорость установления сорбционного равновесия.

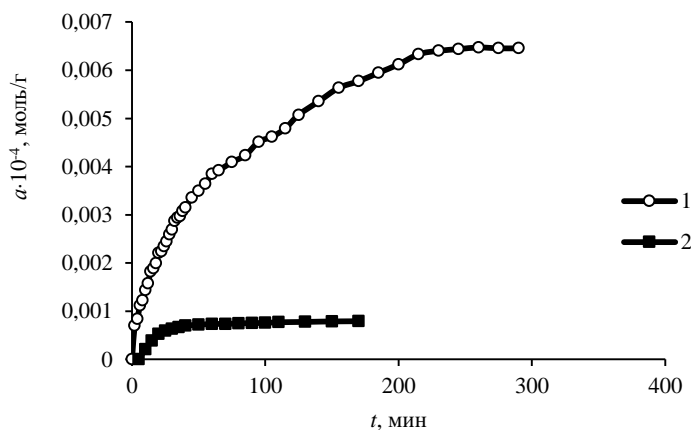


Рис. 3. Кинетические кривые сорбции МС хитином (1) и хитозаном (2); $C_0 = 0,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л

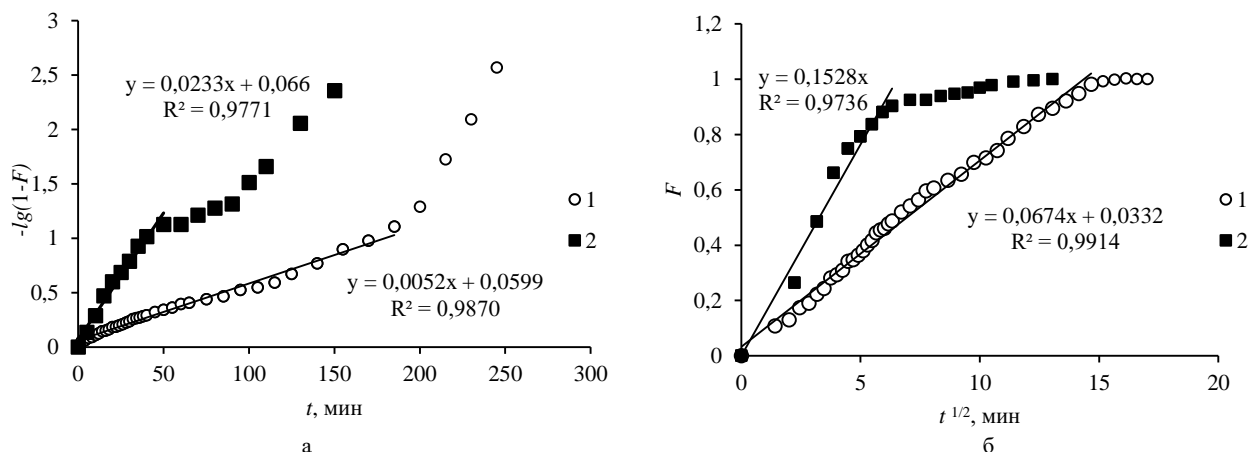


Рис. 4. Кинетические кривые сорбции МС хитином (1) и хитозаном (2) в координатах уравнений внешнедиффузионной (а) и внутридиффузионной (б) кинетики

При изучении кинетики сорбции красителя композиционными пленками обнаружено, что на начальном этапе в промежутке времени $t \sim 0-20$ мин для пленок с преобладающим содержанием хитозана происходит снижение оптической плотности раствора МС, что свидетельствует о связывания МС поверхностью пленки. Дальнейшее увеличение времени эксперимента ($t = 20-200$ мин) сопровождается увеличением значений оптической плотности, что свидетельствует о протекании конкурирующего процесса – сорбции молекул воды.

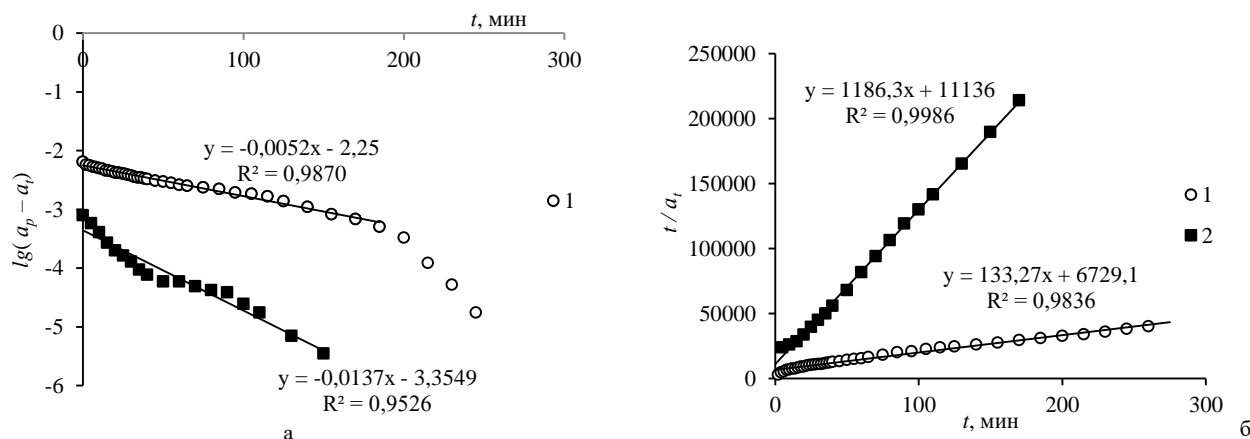


Рис. 5. Кинетические кривые сорбции МС хитином (1) и хитозаном (2) в координатах уравнений псевдо-первого (а) и псевдо-второго (2) порядков

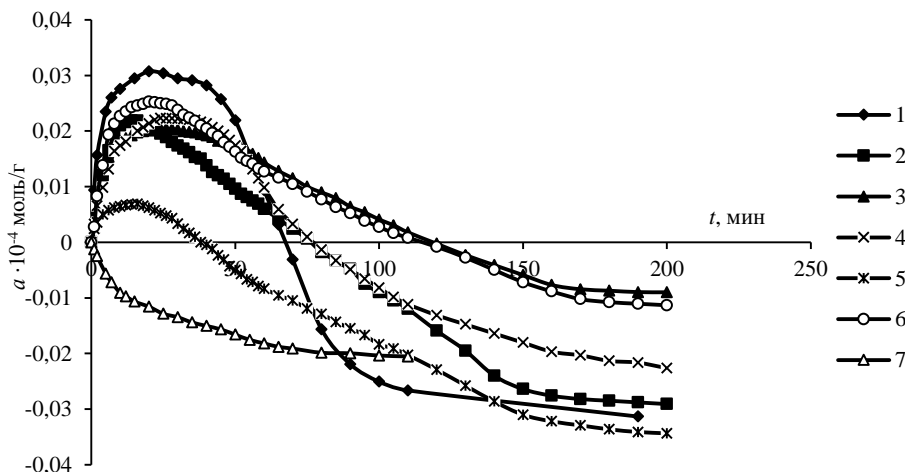


Рис. 6. Кинетические кривые сорбции МС композиционными пленками. Содержание хитозан/хитин (в %):
1 – 100/0; 2 – 99,5/0,5; 3 – 99/1; 4 – 95/5; 5 – 90/10; 6 – 70/30; 7 – 1/99

Кинетические кривые сорбции МС из раствора пленочными материалами представлены на рис. 6. В области положительной сорбции метиленовый синий наиболее эффективно поглощается хитозановой пленкой (кривая 1). Для композиционных пленок (кривые 2–6) количество поглощенного красителя на единицу массы заметно ниже, при этом начальные участки кинетических кривых достаточно близко группируются между собой и мало зависят от содержания наночастиц хитина в композиции. Пленочный хитин, обладающий наиболее упорядоченной структурой, инертен по отношению к МС (кривая 7).

Можно видеть, что на момент установления равновесия адсорбция МС для всех пленочных материалов отрицательна, т.е. из системы H_2O – МС более предпочтительным является поглощение молекул растворителя. Поскольку для индивидуальных хитина и хитозана, как было показано выше, подобного эффекта не наблюдалось, можно предположить, что инертность пленочных материалов по отношению к МС обусловлена в большей мере особенностями их строения, а не различием в составе функциональных групп.

Неспособность изученных пленочных материалов на основе хитозана и наночастиц хитина удерживать метиленовый синий, предопределяют низкую эффективность его использования при создании ранаемых покрытий с антисептическими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хитозан для фармации и медицины / Д. А. Сливкин, В. Л. Лапенко, О. А. Сафонова [и др.] // Вестник ВГУ. Серия: Химия, биология, фармация. 2011. № 2. С. 214–232.
2. Полимерные матрицы для тканевой инженерии / И. П. Добровольская, В. Е. Юдин, П. В. Попрядухин, Е. М. Иванькова. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация университетов России. 2016. 224 с.
3. Chitosan: A versatile biopolymer for orthopaedic tissue-engineering / Di Martino Alberto, Sittingerc Michael [et al] // Biomaterials. 2005. V. 26. P. 5983-5990.
4. Сорбция органических веществ, моделирующих различные факторы интоксикации, энтеросорбентом из луба коры березы / Е. В. Веприкова, М. Л. Щипко, С. А. Кузнецова [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. 2010. № 18. С. 239–247.
5. Кинетические модели при описании сорбции жирорастворимых физиологически активных веществ высокоупорядоченными неорганическими кремнийсодержащими материалами / О. О. Крижановская, Л. А. Синяева, С. И. Карпов [и др.] // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т. 14, Вып. 5. С. 784–794.
6. Романцова И. В. Изучение кинетики процесса жидкофазной адсорбции органических веществ на гибридных наноструктурированных углеродных сорбентах / И. В. Романцова, А. Е. Бураков, А. Е. Кучерова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 4(3). С. 611–614.

Сравнительные исследования флавоноидов и антиоксидантной активности плодов и листьев брусники обыкновенной и кизила обыкновенного

Головьев М. Д., Зяблицева Я. И., Адамович Т. А.

Вятский государственный университет, г. Киров
mkl-999@yandex.ru

Известно, что всем тканям человека свойственен процесс свободнорадикального окисления органических молекул. Наиболее важен этот процесс для построения клеточных мембран, а также для синтеза ряда биологически активных веществ (БАВ), таких как гормоны. При нарушении баланса между биохимическими механизмами утилизации кислорода и механизмами защиты от негативных воздействий его активных метаболитов возникает окислительный стресс. Регулирование процессов окисления свободными радикалами и уровня, накапливающихся при этом в клетках организма перекисных радикалов, осуществляется защитной антиоксидантной системой – одним из звеньев сложной системы адаптации организма [1, 2].

Для повышения резистентности организма к негативному воздействию активных форм кислорода предпочтение отдается антифлогистическим препаратам на основе лекарственных растений, что связано с рядом достоинств фитопрепаратов, а также с благосклонностью населения к многовековому опыту фитотерапии. Фармакологическая активность данных препаратов обусловлена в основном наличием фенольных соединений, наиболее важные из которых – флавоноиды [3]. Эти соединения – наиболее многочисленный класс природных полифенольных соединений, для которых характерно структурное многообразие, высокая и разносторонняя активность и малая токсичность [4]. По своей природе, являются вторичными метаболитами, чаще в виде гликозидных форм, выявляются практически во всех частях растений, где они выполняют ряд важных функций, определяя цвет, запах, вкус и некоторые другие параметры. Также флавоноиды обеспечивают иммунитет и устойчивость растений к различным негативным фак-

торам биологического происхождения [5]. Наиболее изученными флавонолами являются кемпферол, кверцетин, мирицетин и физетин, содержащиеся в фруктах и овощах [6]. Из-за высокой биологической активности и объективной пользы для здоровья человека актуальным является поиск и оценка растительных продуктов – источников флавоноидов.

Согласно последним исследованиям, источниками целого ряда БАВ, положительно сказывающихся на состоянии здоровья, являются дикорастущие кустарники, такие как брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idea*) и кизил обыкновенный (*Cornus Mas L.*). По мнению некоторых исследователей, данные растения являются «суперпродуктами» за счет большого содержания антиоксидантов, такими как антоцианы полифенолы, витамины С, А и Е, а также функциональными соединениями, такими как волокна и минералы. Плоды и листья широко используются в народной медицине, что связано с противовоспалительным, антиоксидантным и противомикробным действием, при употреблении их в сыром виде или в виде варенья, компота, сока, отваров или сиропа [7–9]. Поэтому изучение антиоксидантной активности и количественное определение фитохимических компонентов в данном некультивируемом сырье – актуальная задача.

Целью данной работы стало количественное определение флавоноидов и антиоксидантной активности в пересчете на кверцетин в плодах и листьях кизила обыкновенного (*Cornus mas L.*) и брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idea*).

Исследуемые в данной работе листья (ТМ «Таврида») и плоды кизила были собраны на территории ЮФО, листья (ТМ «ФармаЦвет») и плоды брусники – в средней полосе РФ.

Определение общей антиоксидантной активности (АОА) плодов и листьев выбранного сырья проводили следующим образом. Навеску предварительно измельченного сырья массой (1,0±0,1) г помещали в коническую колбу вместимостью 100 см³, добавляли 30 см³ водного раствора этилового спирта (70 %). Выдерживали при комнатной температуре в течение 24 ч. Содержимое колбы сливали с осадка и фильтровали через бумажный складчатый фильтр в мерную колбу вместимостью 100 см³. Осадок промывали 10 см³ водного раствора этилового спирта. Фильтрат доводили до метки водным раствором этилового спирта [10].

0,05 Н раствор перманганата калия КМnO₄ в 0,024 М растворе серной кислоты (H₂SO₄) титровали при комнатной температуре раствором анализируемой пробы до обесцвечивания. В качестве стандартных веществ использовали спиртовой раствор кверцетина [11].

Количественное определение флавоноидов проводили согласно следующей методике. Около (1,0000±0,0002) г измельченного сырья помещали в коническую колбу со шлифом вместимостью 200 см³, прибавляли 100 см³ этилового спирта с объемной долей 70 %, содержимое колбы встряхивали и взвешивали (с погрешностью±0,01) г. Колбу присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин с момента закипания содержимого колбы. Колбу охлаждали до комнатной температуры, вновь взвешивали и добавляли этиловый спирт с объемной долей 70 % до первоначальной массы. Извлечение фильтровали через складчатый бумажный фильтр в коническую колбу вместимостью 100 см³, отбрасывая первые 20 см³ фильтрата. 1 см³ фильтрата помещали в мерную колбу вместимостью 25 см³, прибавляли 5 см³ раствора алюминия хлорида с массовой долей 2 % в этиловом спирте с объемной долей 95 %, объем раствора доводили тем же спиртом до метки и перемешивали.

Через 30 мин измеряли оптическую плотность раствора на спектрофотометре при длине волны 410 нм в кювете с толщиной слоя 1,0 см. В качестве раствора сравнения используют раствор, состоящий из 1 см³ извлечения и 0,1 см³ концентрированной уксусной кислоты, доведенных этиловым спиртом с объемной долей 95 % до метки в мерной колбе вместимостью 25 см³. Параллельно в тех же условиях измеряли оптическую плотность раствора стандартного образца рутина, используя в качестве раствора сравнения этиловый спирт с объемной долей 95 % [12].

Общую АОА в пересчете на кверцетин (В) вычисляли по формуле 1:

$$B = \frac{C_k \times V_k \times V_0}{V_x \times m} \quad (1)$$

где C_k – концентрация кверцетина в растворе, израсходованном на титрование 1 см³ 0,05 Н раствора перманганата калия, мг/см³; V_k – объем раствора кверцетина, израсходованный на титрование 1 см³ 0,05 Н раствора перманганата калия, см³; V₀ – объем исследуемого экстракта, см³; V_x – объем исследуемого экстракта, израсходованный на титрование 1 см³ 0,05 Н раствора перманганата калия, см³; m – масса навески исследуемого объекта, г.

Массовую долю суммы флавоноидов в процентах (X) в пересчете на рутин и абсолютно сухое сырье вычисляют по формуле 2:

$$X = \frac{D \times m_0 \times 100 \times 100 \times 100}{D_0 \times m \times 1 \times (100 - W)} \quad (2)$$

где D – оптическая плотность испытуемого раствора, D_0 – оптическая плотность стандартного образца рутина, m — масса сырья, г, m_0 — масса рутина, г, W — потеря в массе при взвешивании сырья, %.

Результаты исследования общей АОА в пересчете на кверцетин и суммы флавоноидов представлены в таблице.

Таблица

Результаты определения массовой доли суммы флавоноидов и общей АОА

Показатель	Сырье			
	Брусника обыкновенная		Кизил обыкновенный	
	Листья	Ягоды	Листья	Ягоды
Общая АОА, мг/г	155,1±0,8	10,2±0,3	39,9±0,7	13,6±0,6
Массовая доля суммы флавоноидов, %	9,00±0,30	0,044±0,006	6,90±0,30	0,044±0,001

Примечание: результат представлен в виде $M \pm \sigma$, где M – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение; дист. вода – дистиллированная вода.

Суммарное содержание общей АОА в пересчете на кверцетин для кизила составило от 13,6±0,6 до 39,9±0,7 мг/г. Для брусники же значения составили от 10,2±0,3 до 155,1±0,8 мг/г. Максимальный выход наблюдается в листьях брусники. Ягоды кизила проявляют большую антиоксидантную активность, нежели ягоды брусники, содержание же флавоноидов примерно одинаковое.

Массовая доля суммы флавоноидов листьях обоих растений сильно превышает содержание в плодах, и составила 9,00±0,30% для листьев брусники и 6,90±0,001 для листьев кизила, наибольшее значение также наблюдается в листьях брусники.

В связи с этим, листья брусники определены как сырье, содержащее наибольшее количество флавоноидов и проявляющее наибольшую антиоксидантную активность, что может быть использовано при изготовлении лекарственных препаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рябинина Е. И. и др. Новый подход в оценке антиоксидантной активности растительного сырья при исследовании процесса аутоокисления адреналина // Химия растительного сырья. 2011. № 3. С. 117–121.
2. Демченкова Е. Ю., Пахомов В. П. Определение антиоксидантной активности лекарственных средств, бадов и лекарственного растительного сырья // Биомедицина. 2010. № 5. С. 76–78.
3. Азарова О. В., Галактионова Л. П. Флавоноиды: механизм противовоспалительного действия // Химия растительного сырья. 2012. № 4. С. 61–78.
4. Куркин В. А., Куркина А. В., Авдеева Е. В. Флавоноиды как биологически активные соединения лекарственных растений // Фундаментальные исследования. 2013. № 11–9. С. 1897–1901.
5. Зверев Я. Ф. Флавоноиды глазами фармаколога. Антиоксидантная и противовоспалительная активность // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2017. Vol. 15. № 4. P. 5–13.
6. Panche A. N., Diwan A. D., Chandra S. R. Flavonoids: an overview // Journal of nutritional science. 2016. Vol. 5. P. 47.
7. Drózd P. et al. Evaluation of bioactive compounds, minerals and antioxidant activity of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) fruits // Molecules. 2017. Vol. 23. № 1. P. 53.
8. Stanković M. S., Topuzović M. D. In vitro antioxidant activity of extracts from leaves and fruits of common dogwood (*Cornus sanguinea* L.) // Acta Botanica Gallica. 2012. Vol. 159. № 1. P. 79–83.
9. Ștefănescu B. E. et al. Chemical composition and biological activities of the nord-west romanian wild bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) leaves // Antioxidants. 2020. Vol. 9. № 6. P. 495.
10. ГОСТ Р 55488-2013. ПРОПОЛИС. Метод определения полифенолов. Введ. 2015-01-01. М., 2014.
11. Максимова Т. В., Никулина И. Н., Пахомов В. П., Шкарин Е. И. и др. Способ определения антиокислительной активности. Патент РФ 2170930, МПК G01N33/50, G01N33/52. Заявка: 2000111126/14, 2000.05.05. Дата публикации: 20.07.2001.
12. ГОСТ 13399-89. Цветки Арники. Технические условия. Введ. 1990-05-01. М., 1995.

Изучение стабильности фурфурола в органических растворителях

Гольшева А. Н.

Тульский государственный университет, г. Тула
nastyagolysheva2000@yandex.ru

Глобальное развитие сопровождается увеличением промышленной химии, которая играет важную роль в производстве топлива, удобрений/агрохимикатов, моющих средств, фармацевтических препаратов, пищевых добавок, полимеров и текстиля. Однако, казавшиеся бесконечными, запасы природных ресурсов (нефти) стали заканчиваться, поэтому важно находить им «зеленую альтернативу», которой могут стать фурановые производные. В связи с этим, изучение стабильности фурана и фурановых производных в различных реакционных условиях ставится необходимостью.

При работе с фурановыми «соединениями-платформами» и их производными необходимо учитывать их реакционную способность. Однако, в связи большим количеством факторов воздействия и различной стабильностью производных фурана, которые обладают уникальной устойчивостью, возникает необходимость создания большой систематизированной базы данных. Основной целью проведения данной работы является создание базы данных стабильности фурановых производных. Актуальность работы обусловлена возрастающим интересом к фурановой химии и фурановым «соединениям-платформам» [1–3].

В качестве производного фурана в работе использовали – фурфурол. Его стабильность проверяли в следующих растворителях: изопропанол, этилацетат, толуол, ТГФ (тетрагидрофуран), ацетонитрил и диоксан; эксперимент проводили при 60°C и 80°C.

Эксперимент проводили по следующей методике: брали 8,3 мкл фурфурола растворенного в 1 мл растворителя. Далее ставили на плитку с термодетектором в режиме precise, устанавливаемая температура 60°C, выдерживали 1 час (фотографии до и после представлены на рисунке 1). Далее образцы разбавляли в 10 раз, фильтровали через шприц и проводили анализ на газовом хроматографе кристаллюкс-4000М со следующими параметрами: используемый газ – гелий; начальная температура испарителя 300°C; скорость роста температуры термостатирования 20°C/мин; время проведения эксперимента 15 минут; общий поток 80,6; поток 0,6. Для масс-детектора использовали следующие параметры: режим scam; m/z 50–500; скорость скана 4000Да/сек; задержка растворителя 2 минуты; температура источника 230°C; температура трансферлиний 250°C.



а б

Рис. 1. Коммерческий фурфурол до (а) и после (б) выдерживания в растворителях при 60°C в течении 1 часа

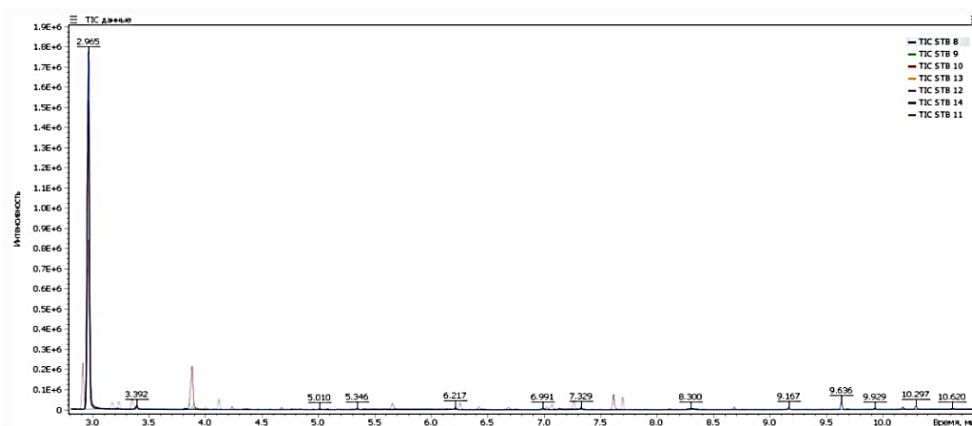


Рис. 2. Хроматограмма фурфурола в органических растворителях при 60°C в течение часа

В результате эксперимента были получены хроматограммы для каждого случая (фурфурол + растворитель), объединенные в одну на рисунке 2. Условные обозначения: TIC STB 1 – изопропанол; TIC STB 2 – этилацетат; TIC STB 3 – толуол; TIC STB 4 – ТГФ; TIC STB 5 – ацетонитрил; TIC STB 6 – диоксан; TIC STB 7 – контрольный образец. В качестве контрольного образца использовалась проба с фурфуролом, сделанная напрямую перед закалыванием в ГХ.

Кроме того, несмотря на то, что на визуальном уровне в образцах 2 и 3 (с этилацетатом и толуолом) выпал коллоидный осадок, хроматограммы в этих образцах ничего не показали, следовательно, можно сделать вывод, что выпавшие вещества будут относиться к смолам или гуминоподобным веществам, образовавшимся в результате конверсии фурфурола в этих растворителях. Другие пики на ГХ-МС относят к толуолу и мешающим агентам, используемый фурфурол в этом эксперименте был коммерческим, как известно, фурфурол – это бесцветная жидкость с приятным запахом, однако коммерческие образцы часто имеют коричневый цвет, как и в нашем случае. Поэтому, исходя из результатов хроматограммы, было решено проводить перегонку фурфурола, дальнейшие анализы проводили с этим полученным образцом. Эксперимент с перегнанным фурфуролом проводили при 80°C. Результаты ГХ представлены на рисунке 3.

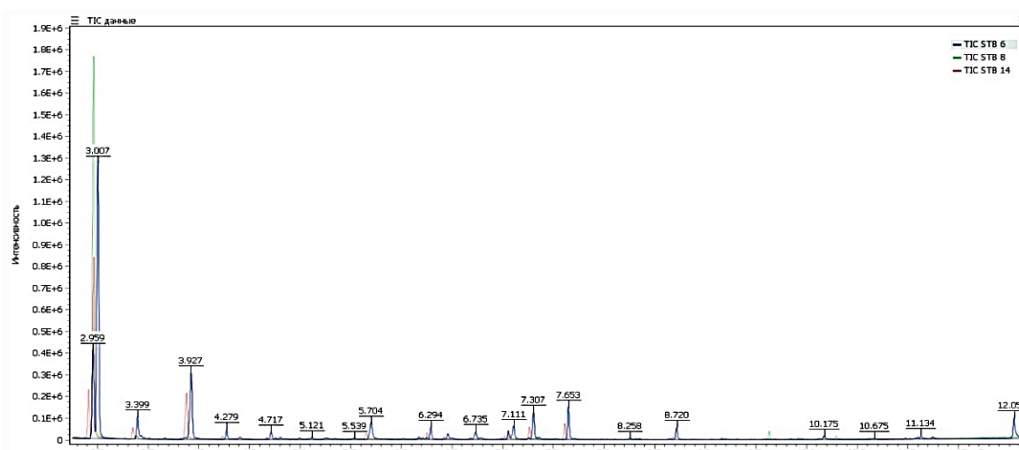


Рис. 3. Хроматограммы фурфура после перегонки в органических растворителях при 80°C в течение часа

По результатам анализа и расшифровки хроматограмм установлено, положительное влияние полярного апротонного растворителя 1,4 диоксана процесс окисления фурфура, что так же подтверждается в работе [4]. Пик перегнанного фурфура в 1,4 диоксане по сравнению с контрольным образцом уменьшился на 40,7% (пик в 1,4 диоксане 8141398,0 и 19971557,7 в контроле); в остальных случаях площадь пика фурфура становится ниже, что говорит о слабой конверсии фурфура в этих растворителях при 80°C. Кроме того, в присутствии диоксана образуется валерьяновая кислота, которой не было при дополнительном анализе чистого 1,4 диоксана на ГХ, что может свидетельствовать о раскрытие фуранового кольца фурфура в этих условиях (схема 1). По результат проведенного исследования были составлены диаграммы стабильности фурфура (рисунок 4).

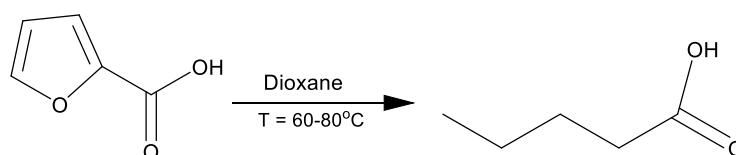


Схема 1. Раскрытие фуранового кольца под действием диоксана

По итогу проведенного исследования установлено, что фурфурол, взятый в качестве производного фурана, не стабилен в присутствии диоксана при 60–80°C, что подтверждается его высокой конверсией, раскрытие фуранового кольца до валерьяновой кислоты. Установлено, что увеличение температуры раствора способствует конверсии фурфура, что так же подтверждается рядом других исследований [5, 6]. Под воздействием этилацетата и ТГФ без участия других сорастворителей в системе образуются гуминоподобные вещества [7]. В дальнейшем планируется провести ряд экспериментов по установлению влиянии смеси 1,4 диоксана с водой; а также установить влияние других растворителей и иных веществ (солей, кислот и оснований) на стабильность фурфура.

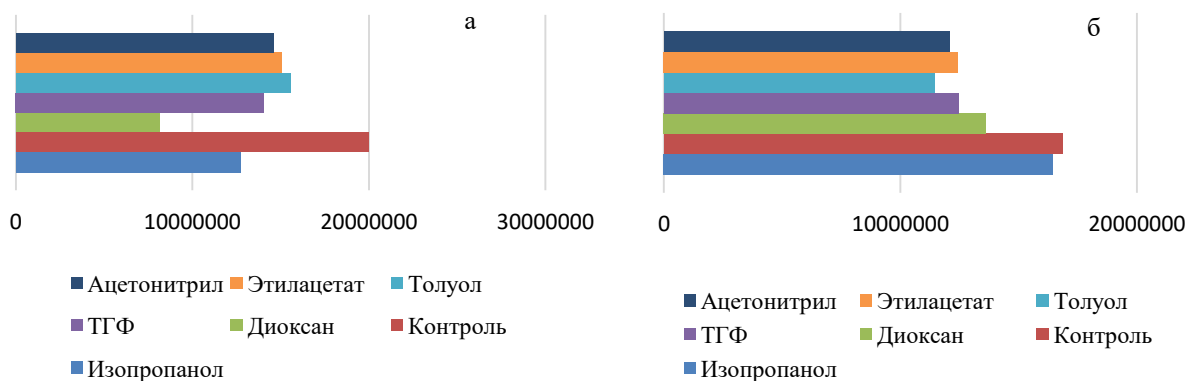


Рисунок 4. Стабильность фурфура до (а) и после (б) перегонки в органических растворителях

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания по теме "Направленная модификация и исследование стабильности производных фуранов – ценных продуктов конверсии возобновляемой растительной биомассы" (FEWG-2022-0001).

ЛИТЕРАТУРА

1. Karlinskii B. Y., Ananikov V. P. Recent advances in the development of green furan ring-containing polymeric materials based on renewable plant biomass //Chemical Society Reviews. 2023.
2. Karlinskii B. Y., Romashov L. V., Galkin K. I., Kislitsyn P. G., Ananikov V. P. Synthesis of 2-Azidomethyl-5-ethynylfuran: A New Bio-Derived Self-Clickable Building Block. Synthesis 2019, 51, 1235–1242.
3. Sun Y., Sun K. Zhang L., Zhang S., Liu Q., Wang Y., Wei T., Gao G. Hu X. Impacts of Solvents on the Stability of the Biomass-Derived Sugars and Furans. Energy Fuels 2020, 34, 3250–3261.
4. Yu X. *et al.* Insight into the α -MnO₂ boosts concentrated furfural or xylose conversion to furoic acid over 1, 4-dioxane-H₂O mixed solvent //Biomass and Bioenergy. 2022. Т. 167. С. 106642.
5. Huang L. *et al.* Production of furfural and 5-hydroxymethyl furfural from Camellia oleifera fruit shell in [Bmim] HSO₄/H₂O/1, 4-dioxane biphasic medium //Industrial Crops and Products. 2022. Т. 184. С. 115006.
6. Yang T. *et al.* Production of furfural from xylose catalyzed by a novel calcium gluconate derived carbon solid acid in 1, 4-dioxane //New Journal of Chemistry. 2020. Т. 44. №. 19. С. 7968–7975.
7. Вялых Е. А., Иларионов С. А., Вялых И. А. Исследование гуминовых кислот методом сканирующей электронной микроскопии //Вестник Пермского университета. Серия: Химия. 2013. №. 1 (9). С. 75–81.

Разработка способа повышения содержания кислородсодержащих функциональных групп в составе гуминовых кислот

Гольшева А. Н., Герцен М. М.

Тульский государственный университет, г. Тула
nastyagolysheva2000@yandex.ru, mani.gertsen@gmail.com

Проблема загрязнения почвенных и водных сред тяжелыми металлами является в настоящее время актуальной проблемой современной экологии. Тяжелые металлы оказывают пагубное воздействие на животных и людей, попадая через пищу и воду [1].

В качестве сорбентов тяжелых металлов с экологической точки зрения перспективно применение гуминовых кислот (ГК). Наличие большого количества различных функциональных групп в их составе обуславливает возможность их модификации целым рядом различных реагентов. В литературе описаны методы модификации гуминовых кислот, например, в работе [2] был реализован процесс получения сополимеров ГК с гидрохиноном методом фенолформальдегидной конденсации, реакцию катализировали щавелевой кислотой. Данная модификация также позволяет увеличить количество фенольных групп в структуре ГК. Кроме того, для модификации ГК используют метилирующие агенты, традиционные для анализа углеводов и жирных кислот: диазометан, метилиодид в присутствии окиси серебра, метанол в присутствии HCl или BF₃ и диметилсульфат в щелочной среде [3].

Варьируя методы модификации гуминовых кислот, можно получить высокоэффективный и экономически выгодный сорбент тяжелых металлов и других экотоксикантов, что обуславливает актуальность данной тематики.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования использовали гуминовые кислоты, выделенные из черноольхового низинного торфа Тульской области (ГК ЧНТ), полученные по методике, описанной в работах [4–6]. Примерная схема реакции выделения гуминовых кислот под действием NaOH представлена на рисунке 1.

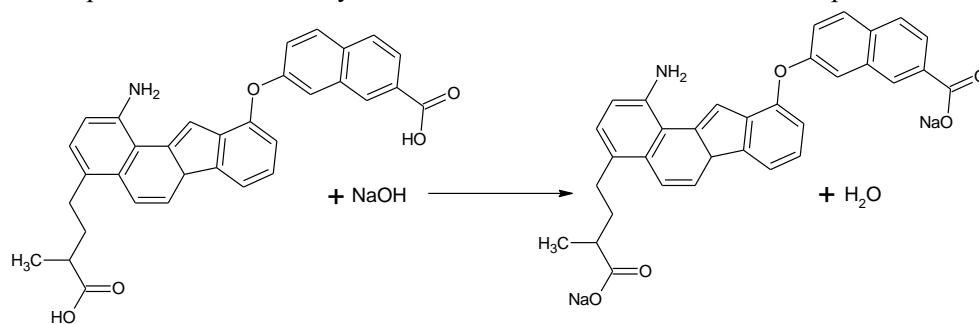


Рис. 1. Схематичное изображение выделения гуминовых кислот

Методика модификации гуминовых кислот

В колбу на 50 см³ помещают 0,2 г ГК, приливали 25 мл раствора КОН с концентрацией 0,2 моль/дм³ и перемешивали до полного растворения. К полученному раствору прибавляли фенол. Затем приливали раствор K₃[Fe(CN)₆] с концентрацией 0,1 моль/дм³ при быстром перемешивании. Отстаивали 5 минут. По завершении реакции полученный осадок декантировали и дважды промывали дистиллированной водой. Если осадка не было – приливали 5 мл раствора HCl с концентрацией 1 моль/дм³, осадок декантировали и промывали. Полученное вещество сушили на воздухе.

Для доказательства, проведения модификации использовали анализ сорбционной емкости

Методика анализа сорбционной емкости

Навеску 0,025 г модифицированных гуминовых кислот, растертых до порошка, помещали в пробирку. Затем в каждую добавляли 10 см³ раствора Cr³⁺. Пробирки закрывали крышкой и ставили на продольный шейкер на 24 часа (скорость продольного шейкера устанавливали на 2). Через 24 часа отфильтровывали раствор от примесей модифицированных гуминовых кислот. Фильтрат фотометрировали при 525 нм.

Таблица 1.

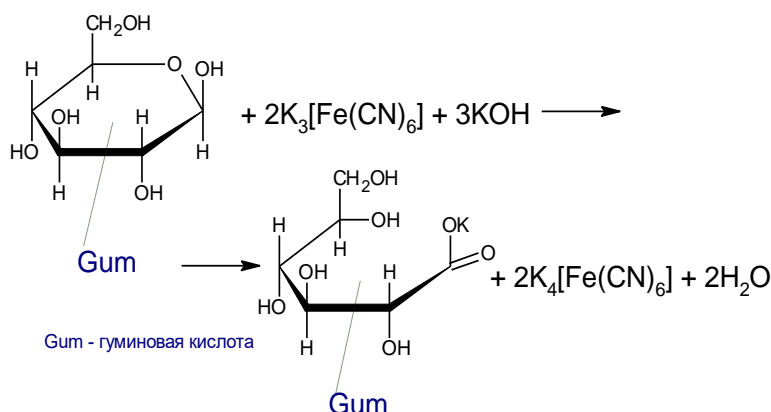
Выбор количества веществ для синтеза

K ₃ [Fe(CN) ₆]		Фенол		K ₃ [Fe(CN) ₆]	
Y, см ³		X, г	X, г	Y, см ³	
	1	0,02	0,04	2	
	2			4	
	4			8	

Обсуждение результатов

В результате проведенной модификации был получен новый препарат гуминовых кислот, обладающих более высокой сорбционной емкостью по отношению к катионам Cr³⁺.

При описании взаимодействия ГК с K₃[Fe(CN)₆] и КОН учитывали, что ГК – полифункциональные соединения, поэтому с K₃[Fe(CN)₆] могут взаимодействовать углеводные фрагменты ГК. Примером такого взаимодействия может послужить взаимодействие с глюкозой:

Рис. 2. Взаимодействие гуминовых кислот с K₃[Fe(CN)₆] и КОН

Глюкоза окисляется до соли глюконовой кислоты, гексацианоферрат (III) калия восстанавливается до гексацианоферрата (II).

Упрощенно схема реакции выглядит следующим образом (рисунок 2) Сам механизм окислительного сочетания фенола под действием K₃[Fe(CN)₆] в молекуле гуминовой кислоты можно представить следующим образом (рисунок 3). Суть механизма в следующем: на первом этапе окисления образуются феноксильные радикалы, впоследствии они подвергаются димеризации, которая приводит к образованию новых углеродных связей между разными положениями исходных радикалов. Кроме того, на этом этапе может происходить образование новых С–О связей. Известно, что таким образом, может синтезироваться не менее пяти разнообразных типов димеров. Далее образовавшиеся димеры изомеризуются в производные гидроксифенилового эфира или дигидроксифенила. Соотношение фенола и K₃[Fe(CN)₆] варьировалось для изучения полноты протекания модификации.

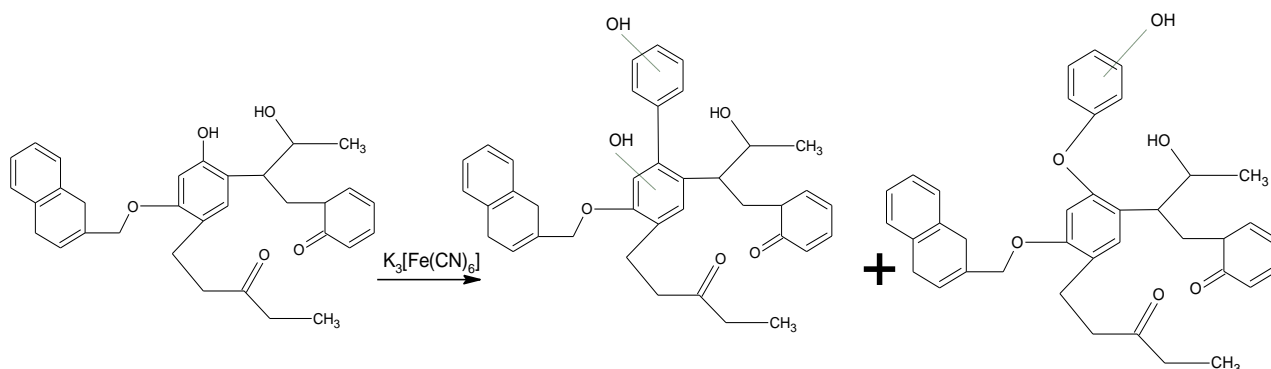


Рис. 3. Схема реакции окисления фенольного фрагмента гуминовых кислот под действием $K_3[Fe(CN)_6]$

Далее в работе проводили анализ степени связывания Cr^{3+} с ГК и с модифицированными ГК. Степень связывания рассчитывали по формуле:

$$Q = \frac{C_{исх} - C_{очищ}}{C_{исх}} \times 100\%$$

где $C_{исх}$ – содержание Cr^{3+} в растворе до очистки, $C_{связ}$ – содержание Cr^{3+} в растворе после ее очистки модифицированными ГК

Технологическое обоснование применимости разработанного метод по увеличению содержанию кислородсодержащих групп гуминовых кислот проводили путем сравнения степени связывания исходных и модифицированных гуминовых кислот по отношению к катиону Cr^{3+} . По данным, представленным на рисунке видно, что образцы 3 и 6 модифицированные разным количеством $K_3[Fe(CN)_6]$ и фенола имеют близкие показатели по степени связывания. В работы представлено сравнение только этих двух образцов, так как результаты других модификаций были ниже. Установлено, что максимальная степень связывания была у образца 6 с ионами Cr^{3+} концентрацией $0,0150$ моль/дм³. Разницы степени связывания исходных ГК и образца 6 при этой концентрации катиона Cr^{3+} составляет 23,9%.

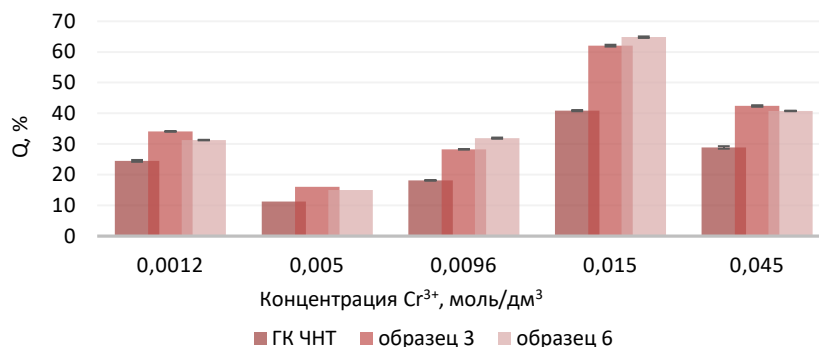


Рис. 5. Сравнение очистки по отношению Cr^{3+} к исходным ГК ЧНТ и модифицированным ГК ЧНТ (образцы 3 и 6).

Отмечено, что во всех образцах, включая исходные ГК при концентрации Cr^{3+} в растворе $0,0450$ моль/дм³ связывание уменьшилось. Такой эффект может быть вызван недостатком кислородсодержащих функциональных групп в модифицированных и исходных ГК, по данным работы [7] в ГК ЧНТ $2,5 \pm 0,2$ ммоль/г -COOH групп и $8,2 \pm 0,3$ ммоль/г -ОН групп. Это утверждение подтверждается тем, что в ГК связывание при $0,0450$ моль/см³ составило 28,9%, тогда как худшее связывание с модифицированными ГК 32,2%.

Разработанная методика по повышению кислородсодержащих функциональных групп гуминовых кислот увеличивает степень связывания на 23,9% при оптимальной концентрации тяжелого металла. Данная методика нуждается в доработке и проверки ее применимости не только на природных гуминовых кислотах, но и на гуминовых кислотах полученных коммерческим путем и полученных в ходе разложения фурановых производных. Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что увеличение содержания кислородсодержащих функциональных групп в ГК низменного черноольхового торфа посредством окислительного сочетания фенолов с $K_3[Fe(CN)_6]$ прошло успешно. Установлено, что при концентрации катиона Cr^{3+} $0,0450$ моль/дм³ Q выросло на 11,9 – 13,5% по сравнению с контрольным образцом. Лучший

результат был при концентрации катиона Cr^{3+} 0,015 моль/дм³, как с модифицированными ГК, так и с природными гуминовыми кислотами, выделенными из торфов Тульской области.

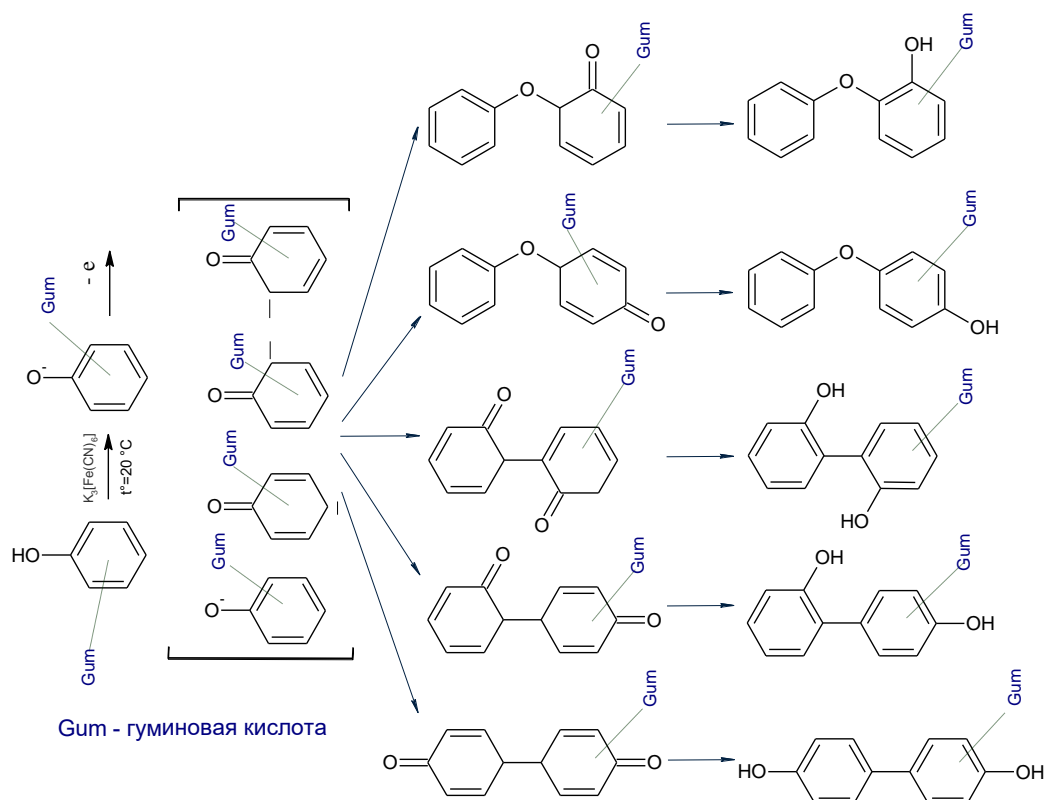


Рисунок 4. Механизм окислительного сочетания фенола под действием $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скрипко Т. В., Мальгина И. Л. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами // Успехи современного естествознания. 2019. № 6. С. 105–110.
2. Картюк Л. А. Алкоксисилильные производные гуминовых веществ: синтез, строение и сорбционные свойства. Москва. 2008.
3. Яговкин А. К., Миронова Ю. В., Миронов А. В. Развитие представлений о молекулярной организации сложных органических систем гуминовых кислот // Вестник Югорского государственного университета. 2009. В.3, № 3. С. 80–60
4. Дмитриева Е. Д., Герцен М. М., Дремова А. А. Детоксицирующая способность гуминовых кислот торфов по отношению к нефтепродуктам в почвенной экосистеме // Химия растительного сырья. 2022. № 2. С. 261–269.
5. Дмитриева Е. Д., Леонтьева М. М., Осина К. В. Изучение влияния ионов тяжелых металлов на агрегацию гуминовых веществ на слюде методом атомно-силовой микроскопии // Вестник Санкт-Петербургского университета. Физика. Химия. 2018. Т. 5. № 2. С. 127–137.
6. Осина К. В. Выявление закономерностей связывания гуминовых веществ торфов с тяжелыми металлами и формами монтмориллонита: дис. Иванова, 2018. 18 с, 2018.
7. Дмитриева Е. Д., Леонтьева М. М., Осина К. В. Физико-химические свойства гуминовых веществ торфов Тульской области // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. 2019. № 1. С. 134–146.

Оптическая ширина запрещенной зоны и магнитная восприимчивость нанокомпозитов на основе магнетита, кремнезема и анатаза, осажденных гидротермальным пероксо-методом

Горшков А. А., аспирант 4 курса

Науч. рук. — Авдин В. В., д-р хим. наук, проф.

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск
agorshkov@susu.ru

Диоксид титана TiO_2 в кристаллической форме анатаза является непрямозонным полупроводником с шириной запрещенной зоны (ШЗЗ) около 3,2 эВ, точное значение которой зависит от метода получения, размеров и морфологии частиц, наличия допантов. Благодаря своей способности генерировать экситоны

(пространственно разделенные электрон-дырочные пары) при облучении ультрафиолетом, анатаз выступает основой многих коммерческих фотокатализаторов, используемых для деструкции широкого круга органических загрязнителей в системах фотокаталитической очистки бытовых и промышленных сточных вод [1]. Однако одной из ключевых проблем при использовании фотокаталитического метода очистки воды является то, что большинство коммерчески доступных фотокатализаторов на основе анатаза представлены в виде нанодисперсных частиц, которые чрезвычайно проблематично удалить из воды после завершения фотокаталитического процесса [2]. По этой причине актуальной задачей является поиск методов иммобилизации наноструктурированного анатаза на инертные легкоизвлекаемые подложки с тем, чтобы полученные композиты по возможности сохраняли способность к фотоиндуцируемой генерации экситонов.

В данной работе в качестве носителя фотокатализатора выбраны наноразмерные ядра магнетита Fe_3O_4 . Магнетит получали осаждением из смеси водных растворов солей железа [3]. Для этого эквимольные количества $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ растворяли в дистиллированной воде при температуре 70°C и непрерывном воздействии ультразвука. Насыщенным раствором гидроксида аммония pH смеси доводили до 10. В течение всего процесса и еще час после завершения поддерживали температуру 70°C , УЗ-облучение и перемешивание реакционной смеси, после чего отмывали частицы магнетита дистиллированной водой посредством центрифугирования до отрицательной реакции на противоионы исходных солей. Осажденные гидратированные частицы магнетита диспергировали в горячем насыщенном водном растворе поливинилового спирта и выдерживали при 70°C и УЗ-облучении в течение часа.

На полученные стабилизированные ядра магнетита наносили фотокаталитически активные покрытия диоксида титана методом гидротермального синтеза, используя в качестве прекурсора свежеполученный водный раствор пероксотитановой кислоты при значении pH 9 [4]. Опционально вводили в композиты диоксид кремния SiO_2 , используя в качестве прекурсора свежеполученный водный золь кремниевой кислоты [4]. Для осуществления синтеза смешивали заранее рассчитанные объемы стабилизированной суспензии магнетита, водного раствора пероксотитановой кислоты известной концентрации и золя кремниевой кислоты, объем смеси доводили дистиллированной водой до 80 мл, переносили смесь в автоклав объемом 140 мл и проводили гидротермальную обработку в течение 24 часов при температуре 180°C и саморегулирующемся давлении. После извлечения из автоклава частицы отмывали дистиллированной водой и сушили под вакуумом при 50°C . Варьируя состав реакционной смеси, получили девять образцов композитов с различным содержанием магнетита, анатаза и кремнезема. Каждый из осажденных образцов делили на три равные части, одну из которых оставляли непрокаленной, вторую прокачивали в муфельной печи в атмосфере воздуха при 350°C в течение часа, а третью прокачивали в муфельной печи в атмосфере воздуха при 700°C в течение часа.

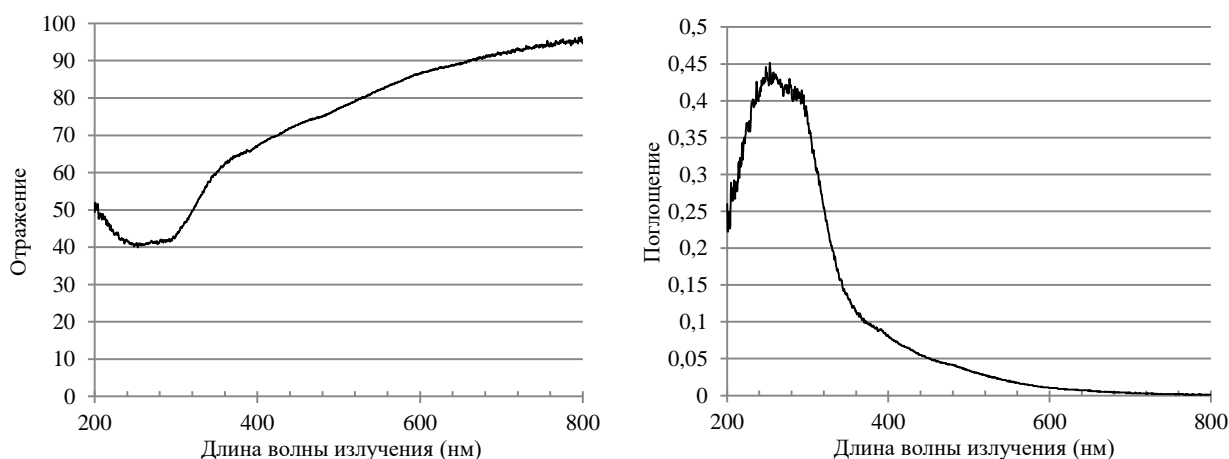


Рис. 1. Кривые оптического отражения (слева) и поглощения (справа) образца MphST_XII

Для определения оптической ширины запрещенной зоны снимали спектр отражения образцов композитов в диапазоне волн от 800 нм до 200 нм при помощи спектрофотометра УФ и видимого диапазона Shimadzu UV-2700. По методу Кубелки-Мунка преобразовывали полученные спектры отражения в спектры поглощения, после чего по методу Таука строили кривые зависимостей квадратных корней коэффициентов поглощения от энергии облучения (для определения не прямых запрещенных зон) и квадратов коэффициентов поглощения от энергии облучения (для определения прямых запрещенных зон). Прямые

участки полученных кривых линейно аппроксимировали до пересечения с осью абсцисс, принимая отложеннопересечением на оси значение энергии за значение ширины запрещенной зоны исследуемого композита. При наличии на кривых Таука нескольких прямолинейных участков, ширину запрещенной зоны определяли по основному из них. Пример полученных кривых отражения и поглощения одного из прокаленных композитных образцов (MphST_XII) представлен на рис. 1. Пример построенных кривых Таука того же образца представлен на рис. 2.

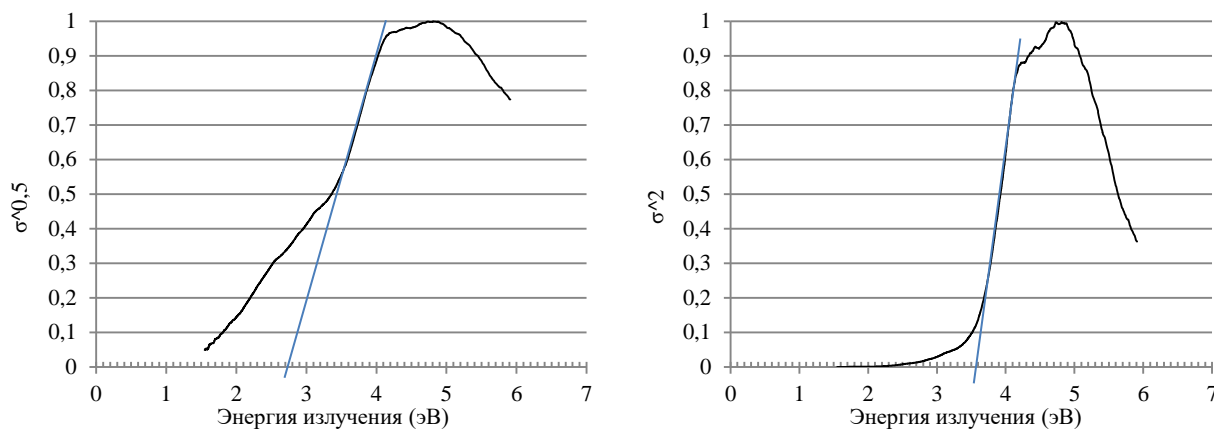


Рис. 2. Кривые Таука для непрямой запрещенной зоны (слева) и прямой запрещенной зоны (справа) образца MphST_XII

Для экспериментального определения магнитной восприимчивости навеску высушенного композита массой 50 мг помещали в стеклянный стакан и в течение 30 мин. диспергировали в 25 мл дистиллированной воды при помощи ультразвукового диспергатора МЭФ93.Т (интенсивность ультразвукового облучения – 250 Вт/см², частота 22 кГц). Полученную суспензию в течение 60 мин. выдерживали над неодимовым магнитом класса N45 (цилиндр, d = 50 мм, h = 30 мм, BR = 1,35 Тл), после чего аккуратно декантировали и отделяли неосажденные частицы центрифугированием в течение 5 минут на центрифуге Hermle LaborTechnic Z383 (9000 об./мин.) Частицы образца, извлеченные магнитом и отделенные центрифугированием высушивали под вакуумом, взвешивали по-отдельности и по разнице масс вычисляли процент извлекаемости частиц магнитом. Сводные данные по составу синтезированных композитов, условиям пост-синтетической обработки, а также определенные значения ширины запрещенных зон и магнитной извлекаемости представлены в таблице 1.

Магнитная извлекаемость всех изученных образцов ожидаемо положительно коррелирует с массовым содержанием в них магнетита: линейный коэффициент корреляции Пирсона r равен 0,79 для тех образцов, которые не были прокалены при 700 °С. Прокаливание материалов при 350 °С существенно повысило извлекаемость почти всех композитных образцов – вероятно, это связано с агрегацией частиц (ведущей к увеличению их размеров в водной суспензии) и их упрочнением (вследствие чего внешняя оболочка не открепляется от магнитных ядер в ходе ультразвуковой обработки). Однако прокаливание при 700 °С резко понизило магнитную извлекаемость образцов. Очевидно, это связано с окислением магнетита в гематит, обладающий существенно меньшей магнитной восприимчивостью.

Определенные значения прямых и не прямых запрещенных зон исследованных композитов оказались меньше соответствующих запрещенных зон чистого анатаза. Скорее всего, сужение запрещенных зон определяется наличием в композитах магнетита (ширина запрещенной зоны которого колеблется около 0,2 эВ) и гематита (ширина запрещенной зоны которого составляет около 2,1 эВ) [5, 6]. Также ширина не прямой запрещенной зоны может уменьшаться с повышением аморфности образцов, чему способствует наличие в них аморфного диоксида кремния (который сам по себе является не полупроводником, а изолятором). Для непрокаленных образцов и образцов, прокаленных при 350 °С, ширина не прямой запрещенной зоны значимо положительно коррелирует с массовым содержанием TiO₂ ($\rho = 0,94$) и отрицательно коррелирует как с массовым содержанием Fe₃O₄ ($\rho = -0,25$), так и с массовым содержанием SiO₂ ($\rho = -0,61$). Ширина прямо запрещенной зоны для тех же образцов положительно коррелирует с массовым содержанием TiO₂ ($\rho = 0,59$), отрицательно коррелирует с массовым содержанием SiO₂ ($\rho = -0,58$) и практически не коррелирует с массовым содержанием Fe₃O₄ ($\rho = -0,08$). Повышение температуры пост-синтетической обработки в целом не очень значительно понижало ширину как прямой, так и не прямой запрещенной зоны большинства образцов, причем наиболее резким было сужение запрещенных зон кремнийсодержащих образцов в результате прокаливания при 700 °С.

Таблица 1

Состав, условия получения, оптические и магнитные характеристики образцов композитов

Образец	Молярные соотношения атомов Fe:Si:Ti	Температура обработки	Непрямая оптическая ШЗЗ	Прямая оптическая ШЗЗ	Магнитная извлекаемость
MphtST_I	0,1:0:1	50 °С	3,15 эВ	3,60 эВ	45 %
MphtST_II	0,1:0,5:1	50 °С	2,60 эВ	3,49 эВ	35 %
MphtST_III	0,1:1:1	50 °С	2,69 эВ	3,52 эВ	27 %
MphtST_IV	0,2:0:1	50 °С	2,91 эВ	3,38 эВ	50 %
MphtST_V	0,2:0,5:1	50 °С	2,52 эВ	3,45 эВ	53 %
MphtST_VI	0,2:1:1	50 °С	2,31 эВ	3,18 эВ	38 %
MphtST_VII	0,3:0:1	50 °С	2,64 эВ	3,24 эВ	70 %
MphtST_VIII	0,3:0,5:1	50 °С	2,30 эВ	3,41 эВ	74 %
MphtST_IX	0,3:1:1	50 °С	2,17 эВ	3,10 эВ	65 %
MphtST_X	0,1:0:1	350 °С	3,18 эВ	3,61 эВ	48 %
MphtST_XI	0,1:0,5:1	350 °С	2,75 эВ	3,51 эВ	51 %
MphtST_XII	0,1:1:1	350 °С	2,77 эВ	3,53 эВ	31 %
MphtST_XIII	0,2:0:1	350 °С	2,92 эВ	3,37 эВ	48 %
MphtST_XIV	0,2:0,5:1	350 °С	2,60 эВ	3,46 эВ	78 %
MphtST_XV	0,2:1:1	350 °С	2,39 эВ	3,31 эВ	51 %
MphtST_XVI	0,3:0:1	350 °С	2,67 эВ	3,25 эВ	> 99 %
MphtST_XVII	0,3:0,5:1	350 °С	2,36 эВ	3,41 эВ	89 %
MphtST_XVIII	0,3:1:1	350 °С	2,22 эВ	3,42 эВ	75 %
MphtST_XIX	0,1:0:1	700 °С	2,96 эВ	3,51 эВ	3 %
MphtST_XX	0,1:0,5:1	700 °С	2,45 эВ	3,29 эВ	4 %
MphtST_XXI	0,1:1:1	700 °С	2,45 эВ	3,32 эВ	2 %
MphtST_XXII	0,2:0:1	700 °С	2,58 эВ	3,36 эВ	1 %
MphtST_XXIII	0,2:0,5:1	700 °С	2,71 эВ	3,29 эВ	< 1 %
MphtST_XXIV	0,2:1:1	700 °С	2,19 эВ	3,13 эВ	4 %
MphtST_XXV	0,3:0:1	700 °С	2,47 эВ	3,16 эВ	4 %
MphtST_XXVI	0,3:0,5:1	700 °С	2,36 эВ	3,16 эВ	3 %
MphtST_XXVII	0,3:1:1	700 °С	2,13 эВ	3,08 эВ	4 %

Работа выполнена при поддержке мегагранта правительства РФ в рамках нацпроекта «Наука и университеты».

ЛИТЕРАТУРА

1. Fujishima A., Rao T. N., Tryk D. A. Titanium dioxide photocatalysis // Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews. 2000. V. 1. P. 1–21.
2. Mahmoud W., Rastogi T., Kümmerer K. Application of titanium dioxide nanoparticles as a photocatalyst for the removal of micropollutants such as pharmaceuticals from water // Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry. 2017. V. 6. P. 1–10.
3. Kuwakara Y., Miyazaki T., Shirotsaki Y., Kawashita M. Effects of organic polymer addition in magnetite synthesis on the crystalline structure // RSC Adv. 2014. V. 4. P. 23359–23363.
4. Ilkaeva M., Krivtsov I., Avdin V., Khainakov S. et al. Comparative study of structural features and thermal behavior of mixed silicitanita xerogels prepared via the peroxy method and the conventional co-precipitation technique // Colloid Surface A. 2014. V. 456. P. 120–128.
5. Liu H., Di C. Valentin Band Gap in Magnetite above Verwey Temperature Induced by Symmetry Breaking // The Journal of Physical Chemistry C. 2017. V. 121 (46). P. 25736–25742.
6. Xia C., Jia Y., Tao M., Zhang Q. Tuning the band gap of hematite α -Fe₂O₃ by sulfur doping // Physics Letters A. 2013. V. 377. P. 1943–1947.

Взаимодействие пара-метоксихалкона с аминами

Григорьева В. С., студ 4 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
valerochka.grigoreva.01@list.ru

В связи с тем, что халконы обладают высокой биологической активностью, возможны различные исследования по взаимодействию этих соединений с разными классами органических соединений [1]. Поэтому можно сказать о целесообразности поиска новых функционально замещенных халконов и их производных, обладающих возможностью практического использования, что указывает на перспективу

проведения новых работ в этом направлении. Анализируя сайт научной электронной библиотеки eLibrary.ru, scholar.google.ru я нашла несколько интересных ссылок на статьи и книги, где описывается актуальность получения халкона и его аминопроизводных.

Реакции Михаэля. В α , β -ненасыщенных альдегидах и кетонах карбонильная группа сопряжена с двойной углерод-углеродной связью, в результате чего нуклеофильные реагенты могут присоединяться как по 1,2-, так и по 1,4-положению (рис. 1.) [2]:

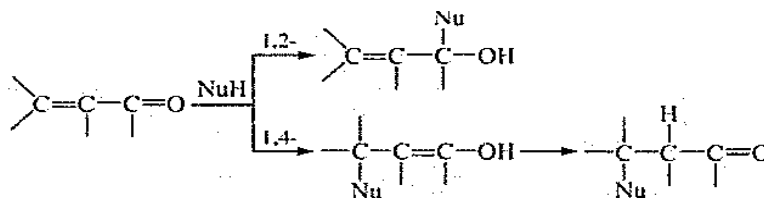


Рис. 1. Присоединение по 1,2-, так и по 1,4-положению

Экспериментальная часть

Взаимодействие пара-метоксихалкона с этилендиамином. Из публикации [3] известно, что взаимодействие халконов с нуклеофилами происходит по некоторым направлениям, в частности возможна реакция Михаэля по С-С связи (рис. 1), а возможна реакция по карбонильной группе с потенциальной циклизацией в диазепиновое кольцо (рис. 2) [12]. Перед нами поставлена задача оценить возможность протекания этих реакций с пара-метоксихалконом. В качестве первого реагента был выбран пара-этилендиамин, но поскольку его не было в свободном состоянии, была использована его соль. Опираясь на литературу [3], где указано о возможности получения различных продуктов реакции при разных условиях ее проведения, мы проработали эксперимент в нескольких условиях.

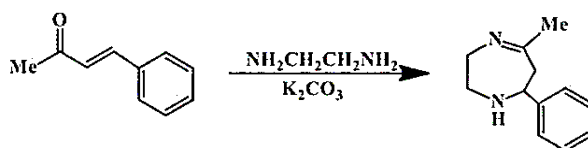
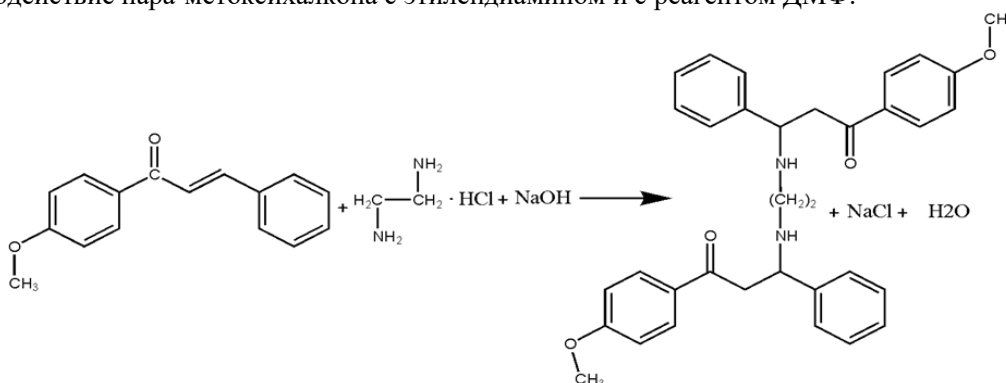


Рис. 2. Циклизация в диазепиновое кольцо

Взаимодействие пара-метоксихалкона с этилендиамином и с реагентом ДМФ:



Реакция проводилась в присутствии растворителя ДМФ. Поскольку мы брали соль этилендиамина, необходимо было добавить NaOH. Смесь мы выдерживали в растворителе в течение 5–6 часов, при температурном интервале 60–90 градусов. Для обработки раствора с ДМФ выливали в лед, выпавший осадок отфильтровывали. Продукт очищали перекристаллизацией из этанола. Выход продукта составил 58%. Затем осуществили контрольную проверку методом проверки температуры плавления. $T_{пл} = 185$ градусов.

Взаимодействие пара-метоксихалкона с этилендиамином в толуоле (рис. 3). Реакция проводилась в присутствии толуола в присутствии NaOH. Смесь выдерживали в растворителе в течении 1 часа, температурный интервал 60–65 градусов. Толуол отгонялся, кристаллическое вещество переносилось на фильтр и перекристаллизовывался из этанола. После высушивания выход продукта составил 60%. $T_{пл} = 193$ градусов.

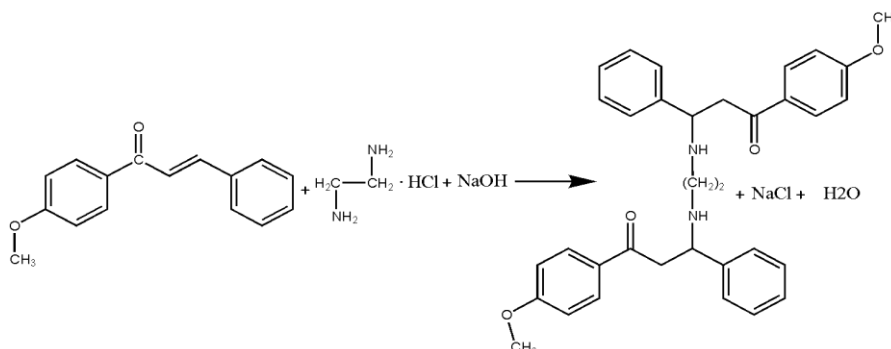


Рис. 3. Получение димера

В обоих случаях получился димер. Поскольку на данном этапе мы не можем точно идентифицировать вещество, но согласно литературным данным, при дальнейшем кипячении, получается диазепин.

Как было сказано выше, при высоких температурах может получиться диазепиновый цикл. Смесь мы также выдерживали в кипящем растворителе, в течении 5–6 часов. Проводя контроль методом ТСХ изменений не произошло и был выделен тот же продукт.

Взаимодействие пара-метоксихалкона с 3-аминопропанолом-1.

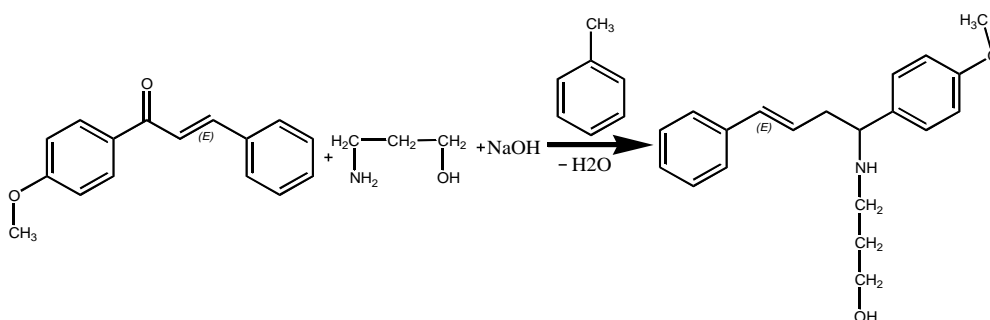


Рис. 4. Реакция с 3-аминопропанолом-1

Для подтверждения того, что реакция идет по карбонильной группе, провели реакцию с аминопропанолом-1. Реакция проводилась в присутствии толуола. Также было необходимо добавить NaOH. Смесь выдерживали в растворителе в течение 4 часов, температурный интервал – 60–70 градусов. Толуол отгонялся, кристаллическое вещество переносилось на фильтр. После высушивания выход продукта составил 71%. Тпл=170–171 градусов

Реакция пара-метоксихалкона с этанолом. Опыт проводится для проверки гидроксильной группы.

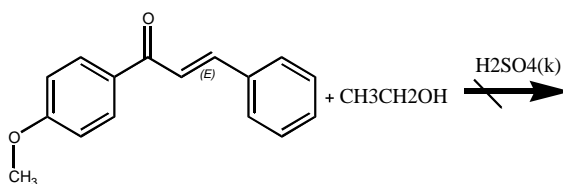


Рис. 5. Реакция со спиртом

Опыт делали в среде этанола, H₂SO₄ использовали в качестве катализатора. Смесь выдерживали в растворителе в течение 4 часов, температурный интервал – 60–65 градусов. По данным ТСХ реакция не прошла.

В заключении следует отметить, что действительно реакция с аминами протекает в зависимости от их электронного строения. С ароматическими аминами реакция протекает по карбонильной группе, а с алифатическими – по кратной связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синтетические трансформации халконов: Монография / О.А.Нуркенов, М.К. Ибраев, М.Б. Исабаева – Warsaw: iScience Sp., 2019. С. 26–30.

2. *Ибраев М. К.* Синтез, строение и внутримолекулярная гетероциклизация 2-гидроксилсодержащих халконов / М. К Ибраев, А.Е. Аринова, О.Т. Сейлханов // Известия научно-технического общества «КАХАК». 2018. № 2 (61). С. 58–67.

3. *Жорабек А. А.* Синтез и изучение новых биологически активных производных халконов : специальность «Химия и химическая технология»: автореферат, старший преподаватель кафедры химии и хим.технологии / Жорабек А. А.; Карагандинский Технический Университет. Караганда, 2020. С. 14.

Определение тепловых эффектов реакций комплексообразования 3d-металлов с ЭДТА

Гуров Д. С., студ. 5 курса

Науч. рук. – Смирнова Л. Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
dima2711199@gmail.com

Комплексоны переходных металлов представляют большой практический интерес вследствие их биологической активности. Одним из важнейших представителей комплексонов является ЭДТА, который образует прочные хелаты с ионами металлов. В водном растворе ЭДТА образует ряд устойчивых комплексов $[MeOHY]$, $[MeY]$, $[MeHY]$ и неустойчивый в водном растворе комплекс состава $[MeH_2Y]$ [1].

Целью работы является определение тепловых эффектов реакций комплексообразования 3-d металлов с солями этилендиаминтетраацетата натрия(ЭДТА). В качестве комплексообразователей были использованы соли соединений меди(II), кобальта(II) и никеля(II). Структуры получаемых комплексов представлены на рисунках 1 и 2.

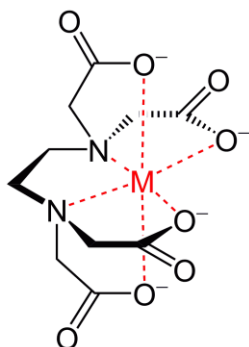


Рис. 1. Строение депротонированных комплексов

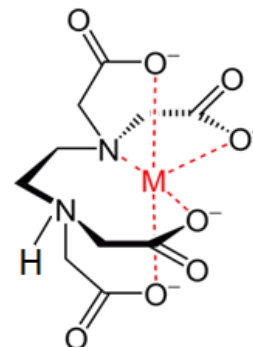


Рис. 2. Строение монопротонированных комплексов

Для изучения комплексов, необходимо знать их термодинамические параметры, такие как Энтальпия(ΔH), Энтропия(ΔS), Энергия Гиббса(ΔG) а также константы устойчивости комплексов()

Поэтому нами был проведен эксперимент по определению тепловых эффектов образования комплексов с последующим вычислением ΔH , ΔG , ΔS . Для этого использовался калориметр «Эксперт» с определенной программой на компьютер. При проведении опытов очень сложно выдержать одинаковую температуру исходных растворов, поэтому в работе использовался термостат. При определении тепловых эффектов исходные системы термостатировались при заданной температуре (293 К). Исследуемые растворы металлов-комплексообразователей и растворы солей тетранатриевой соли и тринатриевой соли ЭДТА имели одинаковые концентрации, равные 0,1 моль/л.

Растворы лигандов были приготовлены следующим образом. Для приготовления тетранатриевой соли ЭДТА был взят фиксанал Трилона Б и карбоната натрия, содержимое фиксаналов было помещено в стакан с дистиллированной водой, далее полученная смесь кипятилась в течение 2-х часов на электроплитке. В течение этого времени находящиеся в стакане вещества полностью взаимодействовали между собой, после чего стакан охлаждался и его содержимое помещалось в мерную колбу объемом 500 мл с последующим доведением до метки. Раствор тринатриевой соли ЭДТА был приготовлен аналогичным образом, но вместо карбоната натрия был взят гидрокарбонат натрия. Полученные растворы имели значения pH равные 9,12 и 8,01 соответственно.

Для получения калориметрических данных в начале была определена константа калориметра, которая по физическому смыслу представляет собой теплоемкость калориметрической системы. Для ее расчета была использована молярная интегральная теплота растворения стандартного вещества хлорида калия (KCl), у которого данная величина равна -17,64 кДж/моль.

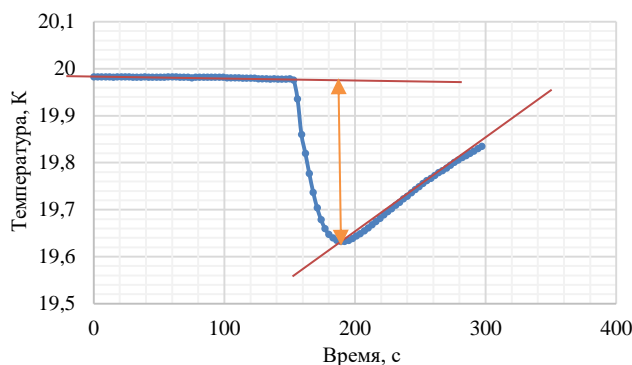


Рис. 3. Калориметрическая кривая растворения хлорида калия

Настройки прибора были таковы – количество измерений в процессе эксперимента составило 100, а запись температуры происходила раз в 3 секунды. По формуле $W = Q \cdot \nu / \Delta T$, где Q – молярная интегральная теплота растворения, ν – количество вещества, ΔT – изменение температуры, была вычислена константа калориметра (-0,622 кДж/К). На рисунке 3 представлена калориметрическая кривая растворения хлорида калия. Эксперимент определения теплового эффекта при комплексообразовании 3-d металлов с ЭДТА проводился следующим образом.

В калориметр помещалось строго определенное количество исследуемых солей 3-d элементов. Система термостатировалась и параллельно с ней при этой же температуре выдерживалась соль лиганда, которая затем через определенный промежуток времени приливалась к раствору комплексообразователя. Калориметрические кривые данных процессов представлены на рисунках 4, 5:

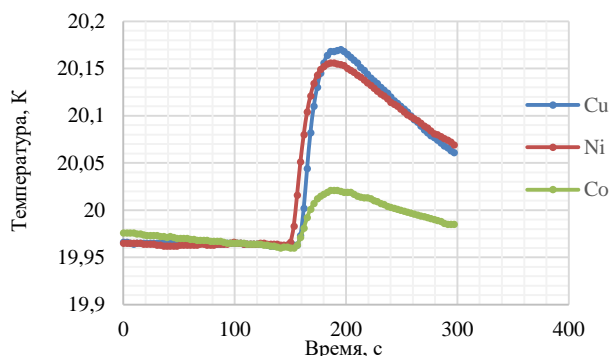


Рис. 4. Калориметрические кривые комплексобразования депротонированных комплексов $Me^{2+} + Y^{4-} = [MeY]^{2-}$

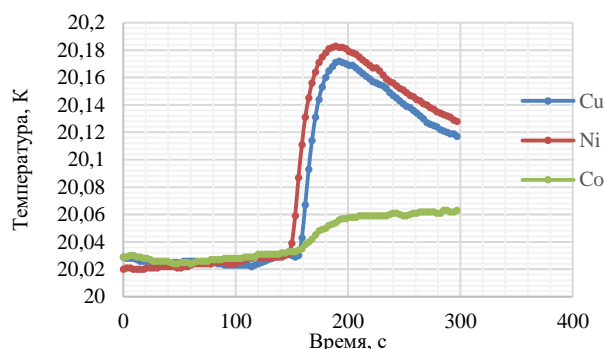


Рис. 5. Калориметрические кривые комплексобразования монопротонированных комплексов $Me^{2+} + HY^{3-} = [MeHY]^{-}$

Как видно из полученных данных для депротонированных комплексов, образованных медью(II) и никелем(II) с Na_4Y , величины изменения температуры имеют примерно одинаковые значения и равны 0,259 ΔК, 0,231 ΔК, в отличие от теплового эффекта комплексобразования кобальта(II), значение которого намного меньше и составляет 0,027 ΔК. Для монопротонированных комплексов наблюдается похожая ситуация, а именно комплексы никеля(II), меди(II) и кобальта(II) имеют тепловые эффекты, равные 0,185 ΔК, 0,175 ΔК и 0,037 ΔК. Было установлено, что на ΔТ так же оказывает влияние теплота разбавления растворов солей ЭДТА. Изменение температуры разбавления солей получились 0,013 ΔК, 0,012 ΔК тринатриевой и тетранатриевой соответственно. Калориметрические кривые разбавления представлены на рисунках 6, 7.

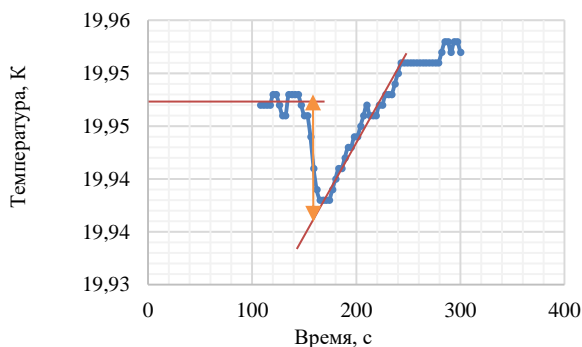


Рис. 6. Калориметрическая кривая разбавления тринатриевой соли ЭДТА (Na_3HY)

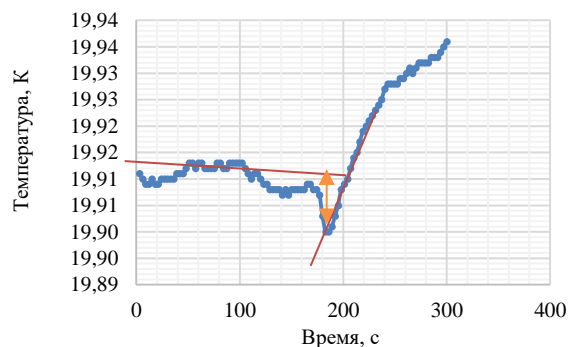


Рис. 7. Калориметрическая кривая разбавления тетранатриевой соли ЭДТА (Na_4Y)

Константа устойчивости координационного соединения не является энергетической характеристикой процесса комплексообразования. В качестве наиболее удобной термодинамической функции является стандартное изменение свободной энергии Гиббса (ΔG^0), или изобарно изотермический потенциал. Эта функция наиболее широко используется при исследовании различных химических и фазовых равновесий, поскольку изобарно-изотермические условия легко создавать и поддерживать. Энтропийная составляющая свободной энергии Гиббса – статическая величина, зависящая от числа несвязанных в системе молекул.

Расчет проводился по стандартным формулам. Результаты расчетов для депротонированных и монопротонированных комплексов представлены в таблицах 1,2. Так же в таблице для депротонированных комплексов показано сравнение данных с литературными значениями.

$$\Delta H = \frac{W * \Delta T}{C * V}$$

По данной формуле была вычислена энтальпия образования, где W – константа калориметра, ΔT – изменение температуры, C – концентрация комплексного соединения, V – объем раствора. Далее по формулам были вычислены энтропия и энергия Гиббса:

$$\Delta G = -2,3RT \lg \beta, \Delta S = \frac{\Delta H - \Delta G}{T}$$

Таблица 1

Термодинамические параметры реакции комплексообразования депротонированных комплексов $[\text{CuY}]^{2-}$, $[\text{CoY}]^{2-}$, $[\text{NiY}]^{2-}$

	ΔT К	$\lg \beta$	ΔH кДж/моль	ΔH кДж/моль лит.	ΔG кДж/моль	ΔS Дж/моль*К	ΔS Дж/моль*К, лит.
$[\text{CuY}]$	0,259	18,8	-32,220	-34,300	-105,333	249,533	243,000
$[\text{NiY}]$	0,231	18,62	-28,736	-31,800	-104,324	257,979	247,000
$[\text{CoY}]$	0,072	16,31	-8,957	-17,600	-91,382	281,314	251,000

Таблица 2

Термодинамические параметры реакции комплексообразования депротонированных комплексов $[\text{CuHY}]$, $[\text{CoHY}]$, $[\text{NiHY}]$

	ΔT К	$\lg \beta$	ΔH кДж/моль	ΔG кДж/моль	ΔS Дж/моль*К
$[\text{CuHY}]$	0,175	11,54	-21,770	-64,656	146,370
$[\text{NiHY}]$	0,185	11,56	-23,014	-64,768	142,507
$[\text{CoHY}]$	0,037	9,15	-4,603	-51,266	159,259

Таким образом были изучены процессы комплексообразования 3-d металлов (Cu, Ni, Co) с солями ЭДТА; вычислены тепловые эффекты комплексообразования депротонированного, монопротонированного комплексов меди(II), никеля(II), кобальта(II); рассчитаны значения термодинамических параметров энтальпии(ΔH), энтропии(ΔS), энергии Гиббса (изохорно-изотермический потенциал) (ΔG).

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В. М., Рудометкина Т. Ф. Применение этилендиаминтетраацетата натрия в химическом анализе. М.: МГУ. 2019. 67 с.

Спектрофотометрическое исследование комплексных соединений железа(III) с диэтилтриаминпентауксусной кислотой в водных растворах

Дудина Е. А., студ. 1 курса

Науч. рук. — Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
elenadudina19@mail.ru

Комплексные соединения диэтилтриаминпентауксусной кислоты (ДТПА, H_5Y) и ее аналогов с парамагнитными катионами металлов, обладающие высокой релаксирующей активностью в сильном постоянном магнитном поле, применяются в качестве контрастных средств (МРКС) в методе магнитно-резонансной томографии, который в настоящее время является наиболее эффективным методом исследования внутренних органов и тканей [1]. МРКС обеспечивают увеличение объема получаемой диагности-

ческой информации путем сокращения времени релаксации ядер протонов воды внутри тканей за счет взаимодействия магнитного поля с контрастным веществом и позволяют эффективно контрастировать опухоли, характеризующиеся повышенной проницаемостью к контрастным веществам в отличие от здоровых тканей, которые в норме не проницаемы для внеклеточных МРКС. Применение контрастных препаратов позволяет проводить исследования мягких и костных тканей, головного и спинного мозга, сердца, сосудов, органов брюшной полости и малого таза. Одним из первых МРКС было комплексное соединение гадолиния (III) с диэтилентриаминпентауксусной кислотой, растворы которого реализуются под торговыми названиями «Гадопентетат димеглюмина», «Магневист» [2]. Однако принципиальным недостатком препаратов гадолиния(III) как парамагнетика, используемого *in vivo*, является недостаточная кинетическая и термодинамическая устойчивость ДТПА-хелата гадолиния(III), а в несвязанном виде катионы гадолиния(III) в растворе представляют собой сильный токсин, не имеющий в организме естественного метаболизма, и способны служить причиной тяжелых гадолиний-индуцированных осложнений [3]. Это определяет необходимость активного поиска новых МРКС, в качестве которых могут быть использованы хелаты парамагнитных катионов биогенных 3d-металлов [4]. Наиболее перспективными для применения являются комплексные соединения марганца (II) с *транс*-циклогександиаминтетрауксусной [5,6] или диэтилентриаминпентауксусной [7–9] кислотами, что обусловлено наличием максимального количества неспаренных электронов на 3d-атомных орбиталях центрального атома, а также биогенными свойствами металла, катионы которого являются необходимыми участниками ряда биохимических процессов. Катионы железа(III) обладают сходной с катионами марганца (II) электронной конфигурацией, что позволяет прогнозировать возможность разработки МРКС на основе координационных соединений этого металла, в том числе в составе хелатов с ДТПА [10].

В нашей работе проведено исследование реакции комплексообразования железа(III) с ДТПА с применением молекулярной адсорбционной спектроскопии и потенциометрии. В электронных спектрах поглощения как растворов сульфата железа(III), так и его интенсивно желтых растворов ДТПА-комплексонатов, не зарегистрировано характеристических максимумов светопоглощения, поэтому для проведения спектрофотометрических измерений был выбран интервал длин волн 400 – 440 нм, позволивший зафиксировать изменение оптических характеристик растворов в процессе комплексообразования при оптимальных значениях оптической плотности. Для установления наиболее благоприятного для комплексообразования состава раствора исследовано изменение электронных спектров поглощения растворов с постоянным соотношением комплексообразователя и лиганда, равными 1:1 и 2:1, и с переменными значениями pH раствора (рисунки 1 и 3). На рисунке 2 приведено изменение оптических характеристик растворов в системе Fe(III):ДТПА = 1:1 при варьировании кислотности среды. Установлено, что хелатирование катионов железа(III) анионами комплексообразующего реагента происходит в кислых средах при pH = 0 – 1,5 и pH = 2,8 – 4,0 с формированием координационных частиц разного состава, устойчивых в интервалах $\Delta\text{pH}_1 = 1,5 – 2,8$ и $\Delta\text{pH}_2 = 4,0 – 7,2$. При переходе в более щелочные среды (pH > 7,2) в растворах системы Fe(III):ДТПА = 1:1 наблюдается нарушение гомогенности системы с выделением в твердую фазу малорастворимого гидроксида железа(III). Измерение оптической плотности щелочных растворов этой системы проводили после отделения осадка, а на графике зависимости $A = f(\text{pH})$ эти экспериментальные точки выделены темным цветом.

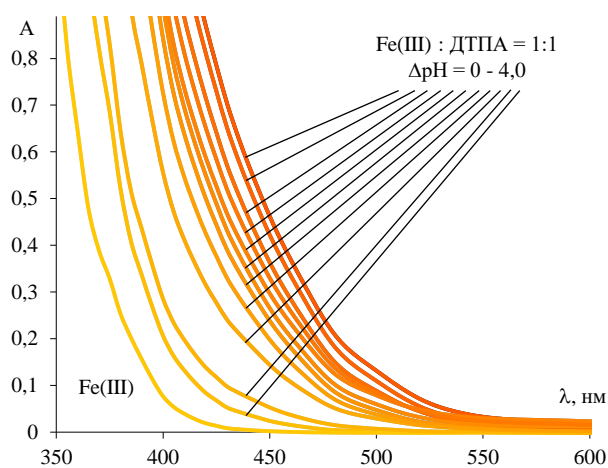


Рис. 1. Изменение электронных спектров поглощения водных растворов системы Fe(III):ДТПА = 1:1 при разных pH
C(Fe(III)) = 0,002 моль/л, l = 1 см

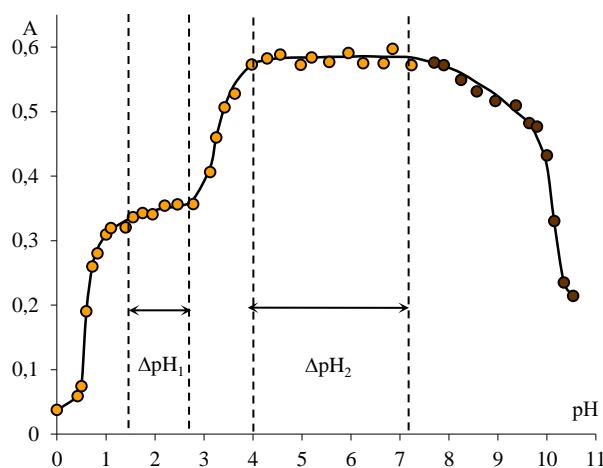


Рис. 2. Изменение оптической плотности водных растворов системы Fe(III):ДТПА = 1:1 при разных pH
C(Fe(III)) = 0,002 моль/л, $\lambda = 440$ нм, l = 1 см

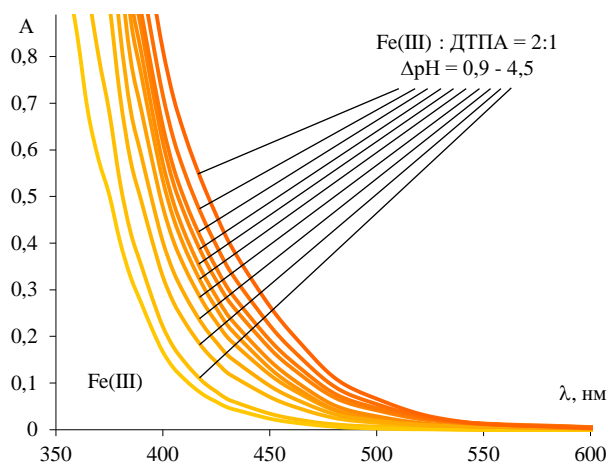


Рис. 3. Изменение электронных спектров поглощения водных растворов системы Fe(III):ДТПА = 2:1 при разных рН
C(Fe(III)) = 0,002 моль/л, l = 1 см

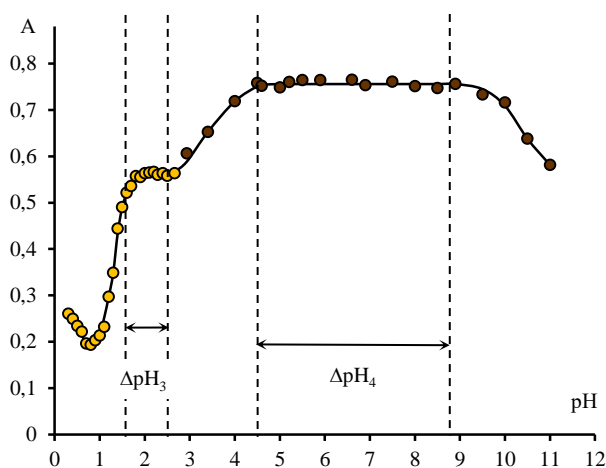


Рис. 4. Изменение оптической плотности водных растворов системы Fe(III):ДТПА = 2:1 при разных рН
C(Fe(III)) = 0,002 моль/л, λ = 400 нм, l = 1 см

В растворах с двукратным избытком катионов железа(III) по отношению к ДТПА формирование координационных частиц также реализуется в двух интервалах кислотности растворов при $\text{pH} = 0,9 - 1,8$ и $\text{pH} = 2,5 - 4,5$, а оптимальными для существования хелатов в растворах системы Fe(III):ДТПА = 2:1 являются интервалы $\Delta\text{pH}_3 = 1,8 - 2,5$ $\Delta\text{pH}_4 = 4,5 - 9,0$ (рисунок 4). Установлено, что выделение в твердую фазу малорастворимого гидроксида железа(III) в системе Fe(III):ДТПА = 2:1 реализуется уже при $\text{pH} > 2,8$ (область осадкообразования в системе Fe(III):ДТПА = 2:1 на графике зависимости $A = f(\text{pH})$ также выделена точками с темным цветом).

Изучение методом насыщения растворов сульфата железа(III) комплексообразующим реагентом с регистрацией изменения оптических характеристик растворов позволило установить молярное соотношение металл:лиганд в координационной сфере образующихся диэтилтриаминацетатов железа(III). Согласно полученной зависимости серии насыщения в растворах с $\text{pH} = 1,9 - 2,3$ образуются как моно- так и биядерные координационные частицы железа (III) с ДТПА. Для подтверждения наличия перегиба графика при молярном соотношении Fe(III):ДТПА = 1:0,5 точки экспериментальной зависимости в интервале соотношений Fe(III):ДТПА от 0:1 до 1:1 обрабатывали методом наименьших квадратов с расчетом уравнений графиков, представленных на рисунке 5. На рисунке 6 представлена зависимость, серии насыщения катионов железа(III) комплексообразующим реагентом в растворах с $\text{pH} = 5,0 - 5,5$, в соответствии с которой установлено, что в слабокислых средах происходит преимущественное образование монодиэтилтриаминацетатов железа(III). Моделирование процессов образования комплексов и расчет констант устойчивости образующихся координационных частиц проводили методом Россотти с математической обработкой экспериментальных графических зависимостей $A=f(\text{pH})$ для определения числа отщепляющихся протонов от форм ионизации, доминирующих в каждой области рН растворов.

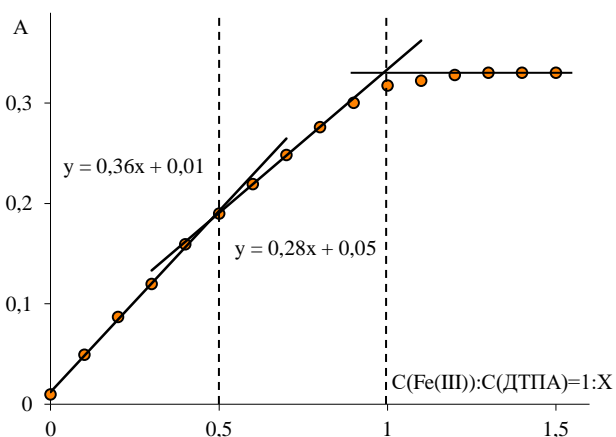


Рис. 5. Зависимость серии насыщения ДТПА в системе Fe(III) -ДТПА при $\Delta\text{pH} = 1,9 - 2,3$
C(Fe(III)) = 0,002 моль/л, l = 1 см

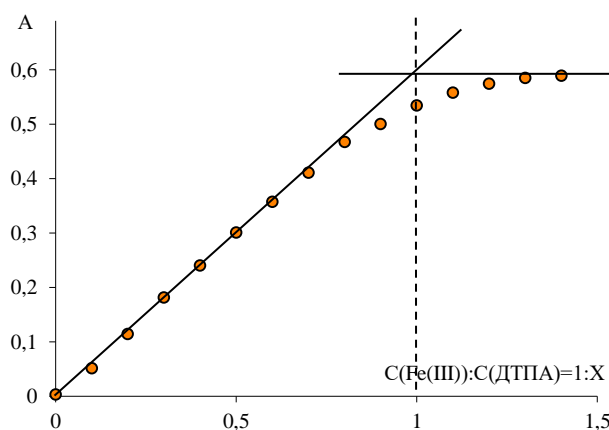
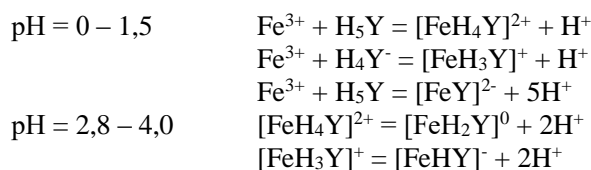
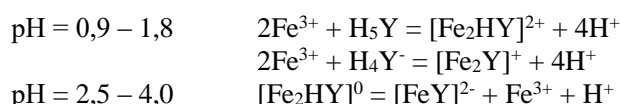


Рис. 6. Зависимость серии насыщения ДТПА в системе Fe(III) -ДТПА при $\Delta\text{pH} = 5,0 - 5,5$
C(Fe(III)) = 0,002 моль/л, l = 1 см

В соответствии с полученными экспериментально-расчетными данными процессы хелатирования катионов железа(III) в растворах системы Fe(III):ДТПА = 1:1 могут быть представлены следующими уравнениями:



А в растворах системы Fe(III):ДТПА = 2:1 по мере повышения щелочности среды реализуются следующие реакции комплексообразования:



Выделение несвязанных комплексообразованием катионов железа (III) из состава биядерного хелата в растворах системы Fe(III):ДТПА = 2:1 при pH > 2,8 обуславливает формирование малорастворимого гидроксида металла. В таблице 1 представлены полученные численные значения логарифмов констант устойчивости диэтиленetriаминпентаацетатных комплексов железа (III) в сравнении с имеющимися литературными данными.

Таблица 1

Логарифмы констант устойчивости диэтиленetriаминпентаацетатных комплексов железа (III)

Комплексный ион	lgβ	
	экспериментальные данные	литературные данные [10]
[FeH ₄ Y] ⁻	3,25	–
[FeH ₃ Y] ⁺	2,56	–
[FeH ₂ Y] ⁰	17,22	–
[FeHY] ⁻	22,41	19,5 – 21,4
[FeY] ²⁻	28,37	27,3 – 28,7
[Fe ₂ HY] ²⁺	15,70	–
[Fe ₂ Y] ⁺	23,78	–

ЛИТЕРАТУРА

1. Fornasiero D., Bellen J., Baker R. J., Chatterton B. Paramagnetic complexes of manganese(II), iron(III), and gadolinium(III) as contrast agents for magnetic resonance imaging. The influence of stability constants on the biodistribution of radioactive aminopolycarboxylate complexes // Invest. Radiol. 1987. Vol. 22. № 4. P. 322.
2. <https://www.vidal.ru>
3. Perazella M. A. Gadolinium-contrast toxicity in patients with kidney disease: nephrotoxicity and nephrogenic systemic fibrosis // Curr. Drug. Saf. 2008. Vol. 3. № 1. P. 67.
4. Нам И. Ф., Яновский В. А., Шипунов Я. А. Современные тенденции создания контрастных средств для магнитно-резонансной томографии // Сибирский медицинский журнал. 2012. Т. 27. № 3. С. 134.
5. Усов В. Ю., Безлепкин А. И., Бородин О. Ю., Беянин М. Л., Филимонов В. Д. Применение Mn(II)-транс-1,2-диаминоциклогексан-N, N, N', N'-тетраацетата для парамагнитного контрастирования менингиом головного мозга у собак // Бюллетень сибирской медицины. 2014. Т. 13. № 3. С. 63.
6. Усов В. Ю., Беянин М. Л., Безлепкин А. И., Чурин А. А., Дубская Т. Ю., Ветошкина Т. Л., Филимонов В. Д. Исследование комплекса Mn-транс-1,2-диаминоциклогексан-N, N, N', N'-тетраацетата (цикломанга) в качестве парамагнитного контрастного препарата для магнитно-резонансной томографии // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2013. Т. 76. № 10. С.32.
7. Беянин М. Л., Федущак Т. А., Филимонов В. Д., Бородин О. Ю., Чурин А. А., Усов В. Ю. Твердофазное анодисперсное получение и оценка свойств комплекса марганца с диэтиленetriаминпентауксусной кислотой как контрастного препарата для магнитно-резонансной томографии // Сибирский медицинский журнал. 2008 № 2 С. 33.
8. Усов В. Ю., Беянин М. Л., Првулович М., Бородина Е. Е., Евтушенко А. В., Бородин О. Ю., Павлюкова Е. Н., Филимонов В. Д. Разработка и доклиническое исследование парамагнитных контрастных препаратов на основе органических комплексов марганца(II) для магнитно-резонансной томографии // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2007. № 3. С.16.
9. Бородин О. Ю., Санников М. Ю., Беянин М. Л., Филимонов В. Д., Усов В. Ю., Рыбаков Ю. Л., Гусаков В. М., Шимановский Н. Л. Релаксивность парамагнитных комплексных соединений марганца и гадолиния // Химико-фармацевтический журнал. 2019. Т. 53. № 7. С.34.
10. Stability Constants Database SCQUERY, IUPAC and Academic Software SCQUERY Version 1.38. 1993.

Комплексообразование никеля(II) в водных растворах при совместном присутствии диэтилентриаминпентауксусной кислоты и этилендиамина, диэтилентриамина

Егорова Е. А., студ. 5 курса

Науч. рук. — Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
lenka-y2013@yandex.ru

Изучение реакций образования комплексных соединений в равновесных поликомпонентных системах в настоящее время является одним из приоритетных направлений в современной координационной химии. Наличие двух и более комплексообразующих реагентов в растворах соли металлов может приводить к формированию гетеролигандных комплексных соединений и сопровождаться повышением функциональной активности как комплексообразователя, так и лигандов, формированием необычных структурных форм, изменением реакционной способности веществ [1–5]. Однако в поликомпонентном растворе возможны процессы конкурентного заполнения координационной сферы металлоцентра с дискриминацией электронно-донорных свойств одних лигандов и преимущественным связыванием других. Конкурирующий характер процессов комплексообразования определяется значительным набором факторов, вклад которых также весьма вариативен [6,7]. Подобные исследования создают перспективу развития теоретических представлений с многофакторным анализом влияния природы металлоцентра, строения и структурных особенностей комплексообразующих реагентов, состава поликомпонентных растворов как на устойчивость и свойства образующихся гетеролигандных соединений, так и возможные процессы конкурирующего комплексообразования.

В данной работе представлены результаты спектрофотометрического изучения реакции комплексообразования в тройной системе никель(II) – диэтилентриаминпентауксусная кислота (Dtpa) – этилендиамин (En), диэтилентриамин (Dien). Согласно полученным спектрофотометрическим данным исследования процессов хелатирования в двойной системе Ni(II) – Dtpa установлена возможность формирования в растворах как моно-, так и биядерных координационных частиц. Исследованием изменения оптических характеристик растворов при изменении кислотности среды установлено, что координация анионов Dtpa катионами никеля(II) в системе Ni(II):Dtpa = 1:1 реализуется уже в сильнокислых средах при $\Delta\text{pH} = 0 - 1,4$ с образованием координационных частиц ($\lambda_{\text{max}1} = 375$ нм, $\lambda_{\text{max}2} = 605$ нм), стабильных при $\Delta\text{pH} = 1,4 - 4,0$. Последующее повышение щелочности растворов ($\Delta\text{pH} = 4,0 - 6,0$) приводит усилению поглощения растворов с образованием хелатов ($\lambda_{\text{max}1} = 400$ нм, $\lambda_{\text{max}2} = 590$ нм), устойчивых в широком интервале щелочных сред ($\Delta\text{pH} = 6,0 - 12,0$). В растворах двойной системы Ni(II):Dtpa = 2:1 процесс координации анионов Dtpa двумя металлоцентрами реализуется при $\Delta\text{pH} = 0 - 3,7$, а область устойчивого существования биядерных координационных частиц ($\lambda_{\text{max}1} = 365$ нм, $\lambda_{\text{max}2} = 610$ нм) ограничивается только слабокислыми и нейтральными средами ($\Delta\text{pH} = 3,7 - 7,5$). Последующее увеличение щелочности растворов ($\text{pH} > 7,5$) в двойной системе Ni(II):Dtpa = 2:1 приводит к гидролитическому разложению биядерного хелата с выделением в твердую фазу малорастворимого гидроксида никеля(II). Образование в сильнокислых растворах ($\Delta\text{pH} = 2,0 - 2,5$) только моноядерных, а в нейтральных ($\Delta\text{pH} = 6,0 - 6,5$) – как моно-, так и биядерных Dtpa-комплексонатов подтверждено с применением метода серий насыщения. Применение в качестве расчетного логарифмического метода Россотти позволило смоделировать процессы комплексообразования в двойной системе Ni(II) – Dtpa и определить численные значения констант устойчивости образующихся координационных частиц $[\text{NiH}_3\text{Dtpa}]^0$, $[\text{NiH}_2\text{Dtpa}]^-$, $[\text{NiHDtpa}]^{2-}$, $[\text{NiDtpa}]^{3-}$, $[\text{Ni}_2\text{Dtpa}]$ составившие соответственно 3,39; 9,35; 16,24; 20,88; 26,99 и хорошо согласующиеся с литературными данными [8].

Для исследования процессов хелатирования катионов никеля(II) в растворах тройных систем Ni(II) – Dtpa – En и Ni(II) – Dtpa – Dien использовали те же методы и подходы что и при изучении процессов комплексообразования в двойной системе Ni(II) – Dtpa. Установлено, что при варьировании pH растворов экспериментально полученные зависимости $A = f(\text{pH})$ для систем Ni(II):Dtpa = 1:1, Ni(II):Dtpa:En = 1:1:1 и Ni(II):Dtpa:Dien = 1:1:1 имеют сходный характер и регистрируется симбатное увеличение поглощения растворов по мере повышения щелочности растворов (рисунок 1). Кроме того, электронные спектры поглощения как кислых, так и щелочных растворов всех трех исследованных систем абсолютно идентичны (рисунок 2), что обусловлено отсутствием координации катионами никеля(II) полиаминных лигандов и преимущественное хелатирование анионами Dtpa. Таким образом, при наличии в растворе соли никеля(II) высокодентатного полиаминополиацетатного лиганда Dtpa, обеспечивающего максимальное насыщение координационной сферы никеля(II), происходит блокирование хелатирующих свойств полиаминов.

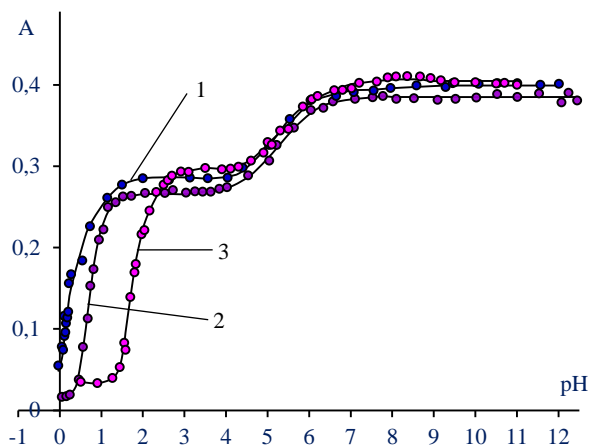


Рис. 1. Изменение оптической плотности водных растворов в системах Ni(II):Dtpa = 1:1 (1), Ni(II):Dtpa:En = 1:1:1 (2) и Ni(II):Dtpa:Dien = 1:1:1 (3) при разных pH $C(\text{Ni(II)}) = 0,02$ моль/л, $\lambda = 590$ нм, $l = 2$ см

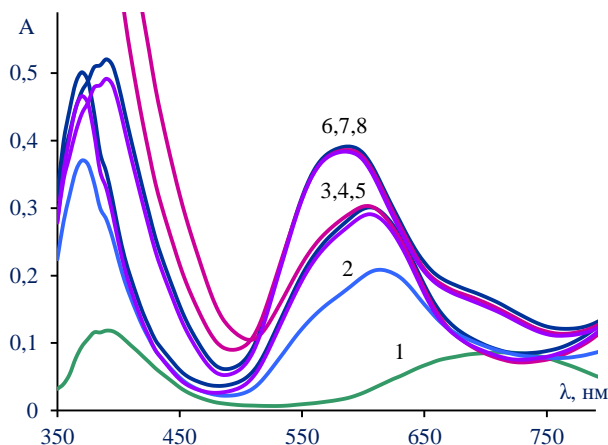


Рис. 2. Электронные спектры поглощения водных растворов хлорида никеля(II) (1) и систем Ni(II):Dtpa = 2:1 (2), Ni(II):Dtpa = 1:1 (3,6), Ni(II):Dtpa:En = 1:1:1 (4,7) и Ni(II):Dtpa:Dien = 1:1:1 (5,8) $C(\text{Ni(II)}) = 0,02$ моль/л, pH = 3,0 (1,3,4,5), 5,0 (2), 8,3 (6,7,8), $l = 2$ см

Следует, однако, отметить, что в растворах тройных систем Ni(II):Dtpa:En = 1:1:1 и Ni(II):Dtpa:Dien = 1:1:1 интервалы кислотности растворов, определяющие процессы лигандного обмена гексаакваникеля(II), смещены в область больших значений pH по сравнению с аналогичными значениями в растворах системы Ni(II):Dtpa = 1:1. Как уже отмечалось, процесс хелатирования никеля(II) в двойной системе Ni(II):Dtpa = 1:1 реализуется при $\Delta\text{pH} = 0 - 1,4$, а в тройных системах Ni(II):Dtpa:En = 1:1:1 и Ni(II):Dtpa:Dien = 1:1:1 эти диапазоны составляют $\Delta\text{pH} = 0,2 - 1,7$ и $\Delta\text{pH} = 1,3 - 2,3$ соответственно. Таким образом, наличие полиаминного лиганда в растворах тройных систем обуславливает смещение интервалов комплексообразования в область менее кислых сред. Причем по мере повышения дентатности полиамина это смещение происходит в большей степени.

При моделировании реакций комплексообразования катионов никеля(II) с Dtpa как в двойной, так и тройных системах получены схемы процессов хелатирования металлоцентра, в соответствии с которыми в сильнокислых растворах реализуется взаимодействие катионов никеля(II) с нейтральной молекулой и тетрапротонированным анионом Dtpa с образованием протонированных хелатов:

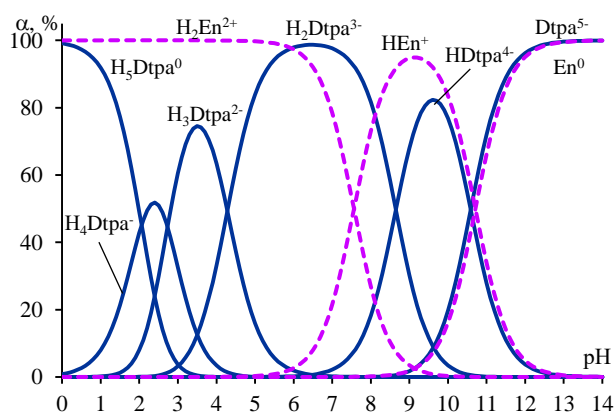
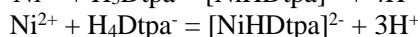
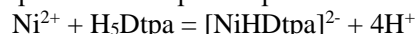


Рис. 3. Диаграмма распределения форм ионизации Dtpa и En в растворах при различных значениях pH

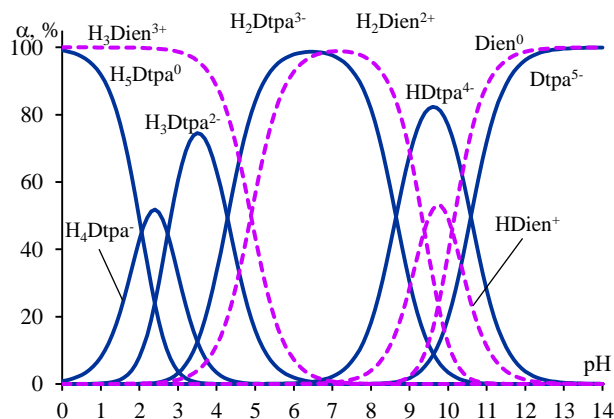


Рис. 4. Диаграмма распределения форм ионизации Dtpa и Dien в растворах при различных значениях pH

В растворах с такой кислотностью полиамины образуют многозарядные протонированные катионы (рисунки 3 и 4), которые, вероятно, образуют ионные пары с анионами Dtpa, что, в свою очередь, осложняет процесс внедрения анионов Dtpa в координационную сферу никеля(II) и определяет смещение интервалов комплексообразования в более щелочные среды. Подобные взаимодействия органических катионов и анионов составляют основу методов бинарной экстракции, бинарной сорбции и флотации [9].

Изменение интервалов рН комплексообразования никеля(II) с Dtpa в растворах при совместном присутствии полиаминов в сильноокислых средах обуславливает также понижение термодинамической устойчивости образующихся протонированных комплексонов металла и практически не влияет на стабильность депротонированного хелата (таблица 1).

Таблица 1

Логарифмы констант устойчивости диэтилентриаминпентаацетатных комплексов никеля(II)

Комплексный ион	Система Ni(II):Dtpa = 1:1	Система Ni(II):Dtpa:En = 1:1:1	Система Ni(II):Dtpa:Dien = 1:1:1	Литературные данные [8]
[NiHDtpa] ²⁻	16,24	15,66	12,5	15,3
[NiDtpa] ³⁻	20,88	20,71	20,01	20,3

ЛИТЕРАТУРА

1. Nnabuike G. G., Mondal S., Salunke-Gawali S., Patil A. S., Butcher R. J., Obaleye J. A. Structural features of nickel(II) mixed ligand complexes with mefenamic acid and nitrogen donor ligands // J. Mol. Struct. 2021. Vol. 1230. P. 129632.
2. Попова Т. В., Щеглова Н. В., Киселева В. А. Катионы оксованадия(IV) в реакциях гетерометаллического и разнолигандного комплексообразования // Известия АН. Серия химическая. 2015. № 8. С. 1857.
3. Genckal H. M., Erkisa M., Alper P., Sahin S., Ulukaya E., Ari F. Mixed ligand complexes of Co(II), Ni(II) and Cu(II) with quercetin and diimine ligands: synthesis, characterization, anti-cancer and anti-oxidant activity // Austin Biochem. 2020. Vol. 5. № 1. P. 1025.
4. Попова Т. В., Щеглова Н. В., Софьина С. Ю. Катионы железа(III) в реакциях конкурирующего разнолигандного комплексообразования // Вестник Технолог. ун-та. 2016. Т. 19. № 15. С. 54.
5. Saleem M., Riaz M. Synthesis of some novel mixed ligand complexes of Ni(II) and their characterization // Oriental J. Chem. 2021. Vol. 37. № 5. P. 1152.
6. Щеглова Н. В., Попова Т. В. Смешаннолигандные комплексы никеля(II) и меди(II) в реакциях конкурирующего хелатирования полиаминополиацетатными и полиаминными лигандами // Известия. АН. Серия химическая. 2020. № 9. С. 1771.
7. Оразаева О. А., Щеглова Н. В., Попова Т. В. Гетеролигандное и конкурирующее комплексообразование в тройных системах медь(II) – иминодиуксусная кислота – полиамин // Вестник Технолог. ун-та. 2022. Т. 25. № 9. С. 12.
8. Andereg G., Arnaud-Neu F., Delgado R., Felcman J., Popov K. Critical evaluation of stability constants of metal complexes of com-plexones for biomedical and environmental applications // Pure Appl. Chem. 2005. V. 77. № 8. P. 1445.
9. Холькин А. И., Белова В. В., Вошкин А. А. Бинарная экстракция. Теория и применение. М.: Техносфера, 2021. 353 с.

Изучение сорбции в системе «Pb²⁺ – Полиасорбин – вода»

Ежова И. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
aksmi@yandex.ru

Целью настоящей работы явилось изучение закономерностей сорбции ионов свинца (II) из водных растворов энтеросорбентом марки «Полиасорбин» АЛМАКСФАРМ ООО, что обусловлено отсутствием в литературе количественных данных. Соединения свинца относятся к достаточно токсичным веществам, вызывающим большой перечень негативных последствий, поражая нервную систему, способствуя развитию гипертонической болезни, уменьшению скорости эритро- и гемопоэза, а также вызывая ослабление умственных способностей у детей. Более того, токсическое действие соединений свинца связано с их способностью накапливаться путем замещения кальция в костной и нервной тканях, формируя, в частности, труднорастворимые соли – фосфаты. Отмечается также канцерогенная активность многих соединений свинца. ПДК ионов свинца в воде водных объектов составляет 0,01 мг/л ($4,83 \cdot 10^{-8}$ М) [1–3].

Энтеросорбенты, связывая токсичные соединения в желудочно-кишечном тракте, не повреждая их слизистые оболочки, благодаря высокой удельной поверхности и нерастворимости в биологических средах, широко используются в неинвазивной дезинтоксикационной терапии. Потенциальные сорбционные свойства рассматриваемого сорбента обусловлены входящими в его состав компонентами – высокодисперсного диоксида кремния (ВДК) и микрокристаллической целлюлозы (МКЦ). Высокодисперсный кремнезем обладает свойством формирования достаточно сложной гидрофильной пространственной структуры, характеризующейся наличием поверхностных фрагментов типа ≡Si-O-H. Целлюлоза, в свою очередь, благодаря наличию полярных гидроксильных групп, атомов кислорода элементарных звеньев (циклов), достаточно изученный сорбент, сорбирующий ионы за счет процессов ионного обмена, а также комплексообразования с участием атомов кислорода [4].

Концентрацию ионов свинца определяли фотометрически согласно [5] (рис. 1). С целью определения сорбционной емкости по отношению к ионам свинца (II) и характера сорбционного процесса нами были получены изотермы из водных растворов $Pb(NO_3)_2$ с начальными концентрациями (C_0) от 10^{-6} до 10^{-1} М (рис. 2).

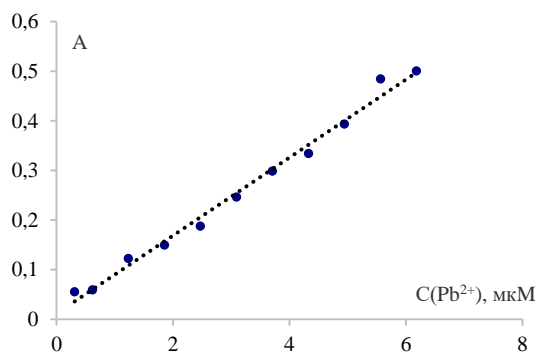


Рис. 1. Зависимость оптической плотности (A) от концентрации ионов свинца в растворе ($\lambda=490$ нм, $l=20$ мм)

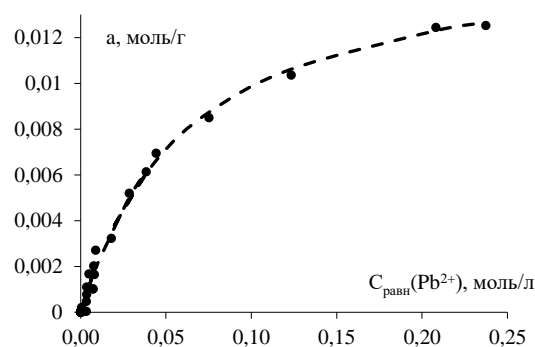


Рис. 2. Изотерма сорбции ионов свинца (II) энтеросорбентом "Полиаборбин" из водных растворов ($t=20$ °C)

Экспериментальные изотермы в достаточно хорошей степени удовлетворяют линейным формам уравнений Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича с достаточно высокими коэффициентами корреляции, что позволило оценить такие важные количественные параметры сорбционного процесса, как константа сорбционно-десорбционного равновесия Ленгмюра (K_L), предельная сорбция (a_0), отвечающая насыщению центров сорбции катионами металла, удельная поверхность в набухшем состоянии ($S_{уд}$), эффективная энергия активации (E_{ef}) – параметр, косвенно дифференцирующий сорбционный процесс на физическую и химическую сорбцию. Препарат полиаборбин, как оказалось, характеризуется достаточно высоким сродством к ионам свинца (II). Рассчитанная по обеим моделям величина a_0 для ионов свинца (II) при pH = 4,0 оказалась приблизительно равной 4 ммоль/г, что отвечает величине удельной поверхности энтеросорбента 530 m^2/g . Значение параметра E_{ef} , оцененное в рамках модели Дубинина-Радушкевича, позволяет рассматривать в качестве преобладающего механизма сорбции – физическую сорбцию. Стоит также заметить, что с ростом pH раствора наблюдается значительное увеличение сорбционной способности изучаемого энтеросорбента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белобородова М. И., Смирнов А. К. Сорбция Pb(II) шронтами лишайника вида *Cladonia rangiferina* // Современные проблемы медицины и естественных наук: сборник статей Международной научной конференции. Вып. 8, Йошкар-Ола, 15–19 апреля 2019 г. / Мар. гос. ун-т. — Йошкар-Ола, 2019. С. 183–185.
2. Конорев М. Р. Клиническая фармакология энтеросорбентов нового поколения / М.Р. Конорев // Вестник фармации. 2013. № 4. С. 79–85.
3. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
4. Смирнов А. К., Алгаева Н. Э., Софьина С. Ю. Термодинамика и кинетика сорбционного процесса в системе биополимер – водный раствор Cu(II) // Вестник Казанского технологического университета. 2020. Т.23. №11. С. 5–8.
5. ПНД Ф 14. 1:2. 193-03. (фр. 1. 31. 2007. 03804). Методика выполнения измерений массовой концентрации тетраэтилсвинца в пробах природных (в том числе морских) и сточных вод фотометрическим методом с сульфарсазеном.

Изучение реакции комплексообразования ионов цинка с ксиленоловым оранжевым

Ежова И. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
aksmi@yandex.ru

Целью настоящей работы является изучение реакции комплексообразования ионов цинка с ксиленоловым оранжевым для оценки возможности использования его в качестве реагента для фотометрического определения цинка.

В работе использовали сульфат цинка и ксиленоловый оранжевый квалификации ч.д.а. Концентрацию H^+ определяли с использованием иономера Анион-4100, оптическую плотность измеряли на спектрофотометре СФ-46. Константы ионизации определяли методом ПМТ, нивелируя изменение I за счет разбавления путем добавления фона 0,1 М КСl и в титрант. Для расчета констант кислотности использовали метод Шварценбаха.

Спектры поглощения растворов представлены на рис. 1. В кислой среде, спектры металлоиндикатора и его смеси с ионами Zn^{2+} практически неразличимы, что говорит об отсутствии комплексообразования. При снижении кислотности увеличивается различие спектров, отмечается батохромный сдвиг, свидетельствуя о процессе комплексообразования, при этом максимальное различие отмечается при 570 нм.

Дальнейший рост рН приводит к резкому возрастанию поглощения металлореагента при 570 нм, что связывают с переходом его в оксо-форму [2].

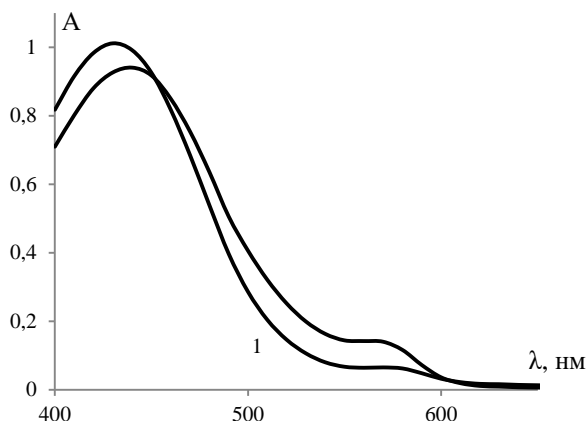


Рис. 1. Электронные спектры поглощения: 1 – КСО; 2 – $ZnSO_4 + KCO$ ($l=1$ см; рН= 5,0; $C_M:C_L=1:5$; $C(Zn^{2+})=4 \cdot 10^{-5}$)

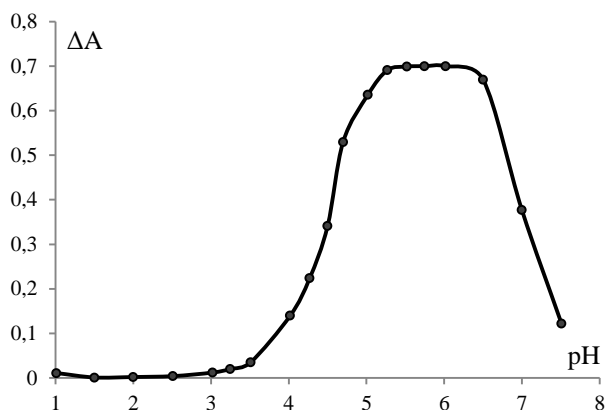


Рис. 2. Зависимость ΔA от рН ($l=1$ см, $C_M:C_L=1:1$)

Полученная зависимость ΔA от рН 570 нм (рис. 2), показала устойчивость комплексов в диапазоне от 5,1 до 6,5 единиц рН. Экспериментально полученная серия насыщения (рис. 3) показывает формирование в системе частиц состава 1:1 [1]. Использование метода Россотти [3] позволило смоделировать следующие схемы комплексообразования и рассчитать его константы устойчивости:

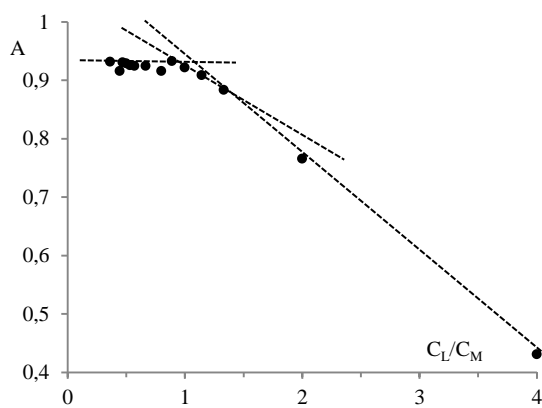
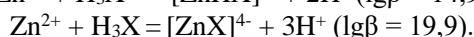
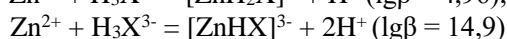
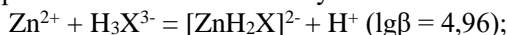


Рис.3. Серия насыщения металла лигандом: рН =5,6–7,0; $C_L = 4 \cdot 10^{-5}$

В настоящей работе также была поставлена задача оценки возможности использования ксиленолового оранжевого для количественного определения ионов цинка в растворе, что, например, может быть актуально при изучении процессов сорбции ионов цинка из раствора в отсутствие мешающих компонентов [4]. Для этого, с учетом предварительно экспериментально подобранных условий, обеспечивающих связывание ионов цинка были построены градуировочные характеристики, представленные на рис. 4. Как оказалось, использование металлоиндикатора позволяет определять цинк в диапазоне от 1 мкМ до 150 мкМ (в зависимости от используемой длины поглощающего слоя).

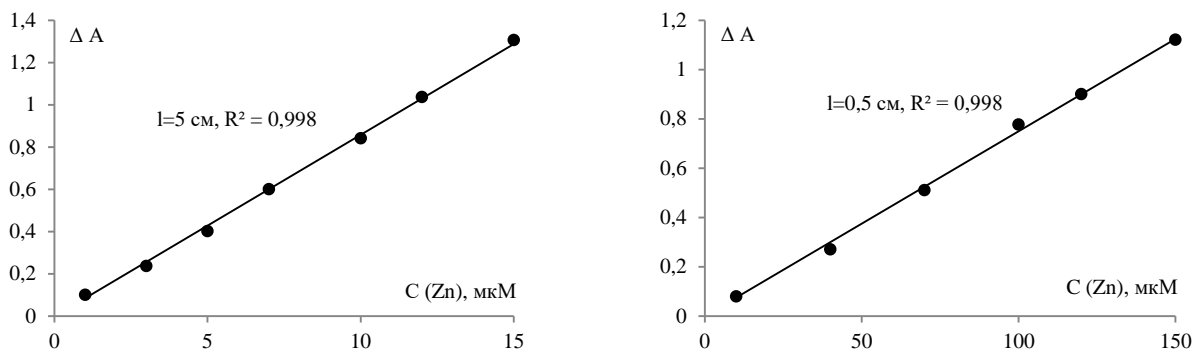


Рис.4. Градуировочные графики

Таким образом, оценены молярное соотношение, оптимальный диапазон кислотности, рассчитаны константы устойчивости и оценен диапазон количественного фотометрического определения цинка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абражеев Р. В. Спектрофотометрическое исследование комплексообразования ионов церия и лантана с арсенатами, сульфатами, фосфатами и хлоридами с использованием конкурирующих реакции/ Абражеев Р. В [и др.]// Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. вып.4.
2. Ванчикова Е. В., Кондратенко Б. М., Уляшева М. Д. Изучение комплексных соединений цинка(II), кадмия(II), свинца(II), меди(II) с ксиленоловым оранжевым // Химия и химическая технология. 2009. Т. 52. Вып. 5. С. 18–20.
3. Россотти Ф., Россотти Х. Определение констант устойчивости и других констант равновесия в растворах. М.: Мир. 1965. 410 с.
4. Чеботарёв А. Н. Особенности комплексообразования ксиленолового оранжевого с Vi(III) и его спектрофотометрическое определение в фармацевтических препаратах / А. Н. Чеботарёв, Д. В. Снигур, В. П. Дубовый // Аналитика и контроль. 2016. Т. 20., №3. С. 218–224.

Особенности процессов электрохимического никелирования изделий из ковара

Жданова К. В., студ. 1 курса,

Науч. рук. – Смирнова Л. Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
zhdan4r@yandex.ru

Никелирование изделий в промышленности используют с целью улучшения технических характеристик. Химическое и гальваническое покрытие применяется для самых разнообразных деталей: крышек, планок, радиаторов, кронштейнов и печатных плат. Материал, используемый в производстве, различают по физическим характеристикам, будь это медь, сталь, титан, ковар и алюминий все они отличаются друг от друга температурой плавления и износостойкостью.

Целью работы являлось изучение особенностей процесса электрохимического никелирования изделий из ковара, определение кинетики реакций электролиза водных растворов, вычисление значений скорости осаждения никеля и толщины покрытия пластин.

Среди преимуществ электрохимического никелирования важно то, что получаемые покрытия не нуждаются в дополнительной термической обработке для повышения твердости и долговечности. [1]

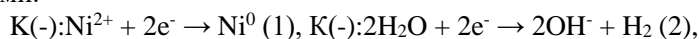
Для изучения процессов электрохимического никелирования использовались детали, изготовленные из ковара марки МК-29, который представляет собой магнитный сплав, содержащий никель (Ni -29%), кобальт (Co -17%) и железо (Fe -54%). Эксперименты проводились в стеклянной термостойкой посуде на электролизной установке ЛЭМ-1. Платы предварительно обезжиривались путем погружения в хлороводородную кислоту (конц), затем промывались водой и высушивались ацетоном. Для определения скорости осаждения никеля и толщины покрытия каждые 10 минут деталь взвешивалась, оставшееся содержание никеля в растворе определялось комплексометрическим методом с использованием ЭДТА в присутствии мурексида. Процессы электрохимического никелирования проводились из растворов имеющих сильноокислую (№3), слабоокислую (№2) и щелочную (№1) среды, которые создавались буферными растворами (табл.1). Продолжительность эксперимента составляла 90 минут.

Таблица 1

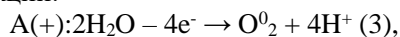
Составы электролитов электрохимического никелирования

Компоненты и условия осаждения		$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	NH_4OH (25%)	NH_4Cl	$\text{Na}(\text{PH}_2\text{O}_2)$	$\text{CH}_3\text{N}_3\text{S}$	CH_3COOH	NaOH	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ (80%)	Температура, °С	pH	Время никелирования, мин
Состав электролита, г/л	№1	30	50	17,5	35						20–25	8,87	90
	№2	36				20	2	14	5		75–80	4,84	90
	№3	90,65								36,75	20–25	1,85	90

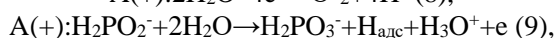
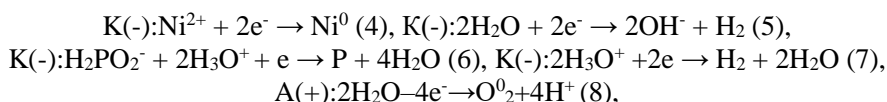
В качестве катода применялись пластины (МК-29) площадью 8,4412 см², а в качестве анода графитовые стержни. Процессы, на катоде протекающие при электролизе в растворе состава №1, можно записать следующими уравнениями:



На аноде протекают следующие реакции:

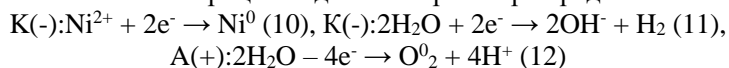


Несмотря на образование $[\text{OH}^-]$ - групп на катоде (реакция 2), гидроксид никеля не выпадает в осадок, по-видимому, этому препятствуют цитрат ионы, находящиеся в растворе. В электролит №2 входит натрий фосфорноватистокислый, который вызывает протекание побочной реакции выделения фосфора на катоде (реакция 6).



Следует отметить, что детали, полученные в результате электролиза из ванн состава №1 и №2, имели матовую поверхность, а электролит имеющий состав №3 давал ровные блестящие покрытия пластин. Причем этот раствор состоит только из двух компонентов сернокислого никеля и молочной кислоты, которая является и комплексообразователем, и поверхностно активным веществом, и в тоже время создает сильноокислую среду (pH=1,85).

Окислительно-восстановительные процессы для этого раствора представлены ниже:



Толщина покрытия каждой детали определялась по формуле 1, а скорость осаждения никеля по формуле 2.

$$h = \frac{(m_2 - m_1) \times 10^4}{S \times n \times d} \quad (1)$$

где h – толщина покрытия детали, мкм; m_1 – масса детали до никелирования, г.; m_2 – масса детали после никелирования, г.; S – площадь одной детали, см²; n – количество деталей, подвергшихся никелированию, шт.; d – плотность химически осажденного никеля, 8,2 г/см³.

$$v = \frac{(m_2 - m_1) \times 10^4}{S \times t \times d} \quad (2)$$

где v – скорость осаждения никеля, мкм/ч; m_1 – масса детали до никелирования, г.; m_2 – масса детали после никелирования, г.; S – площадь одной детали, см²; t – время проведения процесса, ч.; d – плотность химически осажденного никеля, 8,2 г/см³.

Экспериментальные данные изменения скорости электрохимического осаждения никеля из растворов разного состава представлены на рисунке 1. Наибольшее значение скорости процесса наблюдается в растворе №2, а наименьшее — в растворе №3, причем с течением времени (более 30 минут) скорость электролиза уменьшается во всех растворах. По разнице масс образцов до начала эксперимента и после его завершения рассчитывается толщина полученного покрытия, в соответствии с формулой 2, полученные результаты представлены на рисунке 1. Толщина покрытия пластины увеличивается со временем, из графика (рис. 2) видно, что самое высокое ее значение получено из раствора состава №2, при чем выход по

току (η) составил 46,16%. Наименьшее значение величины h имеют детали, подвергшиеся электролизу из раствора состава №3, при этом выход по току был 25,77%. Для раствора №1 η был равен 39,97%.

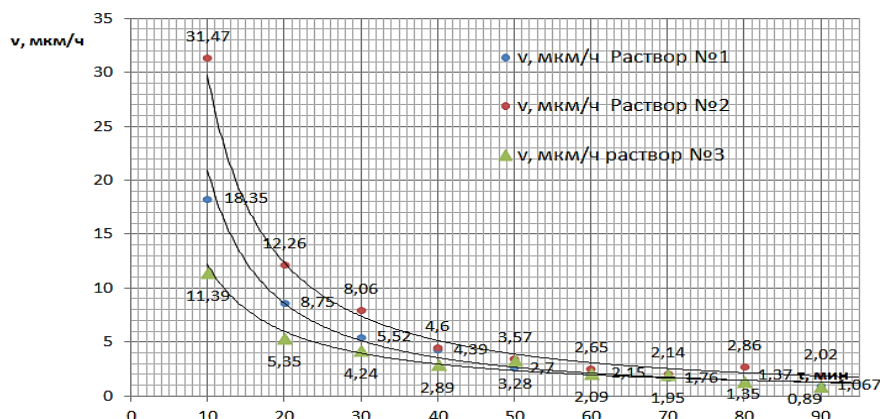


Рис.1. График сравнения скорости осаждения из растворов разного состава.

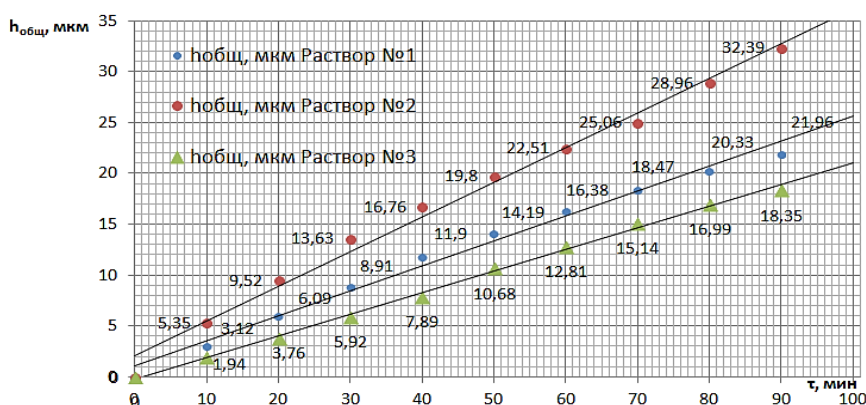


Рис.2. График сравнения толщины покрытия из растворов разного состава.

Таким образом, изучение процессов электрохимического осаждения никеля из растворов разного состава позволяет сделать вывод, что никелирование деталей в растворе состава № 2 является наилучшим, так как металлопокрытие в этом случае, не имеет дефектов поверхности и характеризуется высоким значением толщины покрытия пластины и скорости осаждения никеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреев С. Ю., Перельгин Ю. П., Литовский В.В., Ягниченко Н. В. Электроосаждение никеля из кислых сульфатных электролитов, содержащих молочную кислоту // Гальванотехника и обработка поверхности. 2008. Т.16. №2. С. 14–16.

Определение вредных веществ в воздухе

Желонкина А. В., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смирнова Л.Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
anastiazelonkina55@gmail.com

Атмосферный воздух является одним из основных жизненно важных элементов в нашей жизни. Высокие темпы развития производства, рост городов, расширяющееся использование атмосферы и возрастающие масштабы воздействия человека на окружающую среду требуют повышения внимания к охране воздуха. Главными источниками загрязнения атмосферы являются выбросы промышленных предприятий, процессы испарения и сжигания топлива (теплоэлектростанции, двигатели внутреннего сгорания и т.д.).

Они попадают при нарушении технологии производства в атмосферный воздух и вместе с ним в организм человека, поэтому так актуальны работы, связанные с контролем вредных компонентов содержащихся в воздухе. При вдыхании паров фенола возникает упадок сил, тошнота, головокружение. Он негативно влияет на нервную и дыхательные системы, а также на почки, печень. Формальдегид отрицательно воздействует на генетический материал, репродуктивную и дыхательную системы, печень, почки. Отравление начинается с возрастающего поражения нервной системы – с головокружения, чувства страха, дрожи, неровной походки [1].

Исследуемым веществом был фенол (C₆H₅OH), который применяется в производстве фенолформальдегидных смол; лекарственных препаратов; взрывчатых веществ; красителей; антисептических препаратов; искусственных волокон. А вторым- формальдегид (CH₂O), который применяется в пищевой промышленности и косметологии (E240), является сильным консервантом; в медицине (в качестве антисептика); в промышленности (лакокрасочное производство; обработка изделий из пластмасс; обработка искусственных материалов (в частности смолы). И фенол и формальдегид являются главными загрязняющими веществами, оба этих вещества относятся ко второму классу опасности.

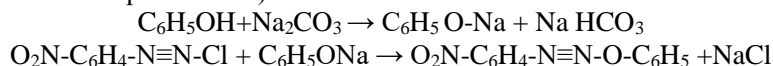
В качестве анализируемой зоны был выбран микрорайон «Интеграл», так как в данном микрорайоне находятся заводы, в связи с работой которых, исследуемые нами вещества могут попасть в атмосферу воздуха.



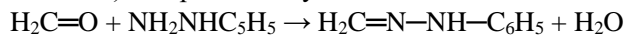
Отборы проб проводились с помощью поглотительного прибора Рихтера, принцип действия которого основан на поглощении определенного количества газа барбатированного через раствор, причем для поглощения паров фенола (C₆H₅OH) используется раствор карбонат натрия (Na₂CO₃), а для формальдегида (CH₂O) серная кислота (H₂SO₄). Для определения разовых концентрации фенола и формальдегида исследуемый воздух аспирируют через поглотительный прибор Рихтера, содержащий 6 см³ поглотительного раствора, с расходом 1,0 дм³/мин в течение 20 мин. Исходный уровень раствора отмечают тонким маркером по стеклу, причем ширина риски должна быть не более 1–1,5 мм. Поглотительные приборы в процессе отбора должны находиться в вертикальном положении. После окончания отбора поглотители закрываются заглушками.

Определение содержания веществ C₆H₅OH, CH₂O проводилось фотоколориметрическим методом по ГОСТу РД- 52.04.824-2015 «Определение массовой концентрации формальдегида в пробах атмосферного воздуха», а так же используя методику м-18 «Определение массовой концентрации фенола в промышленных выбросах в атмосферу».

Метод контроля фенола (C₆H₅OH) в воздухе промышленной зоны основан на взаимодействии фенола с диазо-тированным п-нитро анилином (O₂N-C₆H₄-N≡N-Cl) в щелочной среде с образованием азокрасителя (желто-оранжевое окрашивание).



Методика определения формальдегида основана на улавливании формальдегида (CH₂O) из воздуха раствором серной кислоты (H₂SO₄) и его фотометрическом определении по образовавшемуся в результате взаимодействия в кислой среде формальдегида (CH₂O) с фенилгидразином гидрохлоридом (C₆H₈N₂HCl) и хлорамином (H₃C-C₆H₄-SO₂-N-Na Cl) в окрашенном соединении.



Для построения градуировочной характеристики был выполнен подбор длины волны (оптимальная длина 490 нм) а так же выбрана кювета толщиной 10 мм. Была приготовлена серия стандартных окрашенных растворов определяемого C₆H₅OH концентрацию которых охватывает область возможных изменений концентраций. Для установления градуировочной характеристики отбирают в пробирки по 5 см³ каждого раствора и добавляют 0,4 см³ диазо-тированного нитроанилина. Содержимое пробирки энергично встряхиваем и через 20 минут измеряют оптическую плотность растворов относительно воды при 494 нм, в кюветах с толщиной 10 мм Одновременно измеряют оптическую плотность нулевых проб, в качестве которых используется 5 см³ поглотительного раствора (рис. 1.). Используя данный график, определяем массу вещества фенола в воздухе, который был отобран в микрорайоне «Интеграл», полученные данные представлены в таблице 1. Предельно допустимая концентрация фенола (C₆H₅OH) в воздухе: среднесуточная 3 мкг, максимально разовая 10 мкг. Сравнивая данные таблицы с величиной предельно допустимой концентрации можно сделать вывод, что содержания фенола в атмосфере воздуха в пределах нормы.

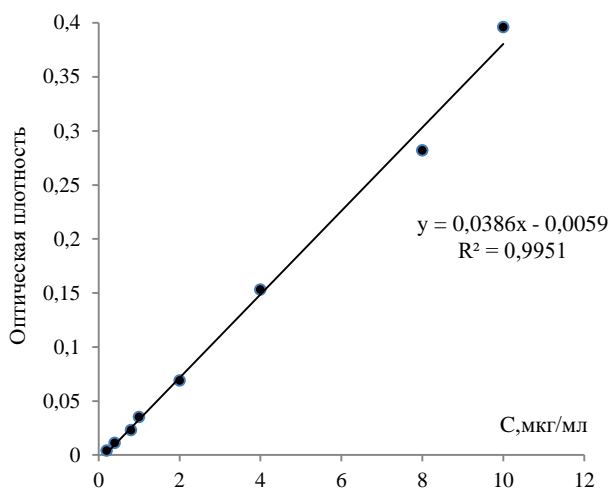


Рис. 1. Зависимость оптической плотности раствора от концентрации фенола $\text{H}_2\text{C}=\text{N}-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_5$

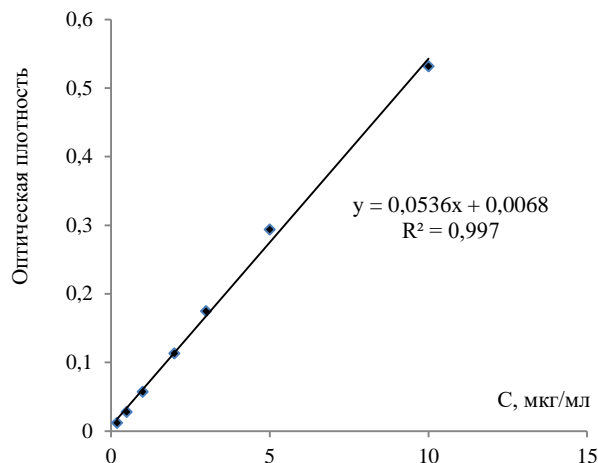


Рис. 2. Зависимость оптической плотности раствора от концентрации формальдегида

Таблица 1.

Содержание фенола в атмосфере воздуха

Дата отбора пробы	Время отбора пробы	Место отбора проб	Фенол	
			Оптическая плотность	Масса, мкг
06.10.2022	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,025	0,197624
	14:00		0,023	0,181814
	19:00		0,024	0,189719
08.11.2022	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,013	0,102764
	14:00		0,017	0,134384
	19:00		0,013	0,102764
07.12.2022	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,016	0,126479
	14:00		0,020	0,158099
	19:00		0,019	0,150194
26.01.2023	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,026	0,205529
	14:00		0,023	0,181814
	19:00		0,020	0,158099

Таблица 2.

Содержание формальдегида в атмосфере воздуха

Дата отбора пробы	Время отбора пробы	Место отбора проб	Формальдегид	
			Оптическая плотность	Масса, мкг
06.10.2022	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,011	0,135432
	14:00		0,013	0,160056
	19:00		0,014	0,172368
08.11.2022	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,015	0,18468
	14:00		0,017	0,209304
	19:00		0,014	0,172368
07.12.2022	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,013	0,160056
	14:00		0,016	0,196992
	19:00		0,014	0,172368
26.01.2023	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,019	0,233928
	14:00		0,016	0,196992
	19:00		0,015	0,18468

Для построения градуировочной характеристики, был выполнен подбор длины волны, найдена оптимальная длина волны 520 нм, а также выбрана оптимальная кювета на 10 мм. Для приготовления градуировочной характеристики, из колб отбирают по 5 см³ каждого раствора и переносят в пробирку. Далее в каждую пробирку приливают по 1,2 мл свежеприготовленной смеси этанола с фенилгидразином, перемешиваем. Через 15 минут добавляем 1 мл 0,5% раствора хлорамина Б и опять перемешиваем. Через 10 минут

к каждой пробе приливают по 2 мл 20% раствора серной кислоты, перемешивают. Через 10 минут измеряют оптическую плотность при длине волны 520 нм, по отношению к воде (рис. 2.). Предельно допустимая концентрация формальдегида (СН₂О) в воздухе: среднесуточная 3 мкг, максимально разовая 35 мкг. Сравнивая данные таблицы с величиной предельно допустимой концентрации можно сделать вывод, что содержания формальдегида в атмосфере воздуха в микрорайоне «Интеграл» в пределах нормы.

Таким образом, проведенные отборы проб воздуха для определения содержания вредных веществ в нем (С₆Н₅ОН и СН₂О) говорят о не превышающем содержании фенола и формальдегида в атмосфере исследуемой зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поиск адекватных биомаркеров для выявления химических факторов на здоровье населения / В.С. Рукавишников [и др.] // Казанский медицинский журнал. 2009. № 4. С. 473–476.

Плоды и листья кизила обыкновенного и брусники обыкновенной как источники антоцианов

Зяблицева Я. И., Головьев М. Д., Адамович Т. А.

Вятский государственный университет, г. Киров
ziablitsevaiana@gmail.com

Сегодня жители всего мира широко используют лекарственное растительное сырье (ЛРС) в качестве профилактики и лечения болезней. Известно, что растительные препараты оказывают мягкое и эффективное лекарственное воздействие на организм человека с минимальным количеством побочных реакций. Такими препаратами все чаще становятся малоизвестные дикорастущие лекарственные растения, которые активно используются в народной медицине для лечения и профилактики воспалительных процессов, и в тоже время недостаточно широко в доказательной медицине, что ведет к уменьшению ассортимента и количеству ЛРС в фармацевтической практике [1, 2].

Одними из наиболее часто используемых растений являются не только традиционные плодовые и ягодные, но и малораспространенные культуры – кизил обыкновенный (*Cornus mas* L.) и брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idea*). Плоды и листья кизила и брусники используются в альтернативной медицине в качестве жаропонижающего, мочегонного, тонизирующего и стимулирующего средства в целях профилактики простудных заболеваний и повышения иммунитета [3, 4].

Биологическая активность данных дикорастущих плодовых растений обуславливается тем, что каждое из них синтезирует определенный спектр фитохимических компонентов в зависимости от таких различных факторов окружающей среды, как температура, состав почвы, относительная влажность воздуха, экологическая обстановка и т.д. В связи с этим дикорастущие растения имеют лучшую приспособленность к местным условиям и невосприимчивость ко многим заболеваниям. При этом они превосходят по содержанию фитохимических компонентов культурные растения [5]. Одними из соединений, благодаря которым кизил и брусника обладают высоким лечебным потенциалом, являются антоцианы.

Антоцианы представляют собой группу водорастворимых растительных природных пигментов, относящиеся к семейству флавоноидов. Они отвечают за синий, фиолетовый, красный и оранжевый цвет многих генеративных и вегетативных частей растений. Всего идентифицировано более 500 различных антоцианов и 23 антоцианидина. Наиболее распространенным антоцианом является цианидин-3-глюкозид [6].

Антоцианы присутствуют в природе в основном в виде гетерозидов. Агликонная форма антоцианинов, также называемая антоцианидином, структурно основана на ионе флавилия или 2-фенилбензопирилия (2-фенилхроменилия) и представляет гидроксильные и метоксильные группы в различных положениях. Антоцианидины, присутствующие в фруктах и овощах, связаны с одной или несколькими гликозидными единицами, а потому очень нестабильны. Сахара могут быть связаны в виде моно-, ди- или тригликозидов и могут быть ацилированы различными органическими кислотами – коричной, кофейной, феруловой и синапиновой. Гликозидные звенья могут быть связаны с антоцианидином α или β связью в третьем положении агликона. Из сахаров, входящих в молекулу, чаще всего встречается глюкоза, реже – рамноза, арабиноза и галактоза. В таких формах они известны как антоцианы [7].

Для антоцианов известна способность менять свою окраску в зависимости от значения рН среды. В кислой среде рН < 3,0 они присутствуют в растворе в виде бензопирилиевых солей красного цвета. При повышении рН до 4,0–5,0 происходит присоединение гидроксильной группы во втором положении образованием бесцветного псевдооснования. При рН 6,0–7,0 образуются феноляты синего цвета. При рН более 8,0 происходит размыкание хроменого цикла, и образуется соответствующий халкон.

Антоцианины представляют интерес в связи с использованием их в пищевой и фармацевтической промышленности в качестве натуральных красителей и природных соединений, имеющих важное значение в области здоровья человека. Многочисленные исследования указывают на потенциальный эффект, который это семейство флавоноидов может оказывать на снижение заболеваемости сердечно-сосудистыми заболеваниями, раком, атеросклероза, гиперлипидемиями и другими хроническими заболеваниями за счет высокой антиоксидантной активности и, впоследствии, предотвращения окислительного стресса в организме человека [8]. Поэтому изучение антоцианов в таких некультивируемых растениях, как кизил и брусника на ранее не изученных территориях является актуальной задачей.

В связи этим целью данной работы являлось проведение количественного анализа антоцианов в дикорастущих растениях – плодах и листьях кизила обыкновенного (*Cornus mas* L.) и брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idea*).

Исследуемые в данной работе листья кизила были собраны на территории Республики Крым (ТМ «Таврида»), плоды – на территории Краснодарского края; плоды брусники – на территории Кировской области, листья – на территории Иркутской области (ТМ «ФармаЦвет»).

Экстракция проводилась 96%-ным этиловым спиртом (C_2H_5OH), содержащим 1% соляной кислоты (HCl) на кипящей водяной бане в течение 30 мин. Соотношение сырье:экстрагент – 1:50. Количественное определение антоцианов в пересчете на цианидин-3-гликозид проводилось, основанном на спектрофотометрическом определении оптической плотности раствора, образующегося при взаимодействии подкисленных спиртовых экстрактов с 0,5%-ным раствором аммиака при длине волны 627 нм [9].

Результаты определения антоцианов в исследуемом сырье с учетом удельного поглощения цианидина-3-гликозида представлены в таблице.

Таблица

Количественное содержание антоцианов в исследуемом сырье

Показатель	Сырье			
	Кизил обыкновенный		Брусника обыкновенная	
	Листья	Плоды	Листья	Плоды
Антоцианы, мг/100 г	40,2±2,4	51,4±1,8	301±4	102,4±0,2

Примечание: результат представлен в виде $M \pm \sigma$, где M – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение

Содержание антоцианов в исследуемых экстрактах листьев и плодов кизила обыкновенного (*Cornus Mas* L.) составило 40,2±2,4 мг/100 г и 51,4±1,8 мг/100 г, соответственно; в экстрактах листьев и плодов брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idea*) 301±4 мг/100 г и 102,4±0,2 мг/100 г, соответственно. Более высокие содержания отмечаются в листьях и плодах брусники обыкновенной в отличие от извлечений кизила.

Таким образом, в результате исследования было определено количественное содержание антоцианов в листьях и плодах кизила обыкновенного (*Cornus Mas* L.) и брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idea*) с учетом удельного поглощения цианидина-3-гликозида. Наибольшее содержание антоцианов определено в листьях брусники, наименьшее – в листьях кизила, что может быть связано с различной концентрацией цианидина-3-гликозида в вакуолях и окислительным стрессом, вызванным неблагоприятной экологической обстановкой в местах произрастания растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Селезнев Н. Г. Технологическое исследование водных извлечений из листьев брусники // Рос. мед.-биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова. 2017. №2. С. 296–302.
2. Охрименко Л. П., Калинкина Г. И., Дмитрук С. Е. Сравнительное исследование толокнянки, брусники и близких к ним видов, произрастающих в республике Саха (Якутия) // Химия растительного сырья. 2005. № 1. С. 31–35.
3. Перова И. Б., Жогова А. А. Биологически активные вещества плодов кизила (*Cornus Mas* L.) // Вопросы питания. 2014. № 5. С. 86–94.
4. Сафронова И. В. Особенности химического состава брусники обыкновенной и перспективы ее применения в медицине и здоровом питании // Инновации и продовольственная безопасность. 2015. № 4 (10). С. 63–73.
5. Лютикова М. Н., Ботиров Э. Х. Химический состав и практическое применение ягод брусники и клюквы // Химия растительного сырья. 2015. № 2. С. 5–27.
6. Полина С. А., Ефремов А. А. Состав антоцианов плодов черники обыкновенной, брусники обыкновенной и клюквы обыкновенной Красноярского края по данным ВЭЖХ // Химия растительного сырья. 2014. № 2. С. 103–110.
7. De Pascual-Teresa S., Sanchez-Ballesta M. T. Anthocyanins: from plant to health // Phytochemistry Reviews. 2007. Vol. 7 (2). P. 281–299.
8. Mannino G., Gentile C., Ertani A. Anthocyanins: Biosynthesis, Distribution, Ecological Role, and Use of Biostimulants to Increase Their Content in Plant Foods – A Review // Agriculture. 2021. Vol. 11 (3). P. 1–25.
9. Куркин В. А., Рязанова Т. К. и др. Способ количественного определения антоцианов в лекарственном растительном сырье. Патент РФ 2557953, МПК G01N33/15. Заявка: 2013155140/15, 2013.12.11. Дата публикации: 27.07.2015.

Взаимодействие пара-диметиламинохалкона с фенилгидразином в различной среде

Иванова Е. В., студ. 4 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ekaterinaivanova – 2001@yandex.ru

Халконы представляют значительный интерес для химиков и биохимиков, что обусловлено несколькими факторами: легкостью их синтеза, высокой фармакологической активностью синтетических и природных халконов, а также возможностью использования в качестве ценных синтетических интермедиатов, например в синтезе различных гетероциклических соединений. Соединения с халконовым фрагментом проявляют различные виды биологической активности. Также известно, что халконы проявляют противоопухолевую активность. Другими важными свойствами халконов являются способность ингибировать рост бактерий, а также проявление противогрибковой и антивирусной активности [1]. Ранее было показано, что реакция п – метоксихалкона с фенилгидразином протекает по разным центрам в зависимости от реакции среды. Поэтому стало интересно проверить будет ли такая закономерность для халкона с другой группой, в частности для диметиламиногруппы.

Анализируя литературу, мы нашли публикацию, которая описывает взаимодействие незамещенного халкона с фенилгидразином в разных средах. Так, предполагается, что в щелочной среде реакция идет либо с образованием производного по двойной связи, либо с образованием гидразона, а в кислой среде по карбонильной группе.

Для получения халкона использовали методику, предложенную в источнике [2]. Данную методику мы модифицировали, заменив бензальдегид на п-диметиламинобензальдегид, так же изменили время синтеза.

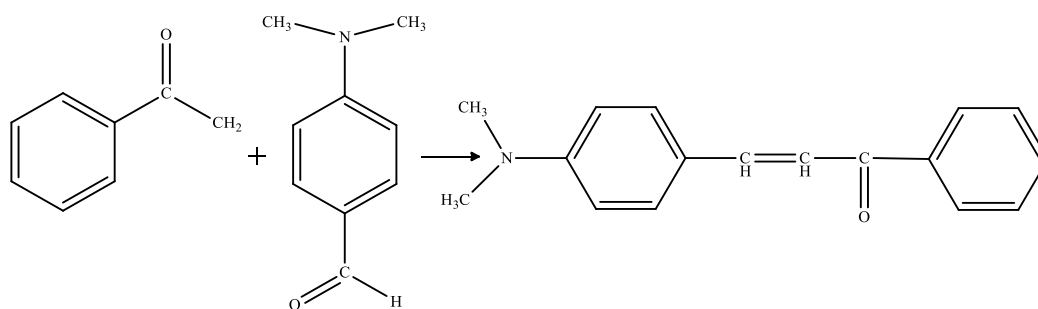


Рис. 1. Получение пара-диметиламинохалкона

Реакцию проводили с использованием сильного основания NaOH в течение двух часов при энергичном перемешивании. Для того, чтобы не снижался выход продукта, поддерживали температуру в интервале 15–30°C. Затем перекристаллизовали из этанола, выход продукта составил 88%. После высушивания продукта осуществили контрольную проверку методом ТСХ по исчезновению исходного продукта. Тпл=116 градусов.

Взаимодействие пара-диметиламинохалкона с фенилгидразином в кислой среде. Для проведения реакции использовали уксусную кислоту. Синтез проводили в течение трех часов, поддерживая температуру 65–70°C. Окончание реакции контролировали методом ТСХ. После отстаивания в холодильнике, полученный осадок отфильтровали. Выход продукта составил 88%, температура плавления 123–124°C.

Взаимодействие пара-диметиламинохалкона с фенилгидразином в щелочной среде. Для проведения реакции решили использовать для начала слабое основание пиридин. Опираясь на проведенный ранее эксперимент с п – метоксихалконом, мы знаем, что реакция не идет. Поэтому добавили некоторое количество сильного основания NaOH. Реакцию проводили в течение трех часов в температурном интервале 70–75°C. После высушивания продукта получили данные результаты: выход составил 85%, температура плавления 143–144.

Образование пиразола. Известно, что система уксусная кислота – спирт позволяет дальнейшую циклизацию продукта в пиразол. Нашей задачей стало проверка этой гипотезы. Для проведения реакции использовали этиловый спирт, синтез длился в течение трех часов. Температуру поддерживали в интервале 80–85°C. По окончании реакции провели проверку методом ТСХ. Температура плавления составила 135–136°C.

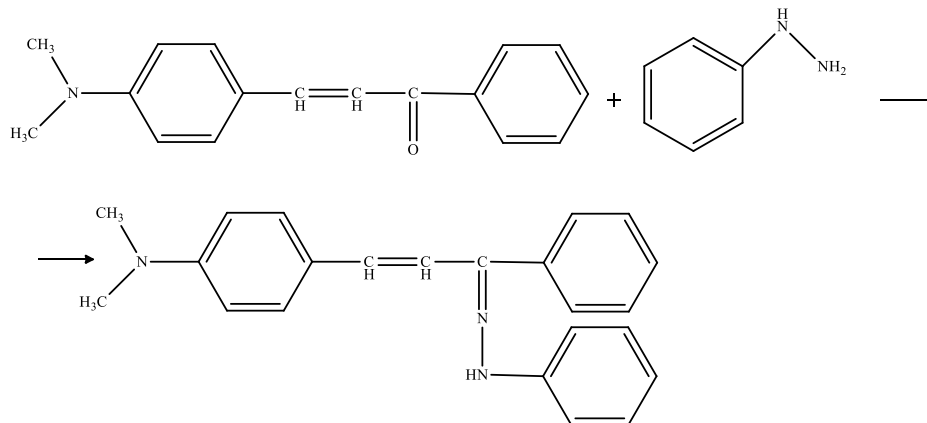


Рис. 2. Взаимодействие пара-диметиламинохалкона с фенилгидразином в кислой среде

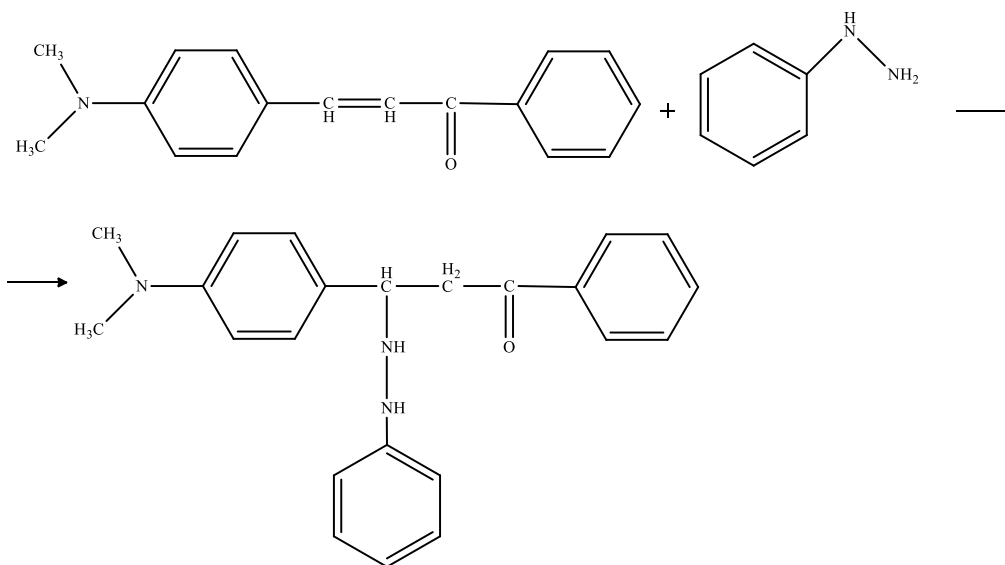


Рис. 3. Взаимодействие пара-диметиламинохалкона с фенилгидразином в щелочной среде

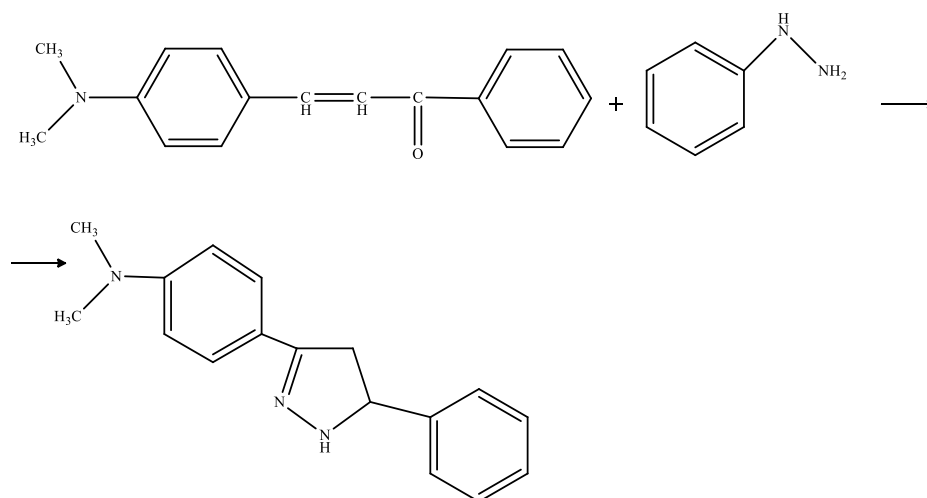


Рис. 4. Образование пиразола

ЛИТЕРАТУРА

1. Арыстынова А. Ж. Гепатопротекторное и иммуномодулирующее свойства препарата солодкового корня / А.Ж. Арыстанова, Н.В. Юсай, С.А. Байдулин // VIII Рос. Нац. Конгр. «Человек и лекарство». М., 2001. С. 541–550

2. Нифантьев И. Э. Практикум по органической химии / И.Э Нифантьев, П.В. Ивлеченко // М.: МГУ. 2006. С. 62.

Исследование химических взаимодействий гидразонов некондиционного ракетного топлива гептил с тетрацианоэтиленом

Иванова Е. С., студ. 2 курса

Науч. рук. — Насакин О. Е., д-р хим. наук, проф.

Чувашский государственный университет, г. Чебоксары
lizachimic@mail.ru

Несимметричный диметилгидразин (ДМГ), широко используемый в качестве высокотемпературного ракетного топлива гептил, мгновенно и необратимо абсорбирует влагу из воздуха. При этом отделение ДМГ от воды посредством осушителя или перегонки невозможно. Сниженное качество «водного» гептила не позволяет его использовать по назначению. Однако утилизация токсичного и горючего канцерогена (ДМГ) составляет нелегкую задачу для ракетных систем, многие из которых в качестве альтернативы уже используют газообразное топливо. Классический способ утилизации гептила осуществляется через его экзотермическую реакцию с формалином с образованием менее токсичного метиленового производного, пригодного для сжигания после его полимеризации в кислой среде. Следует отметить, что сжигание полимерной массы сопровождается чрезмерным выделением различных окислов азота – тератогенных и мутагенных соединений.

Мы решили разработать безопасный способ утилизации ракетного топлива и за основу взяли получение диметилгидразона, только вместо формина использовали кротоновый и сорбиновый альдегиды, поскольку гидразоны непредельных альдегидов получили широкое распространение в медицине [1–3]. Нами были исследованы реакции производных ДМГ с тетрацианоэтиленом (ТЦЭ), активно вступающим в реакцию с азотосодержащими соединениями.

Как оказалось, диметилгидразон кротонала **2**, взаимодействуя с ТЦЭ, неожиданно с легкостью, при стандартных условиях, дает замещенное циклобутановое производное **3** (рис. 1), представляющее собой белое вещество с температурой плавления 103–105 °С и выходом 76%.

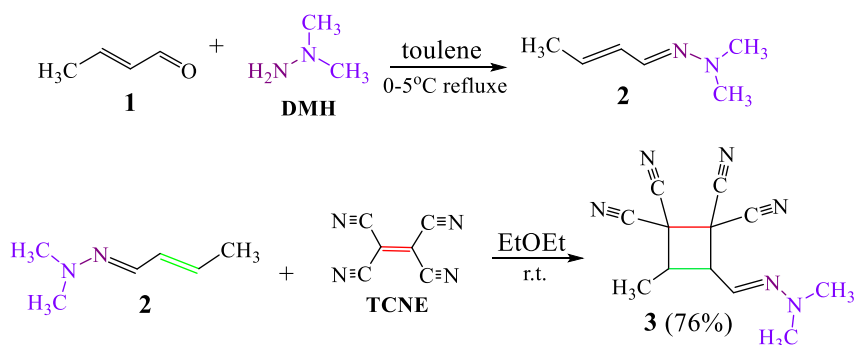


Рис. 1. Синтез производного циклобутана **3**

Ниже представлены спектральные характеристики, элементный анализ и рентгеновская структура (рис. 2) соединения **3**: ИК: $\nu/\text{см}^{-1}$: 2250 ($\text{C}\equiv\text{N}$), 1642 ($\text{C}=\text{N}$). ЯМР ^1H (DMSO-d_6), δ , м. д. (J , Гц): 8.84 (1H, с, CH), 2.78–2.71 (1H, м, CH), 2.23–2.20 (1H, м, CH), 3.17 (3H, с, CH_3), 2.95 (3H, с, CH_3), 1.82 (3H, м, CH_3). ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 164.6, 132.2, 107.7, 106.8, 105.2, 102.2, 56.8, 56.3, 53.6, 48.2, 42.7, 31.0, 30.8. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 240 [$M + \text{H}$] $^+$ (100). Найд., %: С 59.91; Н 5.14; N 34.95. $\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{N}_6$. Выч., %: С, 59.99; Н, 5.03; N, 34.98.

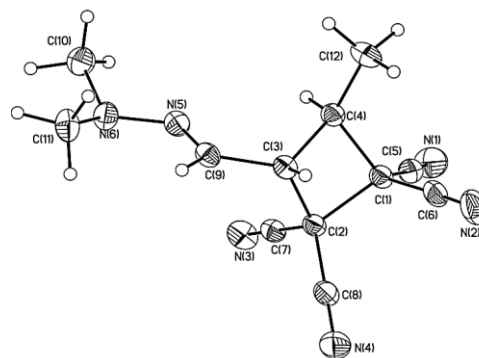


Рис. 2. Рентгеновская структура циклобутана **3**

Однако взаимодействие гидразона сорбинового альдегида **5** с ТЦЭ в тех же условиях осуществляется по иной схеме – через реакцию [4+2]-циклоприсоединения (рис. 3). Результатом реакции Дильса-Альдера является белое вещество **6** с температурой плавления 97–98°C с выходом 72%.

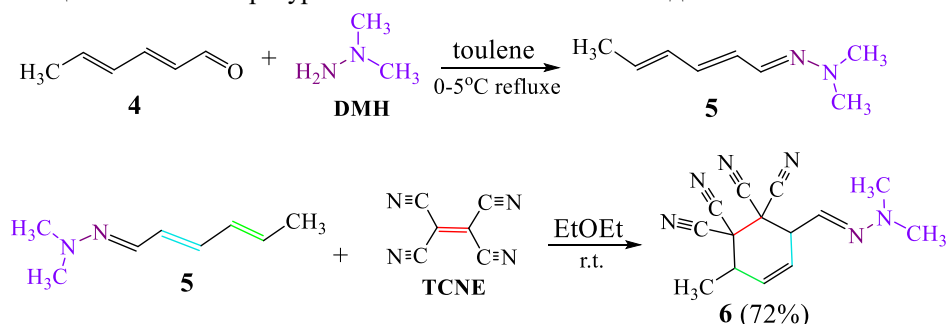


Рис. 3. Синтез циклогексенового производного **6**

Ниже представлены спектральные характеристики, элементный анализ и рентгеновская структура (рис. 2) соединения **6**: ИК $\nu/\text{см}$: 2252 ($\text{C}\equiv\text{N}$), 1659 ($\text{C}=\text{N}$), 1554 ($\text{C}=\text{C}$). ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 6.48–6.47 (1H, д, $J = 4.9$, CH), 5.99–5.94 (2H, м, CH), 4.27–4.24 (1H, м, CH), 3.60–3.56 (1H, м, CH), 2.83 (6H, с, 2CH₃), 1.49–1.47 (3H, д, $J = 6.3$, CH₃). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 118.4, 118.2, 117.4, 116.6, 114.4, 114.0, 103.6, 103.3, 102.2, 101.9, 34.2, 33.4, 33.57, 27.8, 27.3, 8.7, 8.0. Масс-, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): выч. C₁₄H₁₄N₆: 266.1341 (100.0), 267.1334 (15.1), найд.: 266.1573 [M]⁺ (0.5), 267.1653 [$\text{M}+\text{H}$]⁺ (1.6).

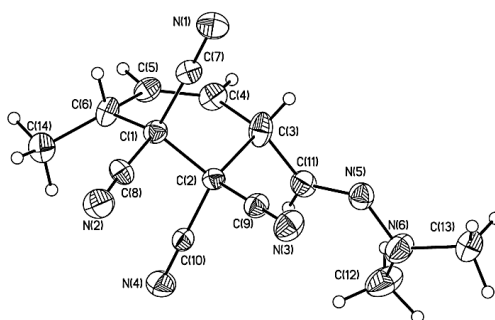


Рис. 3. Рентгеновская структура циклогексенового производного **6**

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект №23-23-00656).

ЛИТЕРАТУРА

1. Зелинин Н. К. Физиологически активные комплексы гидразонов / Н. К. Зелинин // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 12. С. 41–46.
2. Калямина А. В. Синтез и антимикробная активность замещенных 3-арил (метил) -5-нитрометил-1, 2, 4-оксадиазолов и гидразонов нитро-1,2,4-оксадиазол-5-карбальдегида / А. В. Калямина, А. Г. Тырков // Экологические системы и приборы. 2005. № 9. С. 51–53.
3. Тырков А. Г. Синтез и антимикробная активность замещенных 3-арил(метил)-5-нитрометил-1,2,4-оксадиазолов гидразонов нитро-1,2,4-оксадиазол-5-карбальдегида / А. Г. Тырков, Н. А. Щурова // Экологические системы и приборы. 2005. № 9. С. 59–61.

Анализ растворов используемых в процессе иммерсионного золочения печатных плат

Иванова Т. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смирнова Л. Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ivanova.tania0805@gmail.com

Печатная плата представляет собой пластину из диэлектрика с нанесенными на нее медными дорожками, связывающими все электронные элементы устройства в одну сеть. Они применяются практически

во всех электронных приборах. Производство печатных плат состоит из этапов: подготовки диэлектрика, нанесения проводящего рисунка, финишного покрытия [1].

Рассмотрим этап финишного покрытия печатных плат. Финишное покрытие – слой металла, который наносится на открытые участки печатного рисунка. Основное назначение покрытий – защита медной поверхности контактных площадок. В качестве финишного покрытия могут быть использованы, например, иммерсионные покрытия: олово, серебро, золото [2].

Иммерсионный процесс нанесения покрытий заключается в реакции восстановления металла из раствора, т.е. происходит замещение металла на поверхности платы на металл из раствора, вследствие чего получается очень тонкий слой. Золочение является одним из распространенных покрытий и применяется с целью обеспечения хорошей паяемости, защиты от коррозии, равномерной толщины покрытия. Процесс иммерсионного золочения печатных плат идет с подслоем химического никеля. Золото используется для защиты слоя никеля от окисления, а никель предотвращает взаимодействие меди с золотом, которое может привести к взаимной диффузии. Процесс иммерсионного золочения состоит из последовательных этапов. Первый – это кислотный очиститель, применяемый для поверхностной обработки плат, с его помощью очищается металлическая поверхность изделия. Следующий этап – микротравление, используемое для равномерного подтравливания медной поверхности, что формирует оптимальную шероховатость и дает хорошую адгезию с последующим слоем. Третий этап – активация, при этом на поверхность осаждается коллоидный палладий, который создает центры активности для осаждения никеля. Последним этапом является химическое никелирование с последующим иммерсионным золочением [3].

Установка для иммерсионного золочения представляет собой последовательность емкостей – ванн, в которые погружаются платы. Целью работы явилось анализ состава ванн применяемых в процессе иммерсионного золочения. На первом этапе были проанализированы составы первой и третьей ванн, которые используются в качестве очистителя и микротравления печатных плат. Были определены физико-химические характеристики и рассчитаны концентрации веществ, входящих в состав растворов. Составы первой и третьей ванн представлены в таблице 1.

Таблица 1

Составы ванн

Первая ванна		Третья ванна	
Вещество	Концентрация	Вещество	Концентрация
Астипур AS	20–100 мл/л	Масурерр Etch G-5S	30 мл/л
		H ₂ O ₂	15–35 мл/л
H ₂ SO ₄	30–70 мл/л	H ₂ SO ₄	70–100 мл/л
		CuSO ₄ ·5H ₂ O	Cu(II) 10–50 г/л

Астипур AS – это раствор, который применяется для поверхностной обработки материалов из меди или покрытых медью. С помощью него очищается и активируется металлическая поверхность, удаляются слои окисного налета.

Масурерр Etch G-5S – раствор для микротравления, который используется перед активацией на линии обработки сквозных металлизированных отверстий, что обеспечивает образование прямых связей между частицами меди и повышает качество и адгезию нанесенного слоя при химическом меднении.

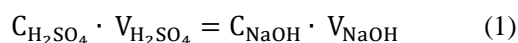
При определении физико-химических характеристик использовались ареометры, сталагмометр, вискозиметр, рН-метр, рефрактометр. Помимо исследуемых растворов был проведен анализ растворов с таким же составом, но не содержащих веществ Астипур AS и Масурерр Etch G-5S.

Полученные значения плотности, поверхностного натяжения, вязкости, рН, показателя преломления представлены в таблице 2.

По полученным данным поверхностного натяжения (σ) можно предположить, что вещество Астипур AS в первой ванне, является ПАВ, а вещество Масурерр Etch G-5S в 3 ванне инактивно.

В процессе работы необходимо постоянно контролировать содержание компонентов в ваннах. Поэтому к установкам предлагаются технические паспорта, в которых описаны подробные методики анализов.

Например, для определения концентрации серной кислоты предполагается титрование раствором гидроксида натрия, при котором используется индикатор метиловый красный. По уравнению 1, 2 и 3 находим концентрацию кислоты.



$$C_{H_2SO_4} = \frac{0,481 \cdot 20,03}{5} = 1,9272 \text{ н} \quad (2)$$

Дополнительно для определения количества H_2SO_4 в растворе нами было предложено потенциометрическое титрование. Кривая титрования представлена на рисунке 3. Аналогичным образом было проведен анализ 3 ванны. Полученные результаты имеют хорошую сходимость.

$$C_{H_2SO_4} = \frac{0,481 \cdot 29,33}{5} = 2,8219 \text{ н} \quad (3)$$

Таблица 2

Физико-химические характеристики составов ванн очищения и микротравления

	Первая ванна	Раствор без Actipur AS	Третья ванна	Раствор без Macuperp Etch G-5S
Плотность, г/мл	1,061	1,04	1,125	1,14
Поверхностное натяжение, Дж/м ²	$31,69 \cdot 10^{-3}$	$74,69 \cdot 10^{-3}$	$76,45 \cdot 10^{-3}$	$75,71 \cdot 10^{-3}$
Вязкость, МПа·с	1,2619	1,1483	1,4643	1,3729
pH	0,96		0,66	
Показатель преломления n_D	1,3458	1,3423	1,3535	1,3463

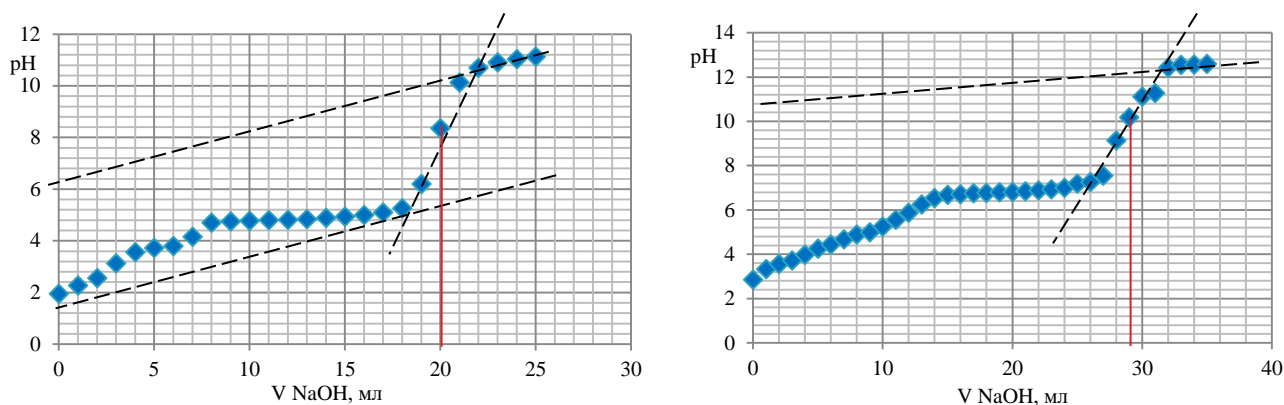


Рис. 4. Потенциометрические кривые титрования первой и третьей ванн

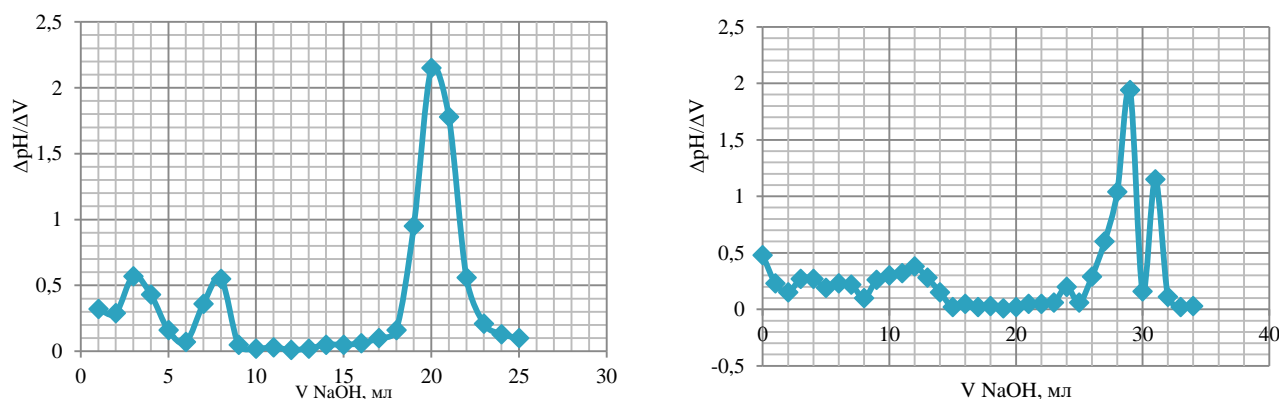


Рис. 5. Дифференциальные кривые титрования первой и третьей ванн

В состав раствора микротравления входит H_2O_2 , содержание которой определяется предложенной методикой в паспорте с помощью перманганометрии. Найденная по формулам 4 и 5 концентрация соответствует норме.

$$C_{KMnO_4} \cdot V_{KMnO_4} = C_{H_2O_2} \cdot V_{H_2O_2} \quad (4)$$

$$C_{H_2O_2} = \frac{0,1 \cdot 9,02 \text{ мл}}{1 \text{ мл}} = 0,902 \text{ н} \quad (5)$$

Также в состав 3 ванны входит сульфат меди. По техническому паспорту определение концентрации меди рекомендуется проводить комплексонометрическим методом. По формуле 5 находим концентрацию Cu^{2+} .

$$C = \frac{V_{\text{ЭДТА}} \cdot C_{\text{ЭДТА}}}{V_a} = \frac{7,9 \cdot 0,1}{1} = 0,79 \text{ н} \quad (6)$$

Отработана методика определения меди, количественные соотношения соответствуют норме.

Дополнительно была предложена методика фотометрического определения меди в виде аммиачного комплекса (рис 3), которая позволила по выведенному уравнению найти значение концентрации меди в растворе.

Таким образом, была начата работа по анализу ванн очищения и микротравления печатных плат, определены концентрации веществ по предложенным методикам и предложены методики потенциометрического и фотометрического анализа их составов.

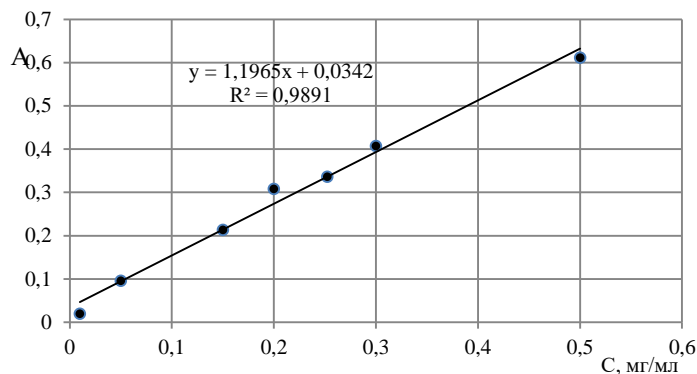


Рис. 6. Зависимость оптической плотности раствора аммиаката меди (II) от концентрации меди(II)

ЛИТЕРАТУРА

1. Галаган Е. В. Роль развития технологий изготовления печатных плат // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы. 2020. С. 47–50.
2. Ерендеев Ю. Финишные покрытия печатных плат в промышленных технологиях производства современной аппаратуры // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2012. № 7. С. 166–167.
3. Медведев А. Иммерсионное золочение под пайку // Технологии в электронной промышленности. 2010. №2. С. 6–7.

Направленный синтез новых соединений, содержащих в структуре фармакофорные 1Z,5Z-диеновые и алкинилкарбинольные фрагменты

Исламов И. И.¹, Юсупова А. В.¹, Макаров А. А.¹, Джемилев У. М.²

1 – Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, г. Уфа

2 – Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, г. Москва
iislamovi@gmail.com

Химия ацетиленов и полиацетиленов является одной из интригующих и привлекательных областей органического синтеза. Указанный класс непредельных соединений широко распространен в природе, а полученные соединения и их полусинтетические производные представляют интерес для фармацевтики и медицинской химии в качестве прекурсоров с обширным спектром биологических активностей. Так, за последние несколько лет выделено и исследовано более тысячи полиинов, а для отдельных представителей, успешно прошедших предклинические испытания, разработаны оригинальные схемы их полного синтеза [1].

Среди разнообразных биологически активных производных алкинолов, известных на сегодняшний день, широко распространены производные карбинолов, содержащие одну или несколько тройных связей в α -положении к гидроксильной группе [2]. Например, ацетиленовые спирты – лембехины, выделенные из морских губок *Haliclona sp.*, в наноконцентрациях проявляют высокую нейритогенную активность на клетках мышинной нейроblastомы Neuro2A и феохромоцитомы крыс P12. Полученные результаты предклинических исследований, высокая активность и низкая токсичность лембехинов позволяют значительно продвинуться при создании на их основе лекарственных препаратов для лечения нейродегенеративных заболеваний (болезни Альцгеймера, Паркинсона, хореи Хантингтона и др.) [3]. Природные диацетиленовые спирты – фульвинол, стронгилодиолы, петросиолы полученные из морских источников демонстрируют исключительно высокую противоопухолевую, противогрибковую, антибактериальную и противовирусную свойства (Рис. 1) [4]. Примечательно, что многие полиацетилены из морских губок обладают

высокосимметричными структурами. Яркими представителями данного подкласса соединений являются петросинол, дурины выделенные из морских губок вида *Petrosia* характеризующиеся сингулярной C_2 -симметричной димерной структурой, состоящей из двух гомохиральных фрагментов, соединенных центральной алкеновой единицей. Указанные соединения проявляют антимикробную активность в отношении *Bacillus subtilis*, обладают высокой цитотоксичностью, а также ингибируют функции ДНК-полимеразы ВИЧ (Рис. 1) [1,5].

Новые ацетиленовые макролактоны Иворенолиды А и В (рис. 1), выделенные из деревьев рода *Khaya* *Ivorenensis* А ингибируют *ConA*-индуцированную Т-клеточную пролиферацию и проявляют высокую иммуносупрессивную активность. В традиционной медицине, неочищенные экстракты створовой коры этого дерева используются для лечения малярии и других тропических заболеваний. Биологические исследования выявили противоопухолевые и противовоспалительные свойства этих экстрактов [6].

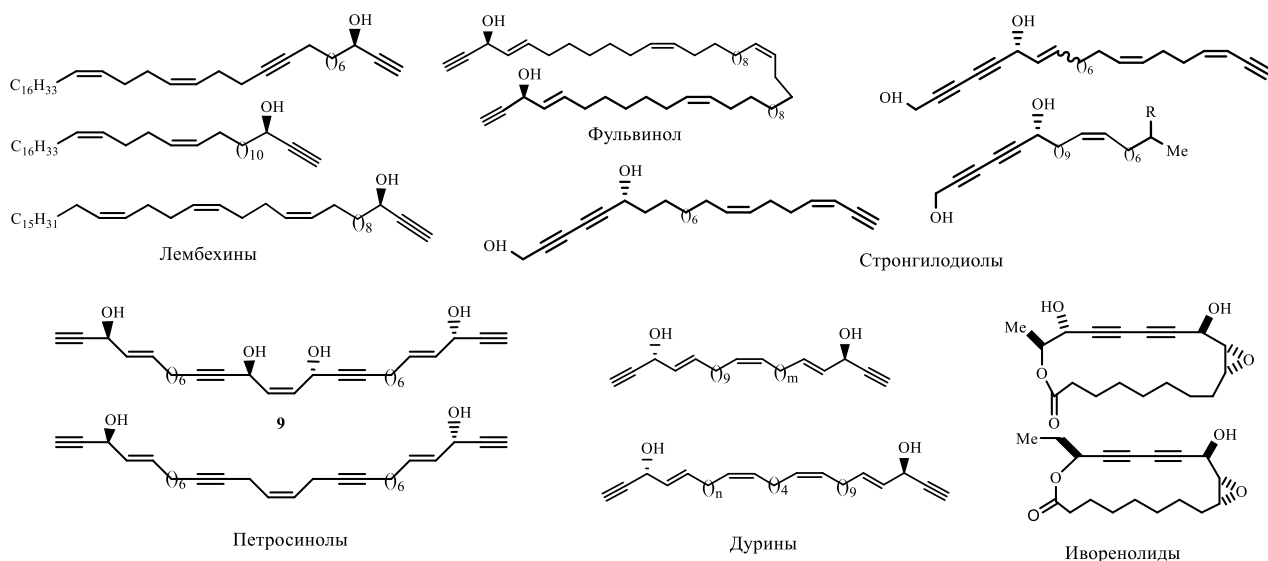


Рис. 1. Биологически активные алкинолы выделенные из природных источников.

Таким образом, синтез и исследование свойств новых классов циклических и ациклических непредельных ацетиленовых соединений является важной и перспективной задачей. Следует отметить, что наличие тройных связей позволяет проводить дополнительные трансформации с дальнейшей модификацией исходной молекулы и введением в одну стадию новых функциональных групп, в том числе гетероциклических фармакофорных фрагментов [7,8].

В лаборатории каталитического синтеза ИНК РАН в последние годы активно развивались исследовательские работы связанные с поиском и разработкой оригинальных методов синтеза природных биологически активных соединений, содержащих в своей структуре стереоизомерно чистый *цис,цис*-1,5-диеновый фрагмент. В результате, на основе реакций каталитического цикломагнирования 1,2-диенов разработаны малостадийные способы полного синтеза природных жирных 5,9-диеновых кислот, феромонов насекомых-вредителей, предшественников ацетогенинов, а также лембехинов. Более того, получены новые синтетические аналоги указанных соединений, а также ранее неизвестные гибридные молекулы и макроциклические лактоны с ярко выраженной противоопухолевой активностью [9–14].

С учетом полученных нами положительных результатов по синтезу и изучению противоопухолевых, нейритогенных свойств лембехинов [11], а также анализа мировой литературы, в рамках настоящей работы мы решили осуществить идею синтеза новых классов соединений, содержащих в своей структуре фармакофорные 1*Z*,5*Z*-диеновые и алкинилкарбинольные фрагменты, в том числе макроциклической структуры.

Для реализации намеченных целей в качестве ключевого мономера выбрали 1,14-тетрадека-5*Z*,9*Z*-диендиол **2** и осуществили его синтез в три стадии по разработанной нами ранее схеме с применением каталитического гомо-цикломагнирования *O*-содержащих 1,2-диенов [13]. В дальнейшем, окислением диола **2** по Дессу-Мартину впервые синтезировали ранее неописанный (5*Z*,9*Z*)-тетрадека-5,9-диендиаль **3** с выходом 88% (Схема 1).

Взаимодействием карбонильного соединения **2** с триметилсилилацетенидом лития получен новый диол **4**, последующее снятие триметилсилильной защиты дает новый симметричный алкинилкарбинол **5** с

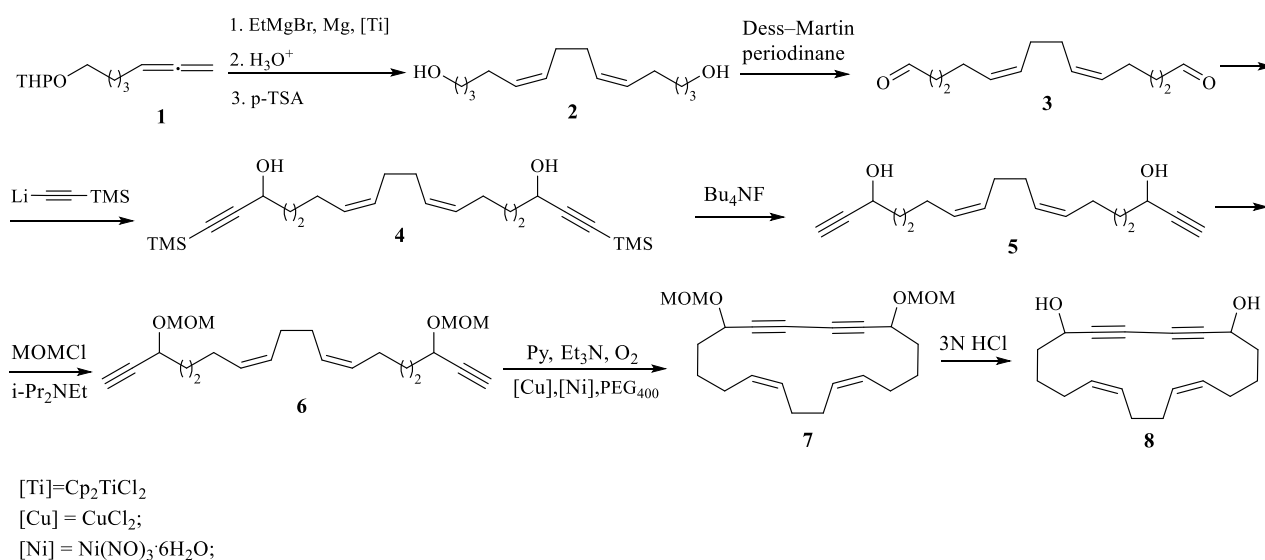
1*Z*,5*Z*-диеновым фрагментом в своей структуре с общим выходом 73%. Образование новых асимметричных центров в молекуле теоретически должно привести к появлению диастереомерных пар, однако в связи с большой удаленностью хиральных центров и отсутствием между ними фактического взаимодействия, сигналы для стереоизомеров в спектрах ЯМР ^1H и ^{13}C совпадают (Схема 1).

Ранее нами синтезированы макроциклические лактоны с 1,3-диинным и 1*Z*,5*Z*-диеновыми функциональными группами, которые проявили цитотоксичность в отношении различных опухолевых клеточных линий [15]. В этой связи интересно было посмотреть, возможно ли осуществить синтез макроциклических соединений из полученного диола **5** с терминальными тройными связями.

Для решения поставленной задачи, предварительно защитив гидроксильную группу MOM-защитой провели хорошо зарекомендовавшую себя ранее реакцию окислительного сочетания ацетиленов по Глайзеру-Хэю с применением метода разделения фаз (Схема 1) [16].

В результате, нами впервые получен макрокарбоцикл **7** в виде двух стереоизомеров в соотношении 1:1, об этом свидетельствует двойной набор сигналов углеродных атомов как самих асимметричных карбинольных углеродных атомов, так и их ближайшего окружения в спектрах ЯМР ^{13}C . После снятия MOM-защиты получены целевые макрокарбоциклы **8** с 1*Z*,5*Z*-диеновым и алкинилкарбинольными фрагментами в структуре (Схема 1). Структуры новых соединений надежно охарактеризованы с помощью одномерных (^1H , ^{13}C , Dept 135) и двумерных (HSQC, HMBC и HH COSY) экспериментов ЯМР, а также с помощью масс-спектрометрии высокого разрешения. Диастереомерное расщепление сигналов наблюдается для углеродных атомов при гидроксильной группе ($\delta\text{C}=62.80, 62.85$ м.д.), соседних к ним метиленовых углеродных атомов ($\delta\text{C}=36.82, 36.88$ и $\delta\text{C}=25.48, 25.58$ м.д.), а также соседних четвертичных углеродных атомов ($\delta\text{C}=80.45, 80.57$ м.д.). О сохранении *cis*-конфигурации двойных связей в макроциклах свидетельствуют сильнополюсные сигналы аллильных углеродных атомов при $\delta\text{C}=26.92$ и $\delta\text{C}=27.75$ м.д. [16].

Схема 1



Таким образом, нами впервые разработаны способы получения новых классов ациклических и макроциклических непредельных соединений, содержащих одновременно в своей структуре фармакофорные 1*Z*,5*Z*-диеновые и алкинилкарбинольные фрагменты. Исследования в этом направлении продолжаются и в ближайшей перспективе планируется расширение линейки этого класса соединений, в том числе в виде отдельных стереоизомеров с последующим широким изучением биологической активности синтезированных соединений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (Проект № 22-73-10164).

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhou Z-F., Menna M., Cai Y.-S., Guoet Y.-W. Polyacetylenes of Marine Origin: Chemistry and Bioactivity // Chem. Rev. 2015. V.115(3). P. 1543–1596.
2. Listunov D., Maraval V., Chauvin R., Génisson Y. Chiral alkynylcarbinols from marine sponges: asymmetric synthesis and biological relevance // Nat. Prod. Rep. 2015. V. 32. P. 49–75.
3. Aoki S., Matsui K., Wei H., Murakami N., Kobayashi M. Structure–activity relationship of neurotogenic spongean acetylene alcohols, lembhynes // Tetrahedron. 2002. V. 58(27). P. 5417–5422.
4. Gangadhar P., Ramakrishna S., Venkateswarlu P., Srihari P. Stereoselective total synthesis and structural revision of the diacetylenic diol natural products strongylidiols H and I // Beilstein J. Org. Chem. 2018. V. 14. P. 2313–2320.

5. Hitora Y., Takada K., Okada S., Ise Y., Matsunaga S. (-)-Duryne and Its Homologues, Cytotoxic Acetylenes from a Marine Sponge *Petrosia* sp. // J. Nat. Prod. 2011. V. 74(5). P. 1262–1267.
6. Mohapatra D. K., Umamaheshwar G., Rao R. N., Rao T. S., Kumar S., Yadav J. S. Total Synthesis of Ivorenolide A Following a Base-Induced Elimination Protocol // Org. Lett. 2015. V. 17. P. 979–981.
7. Shi W., Lei A. 1,3-Diyne chemistry: synthesis and derivations. // Tetrahedron Lett. 2014. V. 55. P. 2763–2772.
8. Verlinden S., Ballet S., Verniest G. Synthesis of Heterocycle-Bridged Peptidic Macrocycles through 1,3-Diyne Transformations // Eur. J. Org. Chem. 2016. V. 35. P. 5807–5812.
9. D'yakonov V. A., Dzhemileva L. U., Makarov A. A., Makarova E. Kh., Khusnutdinova E. K., Dzhemilev U. M. The facile synthesis of the 5Z,9Z-dienoic acids and their topoisomerase I inhibitory activity // Chem. Commun. 2013. V. 49. P. 8401–8403.
10. D'yakonov V. A., Dzhemileva L. U., Dzhemilev U. M. Natural compounds with bis-methylene-interrupted Z-double bonds: plant sources, strategies of total synthesis, biological activity, and perspectives // Phytochem. Rev. 2021. V. 20. P. 325–342.
11. Dzhemileva L. U., Makarov A. A., Andreev E. N., Yunusbaeva M. M., Makarova E. Kh., D'yakonov V. A., Dzhemilev U. M. New 1,3-Diynoic Derivatives of Natural Lembehyne B: Stereoselective Synthesis, Anticancer, and Neurotogenic Activity // ACS Omega. 2020. V. 5. P. 1974–1981.
12. D'yakonov V. A., Islamov I. I., Dzhemileva L. U., Makarova E. Kh., Dzhemilev U. M. Direct Synthesis of Polyaromatic Cyclophanes Containing Bis-Methylene-Interrupted Z-Double Bonds and Study of Their Antitumor Activity In Vitro // Int. J. Mol. Sci. 2021. V. 22. P. 8787.
13. D'yakonov V. A., Islamov I. I., Dzhemileva L. U., Khusainova E. M., Yunusbaeva M. M., Dzhemilev U. M. Targeted synthesis of macrodiolides containing bis-methylene-separated Z-double bonds and their antitumor activity in vitro // Tetrahedron. 2018. V. 74 (35). P. 4606–4612.
14. D'yakonov V. A., Dzhemileva L. U., Tuktarova R. A., Makarov A. A., Islamov I. I., Mulyukova A. R., Dzhemilev U. M. Catalytic cyclometallation in steroid chemistry III: Synthesis of steroidal derivatives of 5Z,9Z-dienoic acid and investigation of its human topoisomerase I inhibitory activity // Steroids. 2015. V. 102. P. 110–117.
15. D'yakonov V. A., Islamov I. I., Dzhemileva L. U., Yunusbaeva M. M., Dzhemilev U. M. Stereoselective synthesis and antitumor activity of macrodiolides containing 1Z,5Z-diene and 1,3-diyne moieties // Mend. Commun. 2019. V. 29. P. 613–615.
16. Bedard A.-C., Collins S. K. Phase Separation As a Strategy Toward Controlling Dilution Effects in Macrocyclic Glaser-Hay Couplings // J. Am. Chem. Soc. 2011. V. 133. P. 19976.
17. Levy G., Nelson G. Carbon-13 Nuclear Magnetic Resonance for Organic Chemists. Wiley-Interscience, New York. 1972. P. 338.

Метрологические характеристики спектрофотометрического метода количественного определения глицина

Карпова К. А. студ. 4 курса

Науч. рук. – Фокина А. И., канд. биол. наук, доц.

Вятский государственный университет, г. Киров
karпова.ksyunya01@mail.ru

Аминокислотная кислота – это простейшая алифатическая аминокислота. В организме глицин участвует во многих химических реакциях превращения, что обеспечивает целый комплекс дальнейшего биологического взаимодействия в органах и тканях [1]. Глицин – опосредованный тормозной нейромедиатор необходимый для рефлекторных реакций, произвольного двигательного контроля и обработки сенсорных сигналов в центральной нервной системе млекопитающих [2]. Благодаря своим антиокислительным и антидепрессивным свойствам, аминокислотная кислота входит в состав многих лекарственных препаратов для: нормализации сна и облегчения засыпания; улучшения настроения; повышения умственной работоспособности; минимализации токсического действия препаратов и алкоголя, негативно влияющих на работу центральной нервной системы; оказания успокоительного действия; снижения эмоционально-психологического напряжения и агрессивности; улучшения памяти и внимания [1]. Поэтому важна разработка методик количественного определения глицина, которые просты в использовании, обладают высокой точностью и дают достоверные результаты. Так что целью моего исследования стало определение метрологических характеристик спектрофотометрического метода определения глицина.

В качестве исследуемого образца было принято лекарство: Глицин («Биотики», Москва, Россия). Исследования проводились спектрофотометрическим методом при реакции глицина с нингидрином. Был построен калибровочный график: область линейности – 0,0025–0,02 мг/мл. Состав реакционной смеси: 5 мл раствора, содержащего глицин + 2,5 0,2% нингидрина в ацетоне, нагревание в течение 20 минут на водяной бане при температуре 90 °С. Аналитическая длина волны – 400 нм, l = 1 см. Аналогично для раствора, полученного из навески таблеток глицина [3].

Были установлены метрологические характеристики:

Линейность методики – это наличие линейной зависимости аналитического сигнала от концентрации или количества определяемого вещества в анализируемой пробе в пределах аналитической области методики;

Повторяемость методики оценивают по независимым результатам, полученным в одинаковых регламентированных условиях в одной лаборатории (один и тот же исполнитель, одно и то же оборудование, один и тот же набор реактивов) в пределах короткого промежутка времени;

Правильность методики характеризуется отклонением среднего результата определений, выполненных с ее использованием, от значения, принимаемого за истинное [4].

Линейность проверяли для пяти проб с различными концентрациями определяемого вещества, в двукратной повторности, $P=0,95$.

По ОФС.1.1.0012.15 Валидация аналитических методик коэффициент корреляции должен быть $\geq 0,99$, полученный результат соответствует данному условию. Следовательно, можно сделать вывод, что методика валидна по характеристике линейности. Повторяемость результатов определения глицина проводили в шестикратной повторности при $P=0,95$.

Опорным значением является теоретическое процентное содержание глицина в таблетках, найденным является то что было получено в ходе эксперимента. В соответствии с классической эмпирической формулой Горвица $RSD \leq 2\%$, что является наименьшее из возможных приемлемых значений RSD. Но в некоторых литературных источниках приведены данные, что RSD может составлять до 5% [5,6]. Так что можно сказать, что методика является достоверной по характеристике повторяемости. Исследование правильности провели методом добавок, при 100% добавке в шестикратной повторности, $P=0,95$.

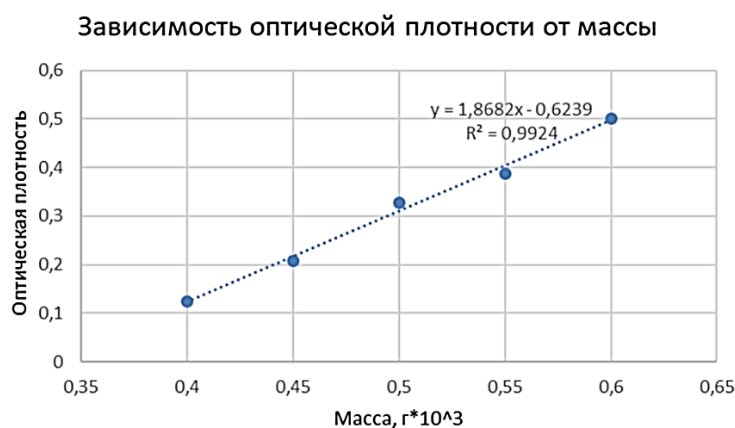


Рис. 1. График зависимости оптической плотности от массы

Таблица 1

Проверка повторяемости результатов определения глицина в препарате Глицин

Опорное, %	Найдено, %	Метрологические характеристики
100,0	104,3	Открываемость, средняя = 102,6 % СКО = 2,5 СКО отн. = 2,4% S = 0,9 r = 2,5
	104,5	
	103,9	
	104,2	
	99,8	
	99,0	

Таблица 2

Проверка правильности результатов определения глицина в препарате Глицин

Опорное, %	Найдено, %	Среднее, %	Δ , %
100,0	96,8	102,8	12,3
	102,1		
	104,8		
	113,2		
	116,1		
	83,8		

В качестве опорного значения взято теоретическое процентное содержание добавки, которая должна получиться, найденное же то процентное содержание, что было получено в ходе эксперимента. Значения, принимаемые за истинные, находятся в пределах погрешности среднего результата, полученного экспе-

риментально. Как следствие, методику можно охарактеризовать валидной по характеристике правильность.

Впервые была валидирована методика спектрофотометрического определения глицина при его реакции с нингидрином: установлено, что при 20-минутном нагревании с температурой 90 °С спектрофотометрическое определение глицина с помощью нингидриновой реакции график зависимости «концентрация — оптическая плотность» имеет линейный характер ($r > 0,99$), повторяемость характеризуется RSD равное 2,4%, а правильность можно охарактеризовать тем, что опорное значение входит в интервал погрешности $102,8 \pm 12,3$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова А. Л., Ивашев М. Н., Сергиенко А. В., Савенко И. А. Метаболизм препарата глицин // Международный журнал экспериментального образования 2015. №2. С. 37–39.
2. Rajendra S., Lynch J. W., Schofield P. R. The Glycine Receptor // *Pharmacol. Ther.* 1997. Vol. 73. No. 2. P. 121–146.
3. Использование нингидриновой реакции для количественного определения α -аминокислот в различных объектах / Симонян А.В., Саламатов А.А., Покровская Ю.С., Аванесян А.А. // методические рекомендации. Волгоград, 2007. С. 69–71.
4. ОФС.1.1.0012.15 Валидация аналитических методик.
5. Энтитейн Н. А. Определение внутрилабораторной прецизионности (воспроизводимости) при валидации методик в фармации // Разработка и регистрация лекарственных средств 2016. №1. С. 106–117.
6. Критерий приемлемости минимально допустимого числа таблеток для расчета результатов количественного определения. / Леонтьев Д.А., Гризодуб А.И., Воловик Н.В., Петрус В.В. // Научный форум: Медицина, биология и химия 2018. №1. С. 72–78.

Разработка рецептуры геля из ксантановой камеди с добавлением лидокаина, экстрактов ромашки и прополиса

Киба А. В., студ. 2 курса

Науч. рук. – Фокина А. И., канд. биол. наук, доц.

*Вятский государственный университет, г. Киров
kiba.ana@yandex.ru*

В статье представлен опыт разработки состава и технологии получения антисептического геля из ксантановой камеди с добавлением лидокаина и спиртовых экстрактов ромашки аптечной, прополиса. Определены наиболее перспективные составы, сочетающие максимальный выход из геля лидокаина, полифенолов и оптимальные ощущения при нанесении гелевой композиции на кожу рук. Выявлена зависимость выхода лидокаина и полифенолов из гелей от состава гелевых композиций.

В настоящее время антисептические гели для рук занимают видное место в арсенале гигиенических средств [1]. Общие недостатки известных и используемых в современной санитарии антисептических средств: разрушают верхний жировой слой эпидермиса, способны вызывать аллергию и приводят к развитию резистентности микроорганизмов [4, 5]. Эффективное действие лекарственных растений обусловлено наличием в составе фармакологически активных веществ, оказывающих антисептическое, питающее, антиоксидантное действие на кожу [4, 6]. К числу основных действующих веществ относятся флавоноиды, полифенолы, эфирные масла и другие [6, 7]. Преимущество применения экстрактов растений обусловлено тем, что биологически активные вещества растений обладают большей биодоступностью и минимальной токсичностью [1, 3, 8, 9]. Актуальным является разработка геля с использованием экстрактов растительного сырья отечественного произрастания, которые являлись бы доступными и с достаточной сырьевой базой. Однако в литературе мало данных о влиянии состава геля из ксантановой камеди с добавлением лидокаина и натуральных компонентов на его физико-химические свойства.

Цель работы – разработка составов антисептических гелей на основе ксантановой камеди с лидокаином и спиртовыми экстрактами ромашки аптечной и прополиса, изучение их свойств.

Гель – мягкая лекарственная форма вязкой консистенции, состоящая из лекарственных веществ и основы, предназначенная для местного применения, представляющая собой дисперсную систему с жидкой дисперсной средой [2, 10, 11]. Отличительное свойство гелей – не закупоривают поры кожи, быстро и равномерно распределяются [11]. Имеют высокий выход продукта, не требуют сложного технологического оборудования при изготовлении, что способствует относительно низкой себестоимости продукта [2].

При проведении патентного поиска были обнаружены сведения об аналогах. На основании патентов РФ 2523560 и РФ 2342923, в которых были использованы эфирные масла или экстракты лекарственных растений, были приготовлены гелевые композиции составов, приведенных в таблице.

Состав гелевых композиций на основе прополиса и ромашки аптечной, на 100 г образца

Компонент	Номер образца	1	2	3
		Содержание, %		
Спирт этиловый 96%		68,0–68,1		
Глицерин в геле с прополисом / глицерин в геле с ромашкой		0,0 / 1,0–1,1		
Спиртовой экстракт прополиса / ромашки аптечной		0,01–0,03 / 0,01–0,03		
Лидокаин		1,9–2,0		
Ксантановая камедь		1,0	2,5	5,0
Вода дистиллированная		До 100		

В качестве гелеобразователя использована ксантановая камедь – природное химическое соединение, пищевая добавка E415. По химической природе ксантановая камедь представляет собой полисахарид. Она является сильным загустителем и ее действие не зависит от механического воздействия, нагрева, действия кислот и солей [12].

Реологические свойства. Гелевые композиции по внешним показателям похожи: цвет, запах. Отличительными особенностями являются консистенция, намазываемость и ощущения при нанесении на кожу: гели на основе ромашки и глицерина более жидкие, но плотные по текстуре при нанесении на кожу, с эффектом увлажнения.

Биодоступность. У приготовленных гелевых композиций была изучена биодоступность полифенольных соединений и лидокаина по методу Кривчинского [13], диализной средой служил 0,9% раствор хлорида натрия, объем которого 50 мл. Концентрацию полифенолов в диализной среде определяли на спектрофотометре при длине волны 765 нм с помощью градуировочного графика с реактивом Фолина-Чокальтеу [13], концентрацию лидокаина при 262 нм. Изучали концентрации в диализной камере через 45 и 120 минут. Данные выхода биологически активных веществ (полифенолов и лидокаина) из приготовленных гелевых композиций были сравнены с выходом биологически активных веществ из препарата «Камистад» (Германия), в составе которого содержание лидокаина 2% и спиртовой экстракт ромашки. В качестве загустителя в «Камистад» используется карбомер (загуститель синтетического происхождения, который по отзывам может вызывать аллергические реакции и не разрушается в окружающей среде). В данной работе в качестве загустителя использована ксантановая камедь. По химической природе ксантановая камедь полисахарид. В настоящее время в литературе мало информации о взаимодействии фенольных соединений с полисахаридами. Большая часть данных основывается на том, что механизм взаимодействия включает гидрофобное взаимодействие и образование водородных связей. Размеры молекул и подвижность фенольных соединений являются важными факторами, влияющими на силу их взаимодействия с полисахаридами. Связывание фенольных соединений с полисахаридами может оказывать значительное влияние на биодоступность природных фенолов [14].

Установлено, что с увеличением продолжительности опыта *выход полифенолов* из образцов, содержащих прополис и из препарата «Камистад» увеличивается, а с образцами, содержащими ромашку аптечную, имеет различный характер: 1% ксантановой камеди – не изменяется, 2,5 и 5,0% – уменьшается (рис. 1). При этом значения выхода полифенолов из гелевых композиций с 2,5 и 5,0% содержанием ксантановой камеди не превышают значения выхода полифенолов из «Камистада». Наибольший выход полифенолов из гелей, с содержанием ксантановой камеди равным 1% в обеих сериях эксперимента, что может быть связано с достаточно жидкой консистенцией гелей по сравнению с остальными и, как следствие, большим выходом полифенолов в диализную среду.

Таким образом, картинка результатов исследования выхода полифенолов из гелей с экстрактом прополиса достаточно равномерная и динамика согласуется с «Камистад», результаты исследования аналогичного показателя для гелей с ромашкой аптечной разнолики и не поддаются общей закономерности.

Данное явление объяснимо разницей состава – образцы на основе ромашки имели в составе глицерин. Известно, что при достаточно высоком молекулярном весе полимера или высокой степени его кристалличности, прямое растворение полимера с получением высоковязкого раствора зачастую проблематично. Выходом из данной ситуации может стать использование сорастворителя, способного либо к комплексообразованию с полимером, либо являющегося бифункциональным и способным к образованию «мостичной» связи между макромолекулами. В результате такого «сшивания», макромолекулы лишаются кинетической самостоятельности. В нашей работе в качестве сорастворителя был использован глицерин. В целом, по выходу полифенолов все исследуемые гели достаточно схожи, колебания концентрации анализа в диализной среде составили от (3,5 до 4,7) * 10⁻³ мг/мл.

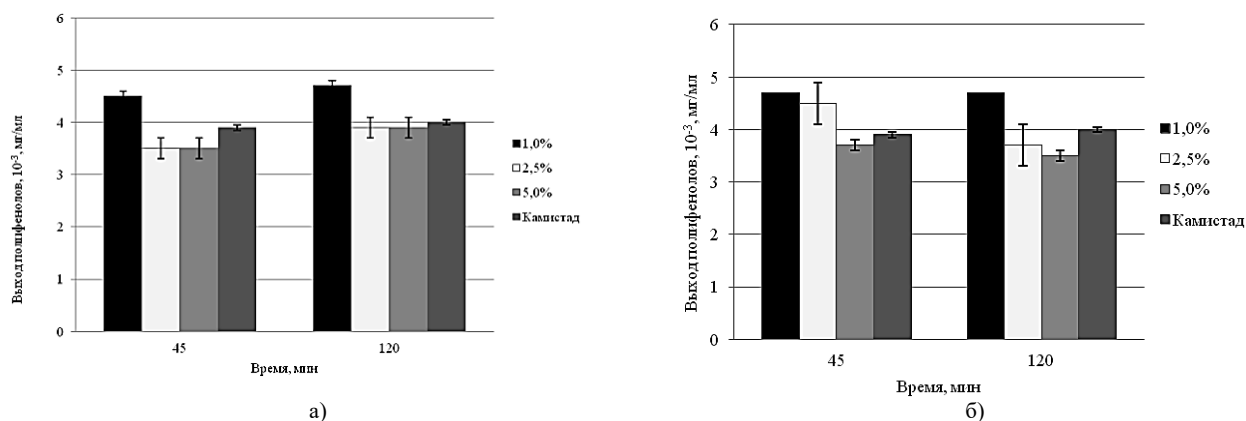


Рис. 1. Динамика выхода полифенолов: а) образцы на основе прополиса; б) образцы на основе ромашки

С увеличением времени *выход лидокаина* из образцов увеличивается, в то время, как выход лидокаина у препарата «Камистад» уменьшается (рис. 2). Среди образцов наибольший выход лидокаина обнаружен в образцах из 5%-ного геля ксантановой камеди.

В образцах на основе экстракта прополиса выход лидокаина не превышает значения выхода лидокаина «Камистада», а у образцов на основе экстракта ромашки наблюдается обратное – превышает на 5,4–5,5%. Вероятно, наличие в составе глицерина способствует увеличению выхода лидокаина. Глицерин проявляет кислотные свойства по отношению к лидокаину, как к хлористоводородной соли амидного типа, то есть подкисляет его, что способствует увеличению выхода лидокаина из гелевых композиций. Кроме того, аналогично тому, какая равномерная была закономерность выхода из гелей с прополисом по сравнению с гелями с ромашкой, такая же скачкообразная картинка результатов выхода лидокаина. Скорее всего, как и с полифенолами, это объясняется созданием более плотной структуры геля за счет добавления глицерина.

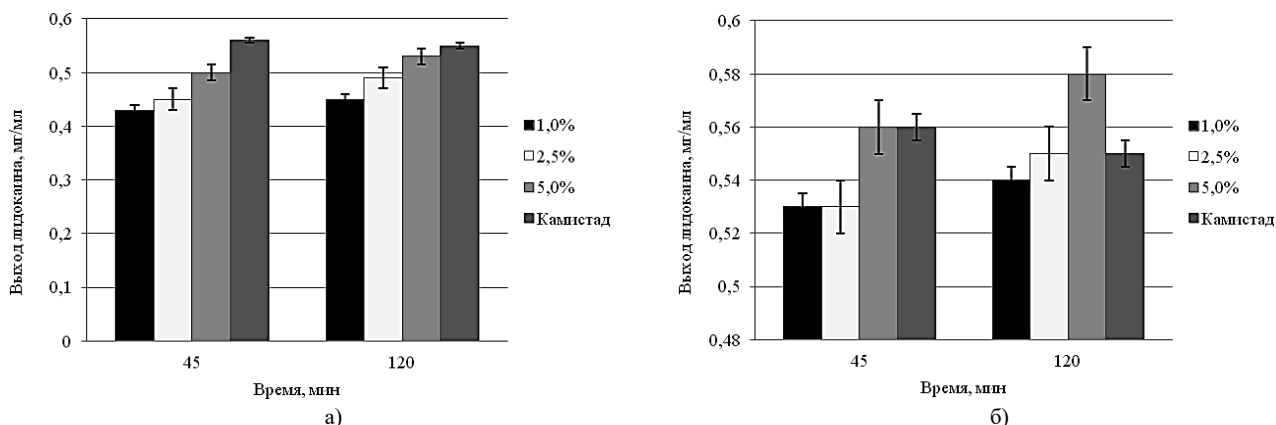


Рис. 2. Динамика выхода лидокаина: а) образцы на основе прополиса; б) образцы на основе ромашки

Таким образом, установлено, что использование гелей из ксантановой камеди обеспечивает доступность полифенолов из 1% композиции более, чем из препарата «Камистад», в сериях с прополисом и ромашкой. Однако, сопоставимый и больший выход лидокаина достигается из 5% композиций. Добавление в композиции глицерина приводит к более неравномерному выходу, но повышает выход активных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васфилова Е. С. Дикорастущие лекарственные растения Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 204 с.
2. Марченко Л. Г., Русак А. В., Смехова И. Е. Технология мягких лекарственных форм. СПб.: Спец. лит., 2004. 22–33 с.
3. Пучкова Т. В. Энциклопедия ингредиентов для косметики и парфюмерии. М.: Школа косметических химиков, 2015. 408 с.
4. Рычагов Г. П. Общая хирургия : в 2 т. Минск : Вышэйшая школа, 2008. 1 т.
5. Билич Г. И., Назарова Л. А. Медицинская популярная энциклопедия. Человек и здоровье. М.: Вече, 1998. 753 с.
6. Селен в лекарственных растениях Хабаровского края / Н. Ф. Ключникова, А. Н. Голубкина, О. А. Сенькевич, П. Ф. Ключникова // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2009. № 4. С. 37–40.
7. Терехин А. А., Вандышев В. В. Технология возделывания лекарственных растений. М.: РУДН, 2008. 201 с.
8. Пашина Г. В. Растения и красота. Минск: Ураджай, 1995. 351 с.
9. Лекарственные растения / Н. И. Гринкевич и др. М.: Высшая школа, 1991. 396 с.

10. Бойченко Н. Б., Колесников В. А. Мягкие лекарственные формы. Технология приготовления и особенности прописи рецептов. Красноярск: КГАУ, 2016. 34 с.

11. Швайко Е. С. Лекарственная форма гель в современной фармацевтической терминологии // Теория и практика профессионально ориентированного обучения иностранным языкам : материалы XI междунар. науч.-практ. конф. Минск, 2018. С. 235–237.

12. Никифорова Т. А., Меледина Т. В. Органические продукты и пищевые добавки для их производства. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2012. 78 с.

13. ГОСТ 55488-2013 Прополис. Метод определения полифенолов. М.: Изд-во стандартов, 2014. 3 с

14. Природные фенольные антиоксиданты в биоаналитической химии: состояние проблемы и перспективы развития / Г.К. Зиятдинова, Г.К. Будников // Успехи химии. 2014. N 84. С. 203–204.

Исследование влияния состава торфсмеси на содержание биологически активных веществ в мелisse лекарственной

Кислицына Е. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Фокина А. И., канд. биол. наук, доц.

Вятский государственный университет, г. Киров
elenakislicyna83863@gmail.com

В настоящее время актуально создание растительного сырья, богатого на биологически активные вещества (БАВ). Препараты на основе лекарственных растений обладают большей популярностью среди населения, чем синтетические. Одним из фармакопейных лекарственных растений является мелisse лекарственная [1].

Мелisse лекарственная (*Melissa officinalis*) – многолетнее травянистое эфиромасличное растение семейства Яснотковые. Цветки мелиссы имеют ярко выраженный лимонный аромат из-за веществ эфирного масла, характерных для ее семейства. Основными компонентами эфирного масла мелиссы являются гераниол (27,20%) и цитронеллол (36,71%) [1-4]. Помимо аромата, привлекающего пчел, данные вещества придают препаратам на основе мелиссы седативный эффект. Также по литературным данным в мелиссе содержатся следующие БАВ: линолевая и пальмитиновая кислоты, обладающие противовоспалительным и капилляроукрепляющим действиями; фенольные соединения (розмариновая кислота – не менее 1%, придает антиоксидантные, антимикробные и противовирусные свойства). Мелisse широко используется людьми как в народной медицине (настои, чай, отвары), так и в фармацевтической промышленности [1].

Изучено влияние многих условий выращивания на содержание БАВ: освещенность, влажность грунта, добавка минеральных удобрений, климатические условия произрастания, присутствие фитопатогенов в грунте, использование гидропоники как субстрата для выращивания [5–8]. Распространенными и доступными природными компонентами для создания субстрата являются торф, почва, песок. Их совместное использование позволяет исключить негативные последствия выращивания растений на торфе как самостоятельном субстрате [9]. Влияние количественного соотношения компонентов на содержание БАВ не изучено.

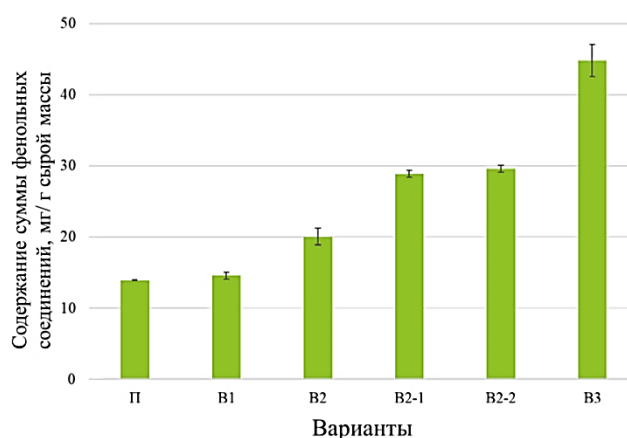


Рис. 1. Содержание суммы фенольных соединений в листьях растений, мг/г сырой массы

Поэтому целью исследования стало изучить влияние количественного соотношения компонентов субстрата для выращивания (песок, низинный торф, дерново-подзолистая супесчаная почва) и минерального

удобрения «SORAL УНИВЕРСАЛ – 18:18:18+3MgO+MЭ» на содержание антиоксидантов, фенольных соединений в мелиссе лекарственной.

Мелиссу сорта «Лимонный аромат» выращивали 2 месяца при температуре 22°C и освещением фитолампой со светопериодом 12ч/12ч. Варианты торфсмеси (указаны массовые части): В1 – 1 часть почвы+1 часть песка+3 части торфа, В2 – 1 часть почвы+2 части песка+2 части торфа, В3 – 1 часть почвы+3 части песка+1 часть торфа. В ходе предварительных испытаний было выявлено, что растения лучше растут на торфсмеси состава В2, поэтому дополнительно для изучения влияния добавки минерального удобрения были заложены В2-1 и В2-2. Количественное соотношение компонентов то же, что в В2, добавлены 1 мл минерального удобрения концентрацией 1г/л и 2 г/л соответственно. В качестве контроля использовали торф и почву. Почва использована дерново-подзолистая (агрохимические характеристики: рН = (6,2±0,1), Р(Р₂О₅) = (32±8) мг/100 г, органическое вещество = (1,64±0,33) %), торф – низинный. Повторность эксперимента трехкратная.

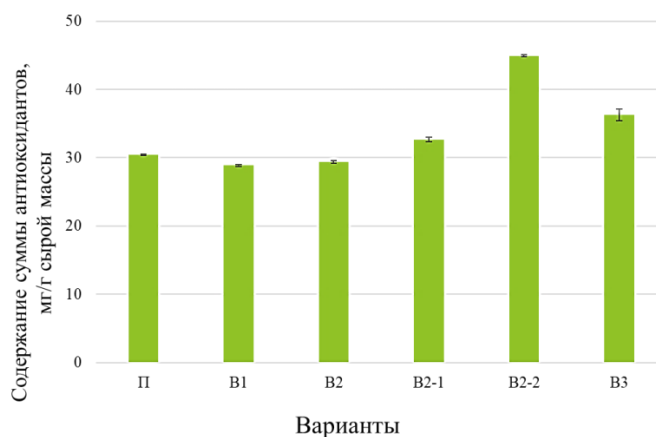


Рис. 2. Содержание суммы антиоксидантов в листьях растений, мг/г сырой массы

Для определения фенольных соединений (ФС) использовали спектрофотометрический метод, основанный на реакции полифенолов с реактивом Фолина-Чокальтеу [10], антиоксидантов – метод титриметрии, основанный на окислении антиоксидантов перманганатом калия [11].

В результате исследований было установлено, что на содержание в образцах фенольных соединений и антиоксидантов благоприятно влияли торфсмеси состава В3, В2, В2-1, В2-2 (рис.1, рис. 2). Наибольшее накопление ФС было в образцах, выращенных на В3, – 44,8±2,2 мг/г. Антиоксидантов в образцах этого варианта также накопилось больше, чем на почве, – 36,28±0,90 мг/г. Больше только в В2-2 – 44,94±0,14 мг/г. В ходе эксперимента удалось установить, что добавка минерального удобрения и состав торфсмесей В2 и В3 позволяют накопить максимальное содержание ФС и антиоксидантов в листьях мелисы лекарственной за 2 месяца выращивания, поэтому можно рекомендовать данные составы как оптимальные для мелиссы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева А. В., Музур Л. И., Куркин В. А. Исторический опыт и перспективы использования сырья мелиссы лекарственной в медицине // Педиатрия. 2011. Т. 90. №1. С. 90–94.
2. Ивойлов А. В., Хапугин И. А. Влияние условий выращивания и способов использования *melissa officinalis* L. на некоторые ее биологические особенности и морфометрические показатели // Вестник АГАУ. 2020. №10 (192). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-usloviy-vyraschivaniya-i-sposobov-ispolzovaniya-melissa-officinalis-l-na-nekotorye-ee-biologicheskie-osobennosti-i> (дата обращения: 21.04.2023).
3. Кароматов И. Д., Музаффаров Х. А. Мелисса лекарственная – химический состав, применение в древней, современной народной и научной медицине // Биология и интегративная медицина. 2021. №3 (50). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/melissa-lekarstvennaya-himicheskii-sostav-primenenie-v-drevney-sovremennoy-narodnoy-i-nauchnoy-meditsine> (дата обращения: 21.04.2023).
4. Ефремов А. А., Зыкова И. Д., Горбачев А. Е. Компонентный состав эфирного масла мелиссы лекарственной окрестностей Красноярск по данным хромато-масс-спектрометрии // Химия растительного сырья. 2015. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/komponentnyy-sostav-efirnogo-masla-melissy-lekarstvennoy-okrestnostey-krasnoyarska-po-dannym-hromato-mass-spektrometrii> (дата обращения: 21.04.2023).
5. Влияние минеральных удобрений на морфометрические показатели мелиссы лекарственной в условиях юга нечерноземной зоны / И.А. Хапугин // Аграрный научный журнал. 2020. №10. С. 45–48.
6. Определение фенольных соединений в растениях семейства Яснотковых / Милевская В.В., Темердашев З.А., Бутыльская Т.С., Киселева Н.В // Журнал аналитической химии. 2017. Т 72. № 3. С. 273–279.
7. Кислицына Е. А., Гущина П. И., Фокина А. И. Влияние условий выращивания на содержание фенольных соединений в мелиссе лекарственной / Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 26–27 апреля, 2022 г.). Киров: ВятГУ, 2022. С. 238–242.

8. Беспалько Л. В., Пинчук Е. В., Ушакова И. Т. Мелисса лекарственная (*Melissa officinalis* L.) – ценная пряно-ароматическая культура // Овощи России. 2019 г. С. 57–61.

9. Миронов В. А., Горячев В. И., Зюзин Б. Ф. Торф в повышении плодородия почв // Труды Инсторфа. 2014. №10 (63). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/torf-v-povyshenii-plodorodiya-pochv> (дата обращения: 21.04.2023).

10. ГОСТ Р 55488-2013 Метод определения полифенолов.

11. Максимова Т. В., Никулина И. Н., Пахомов В. П., Шкарина Е. И., Чумакова З. В., Арзамасцев А. П. Способ определения антиокислительной активности. Пат. № 2000111126/14. Дата публикации: 20.07.2001.

Влияние водорода как газа-носителя на непредельные органические соединения в масс-спектрометрическом детекторе

Князев Д. А., студ. 5 курса

Науч. рук. – Петухова Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
knyazevdan@gmail.com

Метод газовой хроматографии представляет собою оптимальный метод анализа смеси газов, жидкостей и растворов твердых веществ, переходящих при нагревании в парообразное состояние без разложения [1]. В свою очередь, масс-спектрометрия – наиболее быстрый, чувствительный и информативный метод анализа химических и биологических соединений любой сложности: от химических элементов до биополимеров (белки, сахара, нуклеиновые кислоты) [2]. Сочетание этих двух методов позволяет повысить достоверность получаемых результатов. Газовая хроматография-масс-спектрометрия (ГХ-МС) – метод количественного и качественного анализа широкого круга соединений. Данный метод открывает большие перспективы во многих областях, таких как токсикология, медицина, промышленность, он является комбинацией двух мощных аналитических инструментов: газовой хроматографии, обеспечивающей высокоэффективное разделение компонентов сложных смесей в газовой фазе, и масс-спектрометрии, позволяющей идентифицировать как известные, так и неизвестные компоненты смеси [3].

В газовой хромато-масс-спектрометрии определяемые вещества испаряют и пропускают через колонку при помощи газа, который не взаимодействует с веществами и выступает только в роли их переносчика, поэтому, применяя метод газовой хроматографии, подвижную фазу обычно называют газом-носителем. При выборе газа-носителя следует учитывать, что природа газа-носителя оказывает влияние и на характеристики разделения компонентов анализируемой смеси в хроматографической колонке, и на параметры работы детектора [1].

В практике газовой хроматографии в качестве газа-носителя чаще всего используются индивидуальные газы и смеси газообразных соединений: азот, водород, гелий, аргон, углекислый газ, воздух. Преимущество замены газа-носителя с гелия на водород состоит в том, что это может значительно повысить эффективность разделительной колонки газового хроматографа в широком диапазоне скоростей, улучшить пропускную способность и снизить эксплуатационные расходы. Увеличение пропускной способности без потери разрешения является особенно привлекательной стороной от использования водорода в качестве газа-носителя. Это может во многом относиться к контрактным лабораториям, для которых снижение накладных расходов и быстрое получение результатов хроматографии может значительно увеличить их прибыль [4].

Целью работы является изучение влияния водорода, как газа-носителя, на непредельные органические соединения в масс-спектрометрическом детекторе. Материалами для исследования были результаты проведения серий анализов тестовой пробы шести разных концентраций. Детектором для газовой хроматографии выбран масс-селективный детектор (МСД), так как масс-спектрометр рассматривается как отличный детектор для газовой хроматографии. Полученные с его помощью спектры дают такую информацию о качественном составе пробы, которую не могут дать иные газохроматографические детекторы.

Процесс подготовки оборудования к работе заключается в проверке тока утечки, а также сопротивления корпуса прибора. Только после установления факта отсутствия отклонения данных показателей от нормы приступают к установке оборудования. После настройки конфигурации прибора необходимо провести проверку герметичности, которая дает возможность добиться воспроизводимости результатов, а также почти полностью убирает ошибку при настройке деления потока. При выполнении экспериментальной части было выполнено несколько серий анализов при разной конфигурации МСД необходимых для построения градуировочных графиков. Первая градуировка была выполнена на гелии, и была использована в качестве контрольного образца. Далее было проведено несколько серий анализов на водороде.

Каждая из серий была выполнена при разной конфигурации строения прибора. Это требовалось для обнаружения зависимости полученных результатов от наличия инертных частей внутри системы. Все серии анализов были выполнены при одинаковом режиме работы хроматографического комплекса.

Условия проведения анализа:

- температура термостата колонок, °С: (40; 5)(10; 250; 5);
- режим ввода пробы: с делением;
- деление потока: 20;
- температура, °С: 250,0;
- колонка – 1;
- режим газа-носителя: постоянная скорость;
- скорость, см/с: 30,000.

Масс-селективный детектор:

- температура источника ионов, °С = 225;
- температура переходной линии, °С = 220;
- тип ионизации = Электронная ионизация.

Таблица 1

Результаты исследования

Компонент	Контрольная Градуировка	№1	№2	№3
(Z)-1,2-Дихлорэтилен	–	0,99967	0,98814	0,98846
(E)-1,3-Дихлорпропен	0,99902	0,99556	0,98954	0,99566
(Z)-1,3-Дихлорпропен	0,99938	0,99005	0,99208	0,93666
4-Метилтиазол	0,99914	0,99479	0,98768	0,99455
α -Пинен	0,99940	0,99952	0,99378	0,99677
Анилин	–	0,99454	0,99702	0,99660
Бензотиазол	0,99938	0,99446	0,98101	0,99309
Винилацетат	0,99887	0,97015	0,92788	0,94889
Гексен-1	0,99929	0,99969	0,99163	0,99857
Инден	0,99957	0,99981	0,99281	0,99624
Кротоновый альдегид	0,99862	0,98825	0,97787	0,98305
Нитробензол	0,99869	0,99524	0,97573	0,99007
Стирол	0,99914	0,99972	0,99283	0,99764
Тетрахлорэтилен	0,99950	0,99976	0,99433	0,99696
Тиофен	0,99877	0,99972	0,99505	0,99672

В качестве аналитической пробы с концентрацией 100 ppm использовали смесь, приготовленную из нескольких органических соединений. Состав аналитической смеси был следующий: (Z)-1,2-дихлорэтилен, (E)-1,3-дихлорпропен, (Z)-1,3-дихлорпропен, 4-метилтиазол, α -пинен, бензотиазол, винилацетат, гексен-1, инден, кротоновый альдегид, нитробензол, стирола, тетрачлорэтилен, тиофен. Также были приготовлены смеси с меньшими концентрациями 10 ppm, 1 ppm, 100 ppb, 10 ppb и 1 ppb.

По результатам выполнения эксперимента было получено несколько графиков градуировочной зависимости (табл. 1).

Параметром точности полученного результата был выбран коэффициент детерминации (R^2). Стандартом для данного параметра было выбрано значение R^2 равное или большее 0,999. Но из-за того, что некоторые компоненты смеси не имели высокой степени очистки, в контрольной градуировке было выявлено отклонение в меньшую сторону по коэффициенту детерминации.

Исходя из данных, полученных в ходе проведения серий анализов тестовой пробы, было определено, что наиболее точно разделение компонентов и наименьшее воздействие водорода на анализируемые вещества происходит при полной замене неинертных компонентов на их инертные версии. Данное улучшение качества анализа происходит путем ликвидации каталитических центров на пути анализируемого вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Илларионова Е. А. Газовая хроматография. Теоретические основы метода: учебное пособие / Е. А. Илларионова, И. П. Сыроватский. Иркутск: ИГМУ, 2018. 52 с.
2. Бурилов В. А. Газовая хроматомасс-спектрометрия. Пособие для студентов Химического института им. А.М. Бутлерова / В.А. Бурилов, И.С. Антипин. Казань: Казанский федеральный университет, 2011. 20 с.
3. Гладилович В. Д. Возможности применения метода ГХ-МС (обзор) / В. Д. Гладилович, Е. П. Подольская // Научное приборостроение. 2010. Т. 20, № 4. С. 36–49.

4. Caixach J., Rivera J., Galceran M. T., Santos F. J. Homologue distributions of polychlorinated terphenyls by high-resolution gas chromatography and high-resolution mass spectrometry // J. Chromatogr. A. 1994. V. 675. P. 205–211.

Исследование таутомеризации С-нитроимидазо[4,5-е]бензо[1,2-с;3,4-с']дифуроксана методами квантовой химии

Кобякова М. Е., Кудрявцев Т. А., Белоусов С. Ю., Колесов В. И.

Курский государственный университет, г. Курск
e-mail: kobyakova.masha@inbox.ru

Пользуясь методами квантовой химии, были рассчитаны значения относительной термодинамической устойчивости таутомерных форм С-нитроимидазо[4,5-е]бензо[1,2-с;3,4-с']дифуроксана [1] и активационных барьеров их реакций таутомеризации в газовой фазе. Расчеты были проведены в программе Gaussian90 методом функционала плотности волн в аппроксимации B3LYP базисе 6-311G**++ . Таутомеризация исследуемого соединения может протекать по двум путям: с образованием динитрозо-интермедиатов, а также с одновременным раскрытием фуроксанового цикла и образованием новой N-O связи [2].

На схеме представлены пути таутомеризации С-нитроимидазо[4,5-е]бензо[1,2-с;3,4-с']дифуроксана:

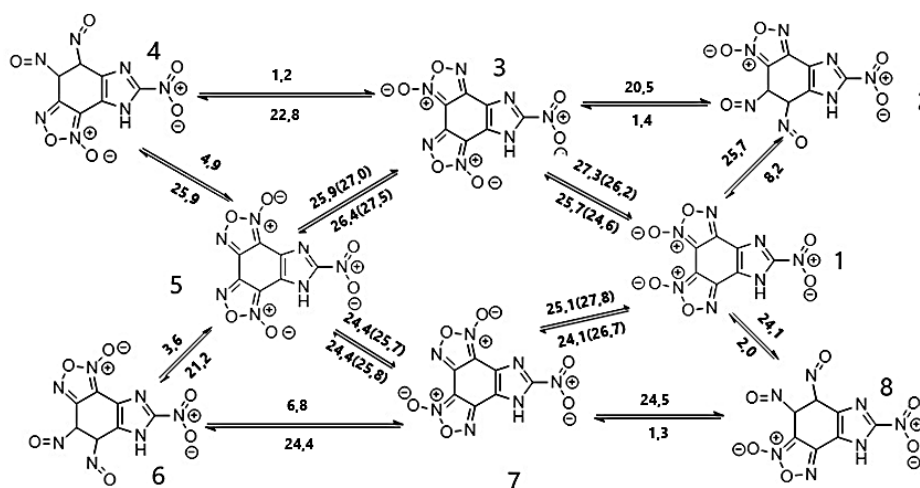


Рис. 1. Схема таутомеризации С-нитроимидазо[4,5-е]бензо[1,2-с;3,4-с']дифуроксана

Для представленных таутомерных форм 1–8 в таблице приведены значения относительной термодинамической устойчивости (ΔG), рассчитанных для газовой фазы:

Таблица 1

Значения относительной термодинамической устойчивости (ΔG) С-нитроимидазо[4,5-е]бензо[1,2-с;3,4-с']дифуроксана в газовой фазе

№ структуры	ΔG , ккал/моль
3	0,0
7	0,51
5	0,54
1	1,60
6	18,11
2	19,11
4	21,59
8	23,71

Сравнивая значения, получившиеся для нитрозо-форм, с тем же параметром для молекул с закрытым циклом наблюдаем значительную разницу. Разница, в среднем, 20 ккал/моль свидетельствует о меньшей устойчивости динитрозо-интермедиатов, которые за 10^{-4} [3] с переходят в формы с закрытым циклом. Установив разницу 3 таутомера с формами 1, 5, 7, наблюдаем различие в 0,51–1,60 ккал/моль, таким образом, наиболее термодинамически устойчивой формой является 3.

Рассматривая результаты рассчитанных активационных барьеров реакций, также делаем вывод о большей устойчивости формы **3**.

Значения активационных барьеров, характеризующие переходы из динитрозо-интермедиатов в формы с закрытым фуроксановым кольцом, являются самыми низкими, что свидетельствует о быстром переходе и меньшей стабильности нитрозо-форм. Рассматривая переходы **2_3** и **4_3**, наблюдаются значения 1,4 и 1,2 ккал/моль соответственно, являющиеся наименьшими. Переходам **1_3** и **5_3** соответствуют значения активационных барьеров 24,6 и 25,9 ккал/моль, являясь также наименьшими по сравнению со значениями для других процессов таутомеризации. Таким образом, кинетически наиболее доступные переходы приводят к образованию таутомера **3**. Значение активационного барьера для перехода **1-3** при образовании промежуточного нитрозо-соединения составляет 25,7 ккал/моль, когда как для процесса прямой таутомеризации 24,6 ккал/моль. С разницей в 1,1 ккал/моль устанавливаем, что наиболее предпочтительным путем таутомеризации для перехода **1-3** является процесс, проходящий без образования динитрозо-интермедиата. Такая же зависимость наблюдается и при обратном переходе **3-1**. Рассматривая переход **3-5**, наблюдаем меньшее значение активационного барьера в процессе образования промежуточного соединения с раскрытым циклом 26,4 ккал/моль в сравнении с прямой таутомеризацией 27,5 ккал/моль, разница составляет 1,1 ккал/моль. Для переходов **5-7** и **7-1** также предпочтителен процесс таутомеризации с образованием динитрозо-интермедиата, разница с прямым процессом составляет 1,3 и 2,7 ккал/моль. Переходам **1-7**, **7-5**, **5-3** предпочтительным путем таутомеризации также является процесс образования промежуточного соединения.

Представленные выводы о переходах одних таутомерных форм в другие можно представить графически зависимостью значений термодинамической устойчивости таутомерных форм от координат реакции:



Рис. 2. Зависимость значений термодинамической устойчивости таутомерных форм от координат реакции

Рассматривая термодинамическую устойчивость таутомерных форм, отмечаем меньшую стабильность динитрозо-интермедиатов по сравнению с соединениями с закрытым циклом. Наиболее энергетически выгодной формой выявляем **3** с разницей в значениях в среднем 0,51 ккал/моль. В соответствие представленным результатам расчета энергии активации реакций таутомеризации можно сделать вывод о том, что наиболее предпочтительными являются переходы, ведущие к образованию таутомера **3**. Рассматривая переходы одних таутомерных форм в другие, отмечаем предпочтительность образования нитрозо-соединения в ходе протекания процесса таутомеризации. Однако, переходу **1-3** соответствует обратная зависимость.

Ранее проводился расчет термодинамической устойчивости таутомерных форм исходного имидазо[4,5-е]бензо[1,2-с;3,4-с']дифуроксана, а также энергии активации реакций таутомеризации [4]. Полученные нами данные сопоставимы с уже установленными значениями для исходного соединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2700931 Российская Федерация, МПК C07D 498/14(2006.01). Способ получения С-нитроимидазо[4,5-е]бензо[1,2-с;3,4-с']дифуроксана: № 2019105933: заявл. 2019.03.03: опубл. 2019.09.24 / В.Л. Королев, Н. Л. Меркулова, В.М. Даниленко, Т.С. Пивина, Д.С. Лоторев, Т.Н. Кудрявцева; заявитель КГУ. – 5 с.: ил. – Текст: непосредственный
2. Stevens J., Schweizer M., Rauhut G. Benzofuroxan and Furoxan. Chemistry and Biology. «Top Heterocycl Chem». 2007. С. 123.
3. Хмельницкий Л. И., Новиков С. С., Годовикова Т. И. Химия фуороксанов: Реакции и применение. М., «Наука». – Москва : Время, 1996. – С. 372. – Текст: непосредственный
4. Merkulova N., Nesterov I., Korolev V., Danilenko V., Pivina T. The tautomerism of imidazo[4,5-e]benzo[1,2-c, 3,4-c]difuroxans // Journal of Computational Chemistry. 2020. С.14.

Качественный и количественный состав полифенолов облепихи крушиновидной и аронии черноплодной

Коновалова Д. В., Соловьева А. Ю., студ. 3 курса

Науч. рук. – Товстик Е. В., канд. биол. наук, доц.

Вятский государственный университет, г. Киров
dasha.kon.060203@gmail.com

Водные извлечения из плодов/листьев облепихи крушиновидной и аронии черноплодной были исследованы на качественный состав полифенольных веществ, содержание дубильных веществ методом Левенталя. Среди прочих полифенолов кумарины были обнаружены только в плодах исследуемых растительных видов, антоцианы – в листьях облепихи крушиновидной и плодах аронии черноплодной, ауруны – в плодах облепихи крушиновидной и плодах/листьях аронии черноплодной, агликоны и гликозиды – в листьях облепихи крушиновидной и плодах/листьях аронии черноплодной. Более широкий спектр полифенолов по данным качественного анализа установлен в плодах/листьях аронии черноплодной. Содержание дубильных веществ в плодах/листьях облепихи крушиновидной и аронии черноплодной составило 0,91% / 6,65% и 2,41% / 2,33% соответственно. Растительные экстракты являются сырьем для получения лекарственных препаратов, содержащих биологически активные вещества, в том числе полифенолы [1, 2]. Одной из характерных особенностей полифенолов является широкий спектр биологического действия: иммуностимулирующий, противоопухолевый, гепато-протекторный, противоаллергический и противовирусный [3]. Одним из примеров полифенольных соединений, способных образовывать прочные связи с белками и алкалоидами, являются дубильные вещества (ДВ). За счет вяжущих, противовоспалительных, бактерицидных и кровоостанавливающих действий, ДВ применяются как компоненты лекарственных средств [4]. В медицине ДВ используются в терапии стоматита, гингивита, фарингита, ангины, дизентерии, применяют их и при ожогах, маточных, желудочных и геморроидальных кровотечениях. Широта медицинского применения делает эту группу биологически активных веществ интересной для поиска и изучения новых источников сырья, содержащего ДВ [5].

Цель работы – сравнительная оценка качественного и количественного состава полифенольных веществ в плодах/листьях облепихи крушиновидной и аронии черноплодной.

В работе использовали водные экстракты из плодов/листьев. Для этого высушенное и измельченное растительное сырье (плоды и листья) пропускали через сито с диаметром отверстий 0,5 мм. К 5,00 г полученного сырья добавляли 100 см³ дистиллированной воды (1:20), экстрагировали на кипящей водяной бане в течение 30 мин, с последующим выдерживанием при комнатной температуре в течение 15 мин. Полученный экстракт фильтровали в мерную колбу вместимостью 100 см³ и доводили дистиллированной водой до метки.

Анализ экстрактов включал исследование качественного и количественного состава полифенолов. С этой целью проводили серию качественных реакций по идентификации полифенолов. Цианидиновая проба – флаванолы, флавоны и флаваноны. Проба Брианта – агликоны и гликозиды флаваноидов. Реакция с 10%-ым раствором аммиака – халконы, ауруны, флаванолы, флавоны и антоцианы. Проба с 1%-ым раствором ацетата свинца – флавоны, халконы и антоцианы. Лактонная проба и реакция азотосочетания – кумарины. Содержание ДВ определяли перманганатометрическим методом. Метод определения основан на реакции окисления дубильных веществ с раствором индигосульфокислоты перманганатом калия. Результаты качественного анализа позволили идентифицировать в исследуемом сырье различные классы полифенолов (табл.).

Таблица

Качественный состав полифенольных веществ в растительном сырье

Растительный вид	Сырье	Флаванолы	Флавоны	Флаваноны	Агликоны	Гликозиды	Халконы	Ауруны	Кумарины	Антоцианы
Облепиха крушиновидная	листья	+	+	+	+	+	+	-	-	+
	плоды	+	+	+	-	-	+	+	+	-
Арония черноплодная	листья	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	плоды	+	+	+	+	+	+	+	-	+

Примечание: «+» означает положительную реакцию; «-» – реакция отрицательная.

В результате количественного анализа было установлено, что в плодах аронии черноплодной и листьях облепихи крушиновидной содержание ДВ в 2,6 и 2,9 раз выше, чем в плодах облепихи и листьях аронии черноплодной соответственно (рис.).

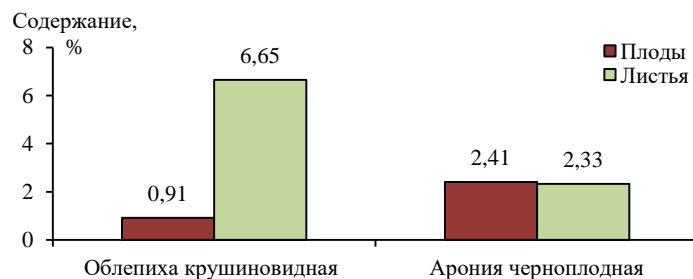


Рис. Содержание дубильных веществ в растительном сырье

Таким образом, по данным проведенных исследований было установлено, что содержание ДВ в листьях облепихи выше, чем в плодах аронии черноплодной. Во всех экстрактах выявлены флаванолы, флавоны, флаваноны, агликоны, гликозиды и халконы. Качественный и количественный состав полифенолов, содержащихся в экстрактах растений позволяет сделать заключение, что данное растительное сырье перспективно в качестве источника БАВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири / А.В. Киселева, Т.А. Волхонская, В.Е. Киселев. Новосибирск, 1991. 136 с.
2. Исуова М. В., Елец А. А., Гребенев И. Р., Лучинин Г. А., Товстик Е. В. Количественная оценка полифенольных соединений в водно-спиртовых извлечениях из плодов и листьев // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: Сборник материалов XI Международного симпозиума. Москва: Издательство: Пероо, 2022. С. 103.
3. Запрометов М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. 272 с.
4. Химический анализ лекарственных растений: учеб. пособие для фарм. Вузов / Под ред. Н.И. Гринкевич, Л.Н. Сафронович. М.: Высш. шк., 1983. 176 с.
5. Федосеева Л. М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных органов бадана толстолистного произрастающего на Алтае // Химия растительного сырья. 2005. № 2. С. 45–50.

Определение содержания кобаламина в фармацевтических препаратах и биологически активных добавках методом спектрофотометрического анализа

Корсакова В. Е., студ. 2 курса

Науч. рук. – Рягин С.Н., д-р пед. наук, член-корреспондент РАЕ, почетный работник образования РФ

НОЧУ ВО «Университет «Синергия», г. Москва
v.e.korsakova@yandex.ru

Значение кобальтсодержащих биологически активных веществ, относящихся к корриноидам и называемых кобаламинами или витаминами В12, по биологическому действию трудно переоценить. Это незаменимые природные биокатализаторы. Они регулируют основные обменные процессы в организме, способствуют повышению иммунного статуса организма, улучшают общее самочувствие за счет активизации белкового, углеводного и жирового обмена, повышают устойчивость к инфекционным заболеваниям, улучшают качество крови, участвуют в синтезе различных аминокислот, нуклеиновых кислот. При недостатке витамина В12 возникают желудочно-кишечные заболевания, дисбактериоз, анемия. Это связано в том числе с тем, что ни одно растение или животное не способно производить витамин В12. Исключительным источником этого витамина, по современным данным, являются крошечные микроорганизмы: бактерии, дрожжи, плесень и водоросли.

Вещество кобаламин как противоанемийный фактор было открыто в 1934 году научными исследователями Джорджем Майнотом, Уильямом Мерфи и Джорджем Уиплом [1, с. 18]. За это открытие они были удостоены Нобелевской премии. В 60-х годах того же века была выявлена полная химическая структура витамина В12, что позволило сделать прорыв в исследовании кобаламинов и их биологического действия. Но до настоящего времени интерес в научных кругах к витаминам В12 не иссякает, активно разрабатываются и внедряются в практику различные медикаменты и БАДы для восполнения запасов витамина В12. В

современной лечебной практике широкое распространение получает назначение и употребление медикаментов и БАД, содержащих витамин В12, однако их качество и соответствие их заявленным характеристикам зачастую вызывает сомнение у потребителей.

Целью данного исследования является проведение анализа содержания кобаламина в растворах и кристаллических препаратах методом спектрофотометрического анализа. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: дана общая характеристика витамина В12 (циклокобаламин) (химическая формула, структура, свойства); осуществлен подробный анализ спектрофотометрического метода определения кобаламина как метода, основанного на использовании физико-химических характеристик витамина; исследована возможность комплексного количественного определения цианокобаламина в приобретенных лекарственных средствах и БАДах методом УФ-спектроскопии.

В основу теоретической части исследования положены методы анализа и синтеза, прикладной части – методы наблюдения, сравнения, измерения, эксперимента. Исследование проводилось на лабораторном приборе – спектрофотометре Эквью УФ-1100, включающем в себя источник излучения, монохроматор, кюветное отделение, фотометрический детектор и устройство для обработки и вывода сигнала. Спектральный диапазон – 200-1050 нм, диапазон измерений спектральных коэффициентов пропускания от 0,1 до 99 %, диапазон показаний оптической плотности от -0,3 до 3,0 Б, пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении коэффициентов направленного пропускания в спектральном диапазоне от 400 до 800 ± 0,5 нм, в остальном спектральном диапазоне ± 1,0 нм.

Общая характеристика витамина В12 (циклокобаламин). Витаминами В12 называют группу биологически активных веществ, называемых кобаламинами и относящиеся к корриноидам, содержащим в структуре атом кобальта (III) и являющиеся хелатными соединениями. К кобаламинам относятся: собственно цианокобаламин, в котором с кобальтом связывается CN–группа, наиболее устойчивое соединение, синтезируемое или образующееся при искусственном выделении из живых организмов, в естественных условиях не встречается; гидроксокобаламин, в котором CN– заменена на OH–группу, природная активная форма витамина В12 присутствующая в организмах животных, обратимо превращается в кислой среде в аквакобаламин; аквакобаламин, который продуцируется микроорганизмами, обратимо превращается в щелочной среде в гидроксокобаламин; нитрокобаламин; диаквакобинамид; коферментные формы витамина В12: метилкобаламин и кобамамид.

Именно в двух коферментных формах (как аденозил- или метилкобаламин, β-лиганды) корриноид (кобаламин) функционирует в организме человека, что определяет медицинский аспект изучения биохимии кобаламина. Строение характеризуется тем, что центральный атом кобальта соединен в молекуле с атомами азота четырех восстановленных пиррольных колец, которые образуют корриновое ядро, и с атомом азота 5,6-диметилбензимидазола (5,6-ДМБ) – специфическим основанием «нижнего» α-лиганда атома кобальта с нуклеотидом. Кобаламин, который получил в литературе название «истинный витамин В12», в большом количестве (500–1500 мкг/г) синтезируют классические пропионовокислые бактерии (ПКБ). Коммерческая форма витамина В12 – цианокобаламин, содержащий CN-группу в качестве «верхнего» β-лиганда атома кобальта. В12 выделяют из животных тканей или микробной массы, используя растворы с ионами цианида. Но сам цианокобаламин биологически неактивен и используется тканями только после превращения в коферментную форму.

Биохимия витамина В12. Цианокобаламин является одним из немногих водорастворимых витаминов, которые накапливаются в человеческом организме. Витамин В12 аккумулируется в таких органах как почки, печень и легкие, а также селезенка. Оказывает существенное влияние на процессы обмена веществ – белков, синтез аминокислот, нуклеиновых кислот, пуринов. Стимулирует рост у детей. Витамин В12 представлен в виде насыщенно красного порошка, без вкуса и запаха. Витамин В12 не теряет своих свойств при воздействии высоких температур и попадании прямых солнечных лучей.

Все известные для витаминов аналитические методы основаны либо на определении специфических биологических свойств этих веществ (биологические, микробиологические, ферментативные), либо на использовании их физико-химических характеристик (флуоресцентные, хроматографические и спектрофотометрические методы), либо на способности некоторых витаминов вступать в реакции с некоторыми реагентами с образованием окрашенных соединений (колориметрические методы).

Методы определения цианокобаламина в спектрофотометрии [2]:

- в растворах: растворы, содержащие в 1 мл 0,03 мг, и растворы, со-0,1; 0,2; 0,5 или 1 мг в -1 мл, предварительно водой в отношении 1:2, 1:4, 1:10 и 1:20, помещают в кювету спектрофотометра с толщиной слоя в 1 см и определяют оптическую плотность при длине волны 361 нм. Содержание цианокобаламина в миллиграммах в 1 мл (х) вычисляют по формуле: $X = (E \cdot 10 \cdot v) / 207$, где v — разведение, 10 — постоянный коэффициент, E — найденная оптическая плотность.

• в кристаллическом препарате: около 0,02 г препарата (точная навеска) растворяют в воде в мерной колбе емкостью 500 мл и доводят водой до метки. Определяют оптическую плотность раствора на спектрофотометре при длине волны 361 нм в кювете с толщиной слоя 1 см, употребляя в качестве контрольного раствора воду. Содержание витамина В12 в процентах (х) рассчитывают по формуле: $X = (c \cdot 500 \cdot 100) / (207 \cdot 100 \cdot a)$, где С – оптическая плотность раствора, а – навеска в граммах, 50 – разведение в мл, 100 – постоянный коэффициент, 100 – пересчет в %.

Растворимость. Умеренно и медленно растворим в воде, умеренно растворим в спирте 96 %, практически нерастворим в хлороформе.

Растворы цианокобаламина имеют характерный спектр поглощения – два максимума в УФ-области спектра при 278 нм (обусловлен наличием фрагмента 5,6-диметилбензимидазола) и при 361 нм (обусловлен корриновой системой с 6 сопряженными двойными связями); одним максимумом в видимой области спектра при 550 нм (обусловлен наличием атома кобальта). Характерные максимумы в спектрах поглощения окрашенных веществ используются как аналитические характеристики в испытаниях на подлинность лекарственных средств. Спектрофотометрия в видимой области применяется в испытаниях лекарственных средств и на чистоту. Наличие светопоглощающих примесей устанавливается по отношению величины оптических плотностей испытуемого раствора при разных длинах волн. Измеряют оптические плотности раствора цианокобаламина при длинах волн 278, 361 и 550 нм. Отношение оптических плотностей A_{361}/A_{550} должно составлять от 3,15 до 3,40; отношение оптических плотностей A_{361}/A_{278} должно составлять от 1,70 до 1,88.

Требования, предъявляемые к спектрофотометрическому анализу лекарственных средств: высокая чувствительность, достаточная точность (надежность). Результат анализа зависит как от точности конечного измерения, так и от результатов всех предшествующих операций (взвешивания, отмеривания объемов и т. д.) [3, с. 44].

Для исследования приобретены в аптеке препараты, выпускаемые в таблетках и в форме раствора (таблица 1.) Около 0,02 г препарата (точная навеска) растворили в воде в мерной колбе емкостью 500 мл и довели водой до метки. Определили оптическую плотность раствора на спектрофотометре при длине волны 278 нм, 361 нм и 550 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм, употребляя в качестве контрольного раствора воду. Раствор цианокобаламина из ампул довели до концентрации 20 мкг/мл. Затем измерили оптическую плотность полученного раствора на спектрофотометре в максимуме поглощения при длине волны 278 нм, 361 нм и 550 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали воду. Сняли непрерывный спектр цианокобаламина и сравнили его с фармакопейным спектром. Для того, чтобы подтвердить расчетами визуальное сходство, вычислили отношение оптической плотности видимых пиков на длине волны 278 нм, 361 нм и 550 нм.

Определяли оптическую плотность полученных растворов на спектрофотометре при длине волны 268 нм, 361 нм и 550 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Раствор сравнения – вода. Содержание цианокобаламина пересчитали на сухое вещество. В среднем содержание влаги в растворах 12,0 %, оптическая плотность – 0,341, точная масса препарата – 0,1000 г. Концентрация цианокобаламина в процентах – 95,6 %.

Таким образом, проведен анализ фармацевтических субстанций цианокобаламина (В12) методом УФ-спектроскопии, доказана степень чистоты субстанций, рассчитано количественное содержание. Спектр цианокобаламина соответствует фармакопейному спектру не только визуально, но и по расчетам.

Спектрофотометрия в УФ- и видимой области является эффективным методом установления подлинности и определения посторонних примесей в лекарственных средствах. Этот метод используется также и для количественной оценки фармацевтических субстанций, лекарственных форм, комбинированных препаратов [4, с. 79].

Проведенное исследование показало, что спектрофотометрический метод анализа содержания кобаламина является результативным, поскольку основан на использовании физико-химических характеристик вещества.

В силу особенностей химического строения цианокобаламин имеет характерное окрашивание (от бледно-розового до ярко-красного цвета). Спектры поглощения этих веществ характеризуются полосами поглощения как в УФ-, так и в видимой области спектра. Нами был снят спектр поглощения для цианокобаламина — от 210 до 800 нм, выраженный в виде графической зависимости оптической плотности (А) от длины волны (λ) падающего света. В качестве раствора сравнения применяли воду.

На основе проведенного анализа фармацевтических субстанций цианокобаламина (В12) методом УФ-спектроскопии доказана степень чистоты субстанций, рассчитано количественное содержание. Спектр цианокобаламина соответствует фармакопейному спектру не только визуально, но и по расчетам.

Таблица 1.

Результаты анализа образцов

	Благомин витамин В12 (цианокобаламин) капс., 90 шт. Страна-производитель: Россия.	Витамин В12 Витамир таб., 100 мг, 30 шт. БАД, Страна-производитель Россия, ВИТАМИР	Цианокобаламин р-р д/ин. ампл., 0,5 мг/мл, 1 мл, 10 шт. Страна-производитель: Россия, ОАО «Дальхимфарм».	Цианокобаламин р-р д/ин. ампл., 0,5 мг/мл, 1 мл, 10 шт. Страна-производитель: Беларусь, ООО «Борисовский завод медицинских препаратов».
Заявленные характеристики	Содержание в таблетке: витамин В12 – 9,0 мкг.	Содержание в таблетке: витамин В12 – 7–9 мкг.	Содержание в ампуле: 0,5 мг/мл	Содержание в ампуле: 0,5 мг/мл
Описание	Прозрачная жидкость красного цвета	Прозрачная жидкость красного цвета	Прозрачная жидкость ярко – красного цвета	Прозрачная жидкость ярко – красного цвета
Спектр поглощения 0,002 % раствора субстанции в воде в области длин волн				
278 нм	115	115	117	115
361 нм	204	207	204	206
550 нм	64	64	63	64
Оптическая плотность раствора				
А при 550 нм /А при 361нм	3,13	3,09	3,08	3,11
А при 278 нм/ А при 361 нм	1,77	1,80	1,74	1,79

ЛИТЕРАТУРА

1. Хапалюк А. В. Витамин в12: биологическое значение, патогенетические механизмы и клинические проявления витаминной недостаточности // Лечебное дело. 2019. № 4 (68). С. 17–23.
2. ОФС.1.2.3.0017.15 Методы количественного определения витаминов: общая фармакопейная статья. [Министерство здравоохранения Российской Федерации] <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-2-3-0017-15-metody-kolichestvennogo-opredeleniya-vitaminov/>
3. Блинникова А. А. Спектрофотометрия и фотозлектроколориметрия в анализе лекарственных средств: Учебное пособие. - Томск, 2005. 96 с. Электронный ресурс. Режим доступа: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1671442370&tld=ru&lang=ru&name=tut_ssmu-2005-8.pdf
4. Быковский С. Н., Василенко И. А., Харченко М. И. Руководство по инструментальным методам исследований при разработке и экспертизе качества лекарственных препаратов. М., 2014.

Хелатирование катионов никеля(II) этилендиаминтетрауксусной кислотой в водных растворах диэтилентриамина и триэтилентетрамина

Кошкин А. А., студ. 1 курса

Науч. рук. – Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола
aleksey.koshkin.99@gmail.com

Смешаннолигандные комплексные соединения являются объектом активных исследований в координационной химии, целью которых является установление закономерностей конкурентного заполнения координационной сферы лигандами, определение совместимости лигандов по мере усложнения состава комплекса, а также влияние геометрического, стерического и электростатических эффектов на строение и устойчивость комплексов [1–7]. В настоящее время повышенное внимание уделяется определению корреляций между термодинамическими характеристиками и параметрами лигандов в смешаннолигандных комплексах никеля(II), что обусловлено перспективами их использования для направленного синтеза функциональных материалов с заданными свойствами. Эффективным способом получения смешаннолигандных комплексов никеля(II) является совместное хелатирование металлоцентра анионами этилендиаминтетрауксусной кислоты и других полидентатных комплексообразующих реагентов [8–13].

В работе методом молекулярной адсорбционной спектроскопии проведено изучение процессов комплексообразования катионов никеля(II) со полидентатными лигандами: этилендиаминтетрауксусной кислотой (EDTA), диэтилентриамин (DETA), и триэтилентетрамин (TETA) при совместном присутствии в растворах для установления влияния состава поликомпонентного раствора на формирование координационной сферы металла. Предварительное исследование реакций комплексообразования в двойной системе Ni(II)-EDTA показало, что характеристические максимумы полос поглощения в растворах этилендиаминтетрауксусного комплекса металла с мольным соотношением компонентов, равным 1:1, регистри-

руются на длинах волн 380 и 595 нм, а область существования комплексоната расположена в широком интервале кислотности среды ($\Delta\text{pH} = 1,7 - 12,0$). Рассчитанные на основе экспериментальных данных с применением метода Россотти численные значения логарифмов констант устойчивости ди-, монопротонированного и депротонированного этилендиаминтетраацетатных хелатов никеля(II) составов $[\text{NiH}_2\text{EDTA}]^0$; $[\text{NiHEDTA}]^-$ и $[\text{NiEDTA}]^{2-}$ составили соответственно 5,94; 11,26 и 18,89.

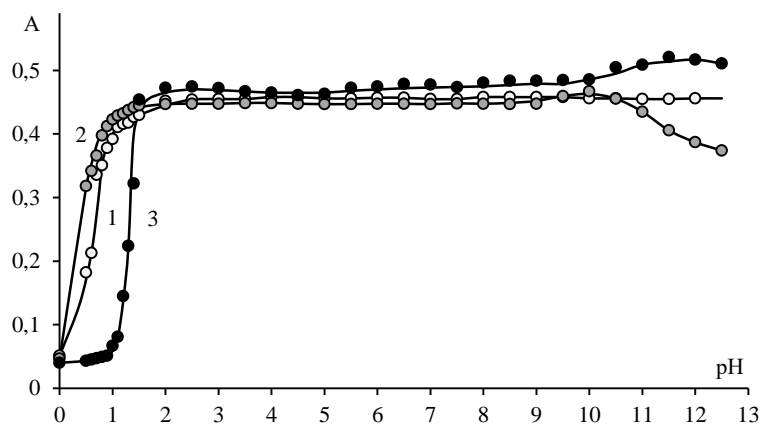


Рис. 1. Зависимости оптической плотности от pH для систем Ni(II):EDTA = 1:1 (1)
Ni(II):EDTA:DETA = 1:1:1 (2), Ni(II):EDTA:TETA = 1:1:1 (3).
 $C(\text{Ni}^{2+}) = 0,02$ моль/л, $\lambda = 595$ нм, $l = 3$ см

Изучение процессов комплексообразования в тройных системах, содержащих катионы никеля(II), EDTA и DETA или TETA в водных растворах с применением тех же методов и подходов, как и при исследовании двойной системы Ni(II)-EDTA. Зависимости оптической плотности от pH для растворов двойной Ni(II):EDTA = 1:1 и тройных Ni(II):EDTA:DETA = 1:1:1 и Ni(II):EDTA:TETA = 1:1:1 систем представлены на рисунке 1. Установлено, что процесс образования координационных частиц никеля(II) как в двойной, так и в тройных системах ограничивается $\text{pH} = 2,0$, а образующие комплексные соединения стабильны от кислых до сильнощелочных сред.

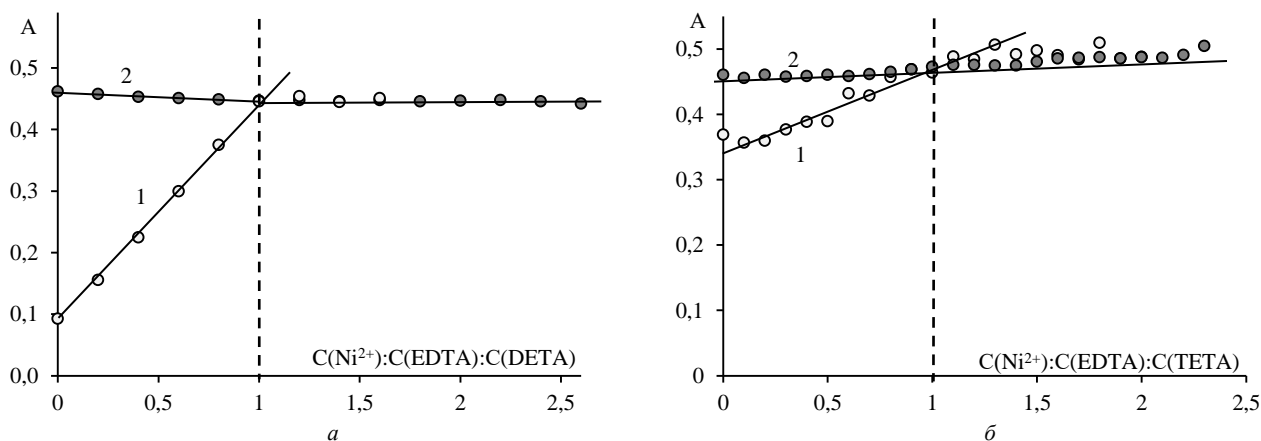


Рис. 2 Графики серий насыщения EDTA (1а, 1б), DETA (2а) и TETA (2б)
в тройных системах Ni(II) – EDTA – DETA (а) и Ni(II) – EDTA – TETA (б) при $\Delta\text{pH} = 4,5-5,5$.
 $C(\text{Ni}^{2+}) = 0,02$ моль/л, $\lambda = 595$ нм, $l = 3$ см

При исследовании электронных спектров поглощения растворов тройных систем Ni(II):EDTA:DETA = 1:1:1 и Ni(II):EDTA:TETA = 1:1:1 зарегистрирована характеристическая полоса светопоглощения с максимумом на длине волны 595 нм, совпадающая с индивидуальной полосой светопоглощения этилендиаминтетраацетата никеля(II). Для установления состава координационной сферы комплексов никеля(II), образующихся в водных растворах при совместном присутствии этилендиаминтетраацетатной кислоты и полиаминов также применяли метод насыщения. Установлено, что в растворах исследуемых тройных систем на графиках серий насыщения анионами EDTA наблюдается только один перегиб при соотношении $C(\text{Ni}^{2+}):C(\text{EDTA}) = 1:1$, а на графиках серий насыщения DETA (рисунок 2а) и TETA (рисунок 2б) измене-

ние оптической плотности при варьировании концентрации полиамина не зарегистрировано. Таким образом, наличие в растворах тройных систем, содержащих катионы никеля(II), этилендиаминтетрауксусную кислоту и полиаминный комплексообразующий реагент, не происходит изменение характера процессов комплексообразования по сравнению с двойной системой Ni(II) – EDTA. Как в отсутствие, так и в присутствии полиамина в растворах реализуется только реакция хелатирования катионов никеля(II) анионами этилендиаминтетрауксусной кислоты. На основании зависимости $A = f(\text{pH})$, полученной для растворов тройных систем Ni(II):EDTA:DETA = 1:1:1 и Ni(II):EDTA:TETA = 1:1:1 были определены величины логарифмов констант устойчивости протонированных и депротонированного этилендиаминтетраацетатов никеля(II), представленные в таблице 1 в сравнении с литературными данными.

Таблица 1

Логарифмы констант устойчивости этилендиаминтетраацетатных комплексов никеля(II)

Комплексная частица	lgβ			Литературные данные [11]
	Система Ni(II) – EDTA	Система Ni(II) – EDTA – DETA	Система Ni(II) – EDTA – TETA	
[NiH ₂ EDTA] ⁰	4,94	5,94	3,41	5,8 – 6,7
[NiHEDTA] ⁻	9,92	11,26	9,57	11,56 – 11,62
[NiEDTA] ²⁻	18,75	18,89	18,66	18,47 – 20,34

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев В. И., Булдакова Н.С., Дидик М.В. Полиядерные гетеролигандные комплексоны никеля(II) в водных растворах 2,2'-дипиридила // Журнал неорганической химии. 2014. Т. 59. № 6. С. 808.
2. Vijayanthimala R., Bharathi K., Vijaya M. Synthesis, characterisation and study of biological application of simple mixed ligand complexes of nickel (II) with morpholine dithiocarbamate and amines such as ethylene diamine, diethylenetriamine and triethylenetetramine // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2014. Vol. 5. № 3. P. 1832.
3. Алабдулла Г. Ф., Корнев В. И. Разнолигандные гетерополиядерные этилендиаминтетраацетаты кобальта(II) и никеля(II) в водных растворах нитрилтриуксусной кислоты // Химическая физика и мезоскопия. 2016. Т. 18. № 2. С. 272.
4. Ghusoon F. H., Fawzi Y. W., Ahmed H. M. Synthesis, spectral and thermodynamic study of mixed metal and mixed ligand complexation of cobalt(II) and nickel(II) in aqueous solution // International Research Journal of Advanced Science. 2020. Vol. 1. № 2. P. 60.
5. Гимадеева Р. П., Щеглова Н. В. Гетеролигандное комплексообразование никеля(II) с нитрилтриуксусной кислотой и полиаминами // Современные проблемы медицины и естественных наук. Сборник статей Международной научной конференции. 2019. С. 196.
6. Комарова М. С., Щеглова Н. В. Гетеролигандное комплексообразование никеля(II) с иминодиуксусной кислотой и этилендиамином // Современные проблемы естественных наук и медицины. Сборник статей Всероссийской научной конференции. 2020. С. 314.
7. Мельникова Ю. Д., Орлова А. В. Конкурирующее комплексообразование никеля(II) и меди(II) с триэтилентетраминном и диэтилентриаминпентауксусной кислотой // Студенческая наука и XXI век. 2020. Т. 17. № 2–1 (20). С. 67.
8. Астафьева Е. А., Золотарева А. В., Щеглова Н. В., Попова Т. В. Смешаннолигандные комплексы меди(II) и никеля(II) с диаминными // Структура и динамика молекулярных систем. 2007. № 1. С. 364.
9. Корнев В. И., Булдакова Н. С. Взаимодействие никеля(II) с этилендиаминтетраацетатом в водных растворах аминопропионовой кислоты // Химическая физика и мезоскопия. 2013. Т. 15. № 3. С. 457.
10. Булдакова Н. С., Корнев В. И. Аспарагинатные и этилендиаминтетраацетато-аспарагинатные комплексы никеля(II) в водных растворах // Вестник удмуртского университета. 2013. №3. С. 13.
11. Корнев В. И., Булдакова Н. С., Кропачева Т. Н. Моно- и биядерные этилендиаминтетраацетаты никеля(II) в водных растворах аминокислот // Химическая физика и мезоскопия. 2014. Т. 16. № 2. С. 289.
12. Корнев В. И., Булдакова Н. С. Протолитические и координационные равновесия в водных растворах комплексонов никеля(II) // Журнал неорганической химии. 2015. Т. 60. № 3. С. 453.
13. Щеглова Н. В., Попова Т. В. Смешаннолигандные комплексы никеля(II) и меди(II) в реакциях конкурирующего хелатирования полиаминополиацетатными и полиаминными лигандами // Известия Академии наук. Серия химическая. 2020. № 9. С. 1771–1777.

Использование составов на основе отработанных моторных масел в качестве ингибиторов коррозии

Курьято Н. А.¹, Князева Л. Г.¹, Дорохов А. В.¹, Брыксина В. А.²

1 – Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов

2 – Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина, г. Тамбов
ccka-sparta@yandex.ru

На протяжении почти трех столетий сталь является ведущим конструкционным материалом из-за доступности, распространенности и дешевизны сырья; высокой прочности, жесткости и теплостойкости, достаточной пластичности и вязкости; технологичности. В связи с развитием промышленного и сельско-

хозяйственного производства спрос на относительно дешевые мягкие стали продолжает расти. Но у стальных изделий и конструкций есть один серьезный недостаток – возможность коррозионных разрушений под действием внешних факторов, которые могут приводить к серьезным экономическим проблемам. Для защиты металлов эффективным и экономичным методом является использование ингибиторов коррозии (ИК). Хотя существует множество методов ингибиторной защиты мягких сталей, использование для этих целей составов на основе отработанного моторного масла (ММО) с добавлением ИК является наиболее простым, экономичным и эффективным методом [1–5].

Как показали результаты исследования Russian Automotive Market Research, по итогам 2021 года в общей сложности в стране было продано порядка 900 млн литров моторных масел, но в дальнейшем на переработку, по данным разных авторов, в РФ в год собирается всего лишь до 2–3 млн тонн [6], большая часть отработанных масел безвозвратно теряется, часто, просто сливается в малодоступных местах. Отработанные моторные масла являются отходами третьего класса опасности и могут стать источником загрязнения окружающей среды при попадании на почву, в реки, канализацию. Поэтому одним из возможных решений по обращению с такими отходами может быть их использование для получения составов для защиты металлов от коррозии [7,8].

Целью данной работы является изучение эффективности противокоррозионной защиты стали Ст3 композициями на масляной основе с добавлением масляных ИК (0–10 масс. %): отечественных парафина П-2 (0–10 масс. %) и Эмульгина, импортных комбинированных добавок Cortec VpCI-369, Cortec VpCI-368D, M-531 (производитель компания Cortec Corporation, USA, на территории России официальным представителем компании является общество ООО «Картек Рус»). Импортные ИК имеют в своем составе, помимо маслорастворимого, летучие компоненты, что должно повысить эффективность их действия в труднодоступных местах.

Для нанесения покрытия образцы опускали в ванну консервации на 10 сек., после чего оставляли на воздухе в подвешенном вертикальном положении на 1 сутки для стекания избытка масляной композиции и формирования защитной пленки [2].

Проводили сравнительные коррозионные испытания в 0,5 М растворе NaCl (ГОСТ 9.042-75). Скорость коррозии рассчитывали по потере массы образцов в процессе эксперимента по формуле:

$$K = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau},$$

где Δm – потеря массы образца, г; S – площадь поверхности, м²; τ – длительность испытаний, часы.

Защитное действие определяли по формуле:

$$Z = \frac{K_0 - K_1}{K_0} \cdot 100 \%,$$

где K_0 , K_1 – скорости коррозии в отсутствие и при наличии пленки исследуемых составов.

Результаты гравиметрических испытаний в 0,5 М NaCl для составов с отечественными ИК на основе ММО приведены в таблице 1. Само отработанное масло способно защищать стальную поверхность с защитной эффективностью $Z = 52 \%$. С ростом концентрации ИК защитная эффективность возрастает в большей степени при использовании Эмульгина, чем при использовании парафина. При концентрации Эмульгина 5–10 масс. % $Z = 94 - 97 \%$. При концентрации парафина 10 масс. % $Z = 94 \%$.

Для импортных ИК такой высокой защитной эффективности удается достичь только при использовании 10 масс. % M-531 ($Z = 96 \%$). С ростом концентрации Cortec VpCI-369 защитная эффективность достигает только 69 % при 7–10 масс. % ИК. При добавлении Cortec VpCI-368 D, защитная эффективность в отличии от всех остальных используемых ИК падает, что видимо связано с отличиями в его строении.

Сравнивая полученные результаты, можно отметить, что из импортных ингибиторов коррозии в солевой среде лучше всего работает M-531. Исследуемые отечественные ингибиторы коррозии в лабораторных условиях солевого раствора не уступают импортным и вполне могут их заменить в данных условиях.

Таблица 1

Коррозионные испытания образцов стали с покрытиями на основе отработанного масла с добавлением парафина в 0,5 М NaCl

Покрытие		Парафин		Эмульгин	
масло	ИК, масс. %	K, (г/м ² ·ч)	Z, %	K, (г/м ² ·ч)	Z, %
Без покрытия		0,0812	–	0,0812	–
ММО	0	0,0399	52	0,0399	52
	1	0,0414	49	0,0325	60
	3	0,0393	52	0,0156	87
	5	0,0315	61	0,0052	94
	10	0,0052	94	0,0024	97

Таблица 2

Коррозионные испытания стальных образцов с покрытиями из композиции на основе ММО с добавлением комбинированных ингибиторов коррозии

Покрытие		М-531		Cortec VpCI-369		Cortec VpCI-368 D	
масло	ИК	К, (г/м ² ·ч)	Z, %	К, (г/м ² ·ч)	Z, %	К, (г/м ² ·ч)	Z, %
Без покрытия		0,0414	–	0,1229		0,1229	
ММО	0	0,0240	42	0,0590	52	0,0590	52
	3	0,0224	46	0,0553	55	0,0615	50
	5	0,0145	65	0,0406	67	0,0909	26
	7	0,0091	78	0,0381	69	0,0860	30
	10	0,0016	96	0,0381	69	0,0860	30

ЛИТЕРАТУРА

1. Vigdorovich V. I., Knyazeva L. G., Tsygankova L. E., Ostrikov V. V., Petrashev A. I. Properties of Petroleum and Synthetic Oils as Bases for Anticorrosion Materials // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2019. Vol. 55. Iss. 4. P. 412–423.
2. Knyazeva L. G., Tsygankova L. E., Dorokhov A. V., Kur'yato N. A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCI-368D // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2021. Vol. 10. Iss. 2. P. 551–561.
3. Prokhorenkov V. D., Knyazeva L. G., Ostrikov V. V., Vigdorovich V. I. Carriers of the Protective Effectiveness of Used Motor Oils // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2006. Vol. 42. Iss. 1. P. 35–38.
4. Князева Л. Г., Прохоренков В. Д., Остриков В. В., Чернышова И. Ю. Разработка консервационных материалов на основе отработанных масел // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2002. № 10. С. 38–40.
5. Курьято Н. А., Брыксина В. А., Родионова Л. Д., Князева Л. Г. Защитная эффективность масляных композиций с парафином // Наука в центральной России. 2022. № 6(60). С. 120–128.
6. Булаев С. А. Переработка и выбор моторных масел на примере немецкого предприятия // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 9. С. 206–208.
7. Князева Л. Г., Шель Н. В., Прохоренков В. Д., Остриков В. В. Утилизация отработанных масел путем получения из них высокоэффективных консервационных материалов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 5. С. 2303–2306.
8. Князева Л. Г., Цыганкова Л. Е., Дорохов А. В., Курьято Н. А. Масляные композиции, модифицированные летучим ингибитором, для защиты металлов от атмосферной коррозии // Коррозия: материалы, защита. 2022. № 6. С. 29–37.

Исследование процесса комплексообразования Cu(III) с аланином электрохимическими методами

Лебедева В. В., студ. 5 курса

Науч. рук. – Аль Ансари Я. Ф., канд. хим. наук

**Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
vlada.lebedeva.18@mail.ru**

В современной координационной химии исследование комплексных соединений переходных элементов в аномальных степенях окисления является одной из актуальных проблем, поскольку подобные соединения обладают особыми свойствами и имеют большое практическое и биологическое значение в качестве интермедиата в энзиматических и неэнзиматических реакциях [1].

Получение новых соединений, в состав которых входят элементы в аномальных степенях окисления, связано с поиском оптимальных условий их синтеза.

В данной работе нами изучено стабилизирующее действие аланина (HAla, HL) на медь в ее аномальной степени окисления +3. С этой целью мы провели исследование условий процесса комплексообразования меди(III) с аланином электрохимическими методами. В результате исследования были подобраны условия реакции замещения, доказан состав образующихся комплексов Cu(III) с аланином и рассчитаны их константы устойчивости.

В качестве исходного соединения меди(III) мы использовали дителлураатокупрат(III), который является наиболее стабильным из соединений Cu(III). Дителлураатокупрат(III) синтезировали по методике, описанной в работе [3].

Для определения мольного соотношения основных компонентов в комплексных частицах, образующихся в системе Cu(III) – HAla, проведено кондуктометрическое титрование. Для этого мы растворяли навеску дителлураатокупрата(III) натрия, в качестве титранта использовали 0,01 М раствор HAla. На полученной кривой присутствуют два излома, которые соответствуют отношению компонентов в координаци-

онной сфере образующихся комплексов ($\text{Cu}^{3+}:\text{HAla}$), равному 1 к 1 и 1 к 2 (рис. 1). Значения констант устойчивости рассчитаны по методу, описанному в работе Шлефера [4].

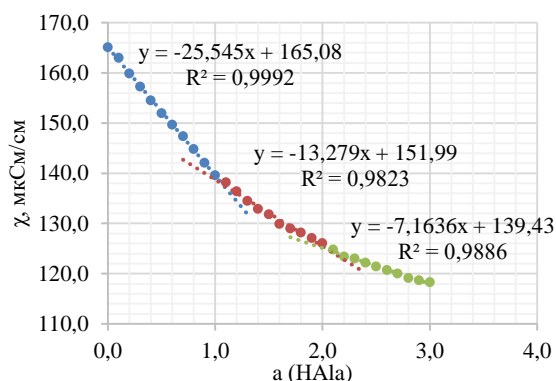


Рис. 1. Зависимость электропроводности от количества эквивалента HAla

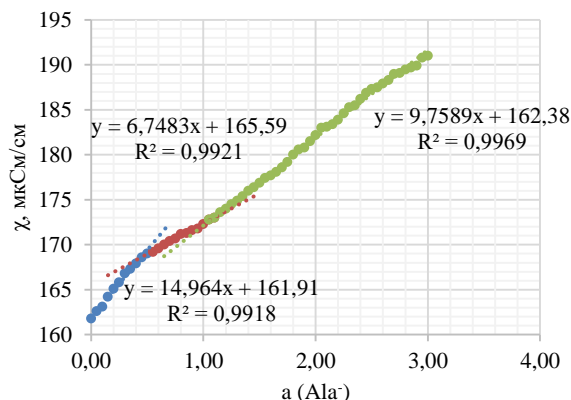
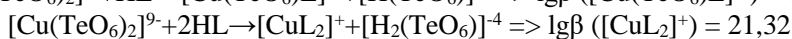
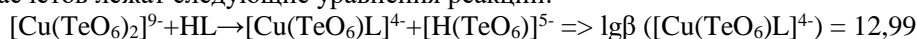
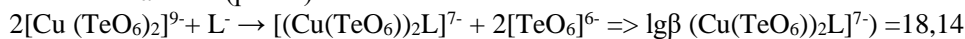


Рис. 2. Зависимость электропроводности от количества эквивалента Ala

В основе расчетов лежат следующие уравнения реакции:



Для подтверждения состава образующихся частиц, мы провели кондуктометрическое титрование с использованием аланина, переведенного в депротонированную форму, добавляя к раствору аланина эквивалентного количества раствора NaOH (1:1). Данный способ позволил зафиксировать образование частиц с соотношением $\text{Me}:\text{HAla} = 2:1$ (рис. 2).



Титрование аланином, переведенного в протонированную форму добавлением эквивалентного количества соляной кислоты (1:1), позволило более четко увидеть образование комплексных частиц с соотношением 1к1 и 1к2 (рис. 3).

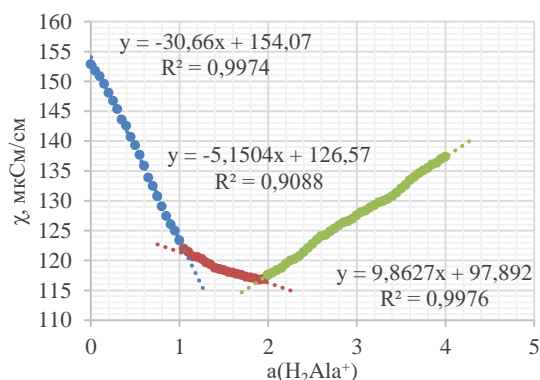
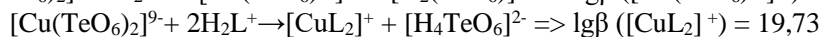
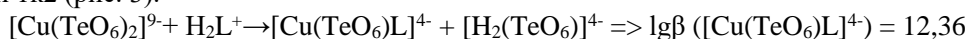


Рис. 3. Зависимость электропроводности от количества эквивалента H_2Ala^+

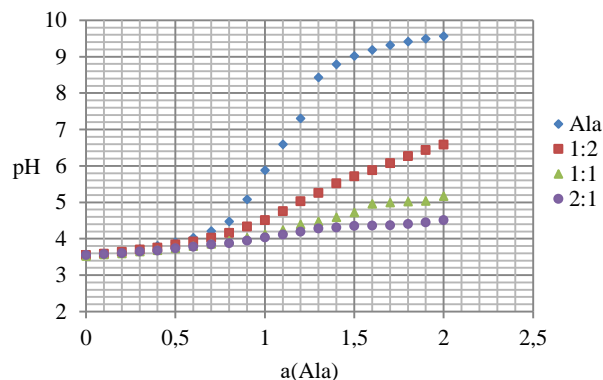
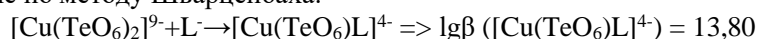
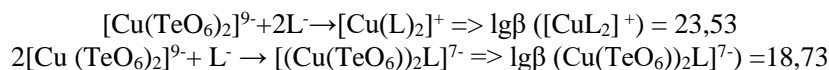


Рис. 4. Потенциометрическое титрование, $\mu=0,1$ (KCl)

Для изучения условий процесса комплексообразования в системе $\text{Cu}(\text{III}) - \alpha\text{-HAla}$ нами было проведено потенциометрическое титрование раствора аланина в присутствии соли меди (III), взятых в соотношениях 1:1, 1:2 и 2:1. Комплексообразование, как видно из кривых (рис. 4), начинается после отрыва первого протона от аланина при pH около 4 ед. Следовательно, по диаграмме распределения, можно сказать, что в комплексообразовании с медью (3+) участвует HL и L^- . Кривые титрования систем медь(III)- HAla 2:1, 1:1 и 1:2 по сравнению с кривой титрования раствора аланина лежат в более кислой области, что указывает на наличие процесса комплексообразования в системах медь(III)- HAla . Значения констант устойчивости, рассчитанные по методу Шварценбаха.





В качестве сравнительного метода для определения соотношения компонентов и константы устойчивости комплексных частиц, мы построили зависимость ЭДС систем от концентрации лиганда. В области избыточного количества лиганда, в основном присутствует только комплекс. Кривые зависимости ЭДС от $\ln C$ (натурального логарифма концентрации лиганда) позволяет рассчитать количество лиганда и устойчивость комплексных частиц, образующихся в условиях избыточного количества лиганда (аланина) (рис. 5) [6]. В этих условиях образуется комплекс 1:2, логарифм константы устойчивости которой равен 20,56. Значения констант устойчивости ($\lg\beta$) комплексов Cu(III) с HAla представлены в таблице 1.

Таким образом, доказано образование координационных частиц 2:1, 1:1 и 1:2 с депротонированной формой лиганда. Наиболее устойчивы частицы с соотношением компонентов 2:1 и 1:2.

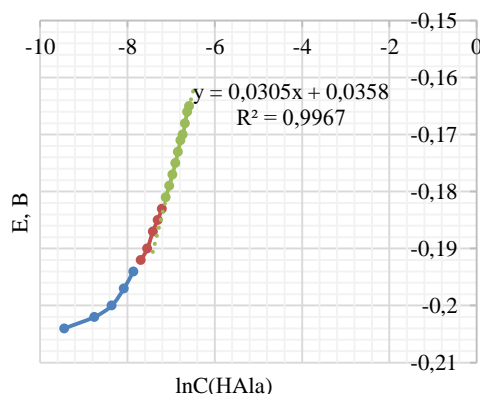


Рис. 5. Зависимость потенциала системы от концентрации лиганда (HAla): $\mu = 0,1$ (KCl), $C(\text{Cu}^{3+}) = 0,001$ М

Таблица 1

Значение $\lg\beta$ комплексов Cu(III) - α -Ala

Комплексная частица	Метод ПМТ	Кондуктометрическое титрование			ЭДС
		по кривой 1 (HAla)	по кривой 3 (Ala ⁻)	по кривой 2 (H ₂ Ala ⁺)	
$[(\text{Cu}(\text{TeO}_6)_2)_2\text{L}]^{7-}$	18,73	–	18,14	–	–
$[\text{Cu}(\text{TeO}_6)_2\text{L}]^{4-}$	13,80	12,99	13,45	12,36	–
$[\text{Cu}(\text{L})_2]^+$	23,53	21,32	–	19,73	20,56

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксёнова Н. В. Синтез и физико-химическое исследование комплексных соединений меди в степени окисления +1 с фосфорсодержащими лигандами: специальность 02.00.04 ~ «Физическая химия»: дис. на соискание ученой степени кандидата хим. наук/ Аксёнова Н.В.; МарГУ. Йошкар-Ола, 2002. 200 с.
2. Аль Ансари С. В. Стабилизация меди(III) комплексонами / С.В. Аль Ансари, Я.Ф. Аль Ансари, Т.В. Попова // Химия и химическая технология. 2004. Т.47, вып.3. С.139–140.
3. Чумаков В. М. Синтез и анализ дителлуратного комплекса меди (III) / В.М. Чумаков, С.В. Аль Ансари, Н.Б. Иванова // Структура и динамика молекулярных систем: сборник статей. 2006. Ч.II. С. 383–386.
4. Шлефер Г. Л. Комплексообразование в растворах. Методы определения состава и констант устойчивости комплексных соединений в растворах // Перевод с немецкого канд.хим.акад. А.А.Гринберга / И: «Химия» Москва-Ленинград 1964. – 381 с.
5. Дорошко Е. В., Короткова Е. И., Воронова О. А., Плотников Е. В., Вишенкова Д. А., Дерина К. В. Исследование комплексообразующих свойств глутатиона с ионами ртути потенциометрическим и спектрофотометрическим методами // Фундаментальное исследования. 2013. №8. С.601–604.

Стабилизация меди(III) нитрилотриметилфосфоновой кислотой

Макаров К. В., студ. 4 курс

Науч. рук. — Аль Ансари С. В., канд. хим. наук

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

kirill_makarov_02@mail.ru

В данной работе изучалось стабилизирующее воздействие нитрилотриметилфосфоновой кислоты (НТФ, H₆L) на медь в необычной и нестабильной для нее степени окисления +3. Исследование проводилось методами потенциометрии и кондуктометрии.

В результате исследования были предположены соотношения металл-лиганд при которых происходит комплексообразование, составы образующихся комплексов и их константы устойчивости.

Одной из актуальных задач для современной координационной химии является исследование комплексных соединений элементов, находящихся в неустойчивых степенях окисления. Кроме научного интереса исследования проблемы стабилизации состояния окисления, подобные соединения имеют практическую значимость.

Соединения меди в степени окисления +3 обладают сильными окислительными свойствами [1, 2], кроме того, они являются наиболее высокотемпературными сверхпроводниками при атмосферном давлении (на 2020 год) [3].

В качестве исходного соединения меди(III), устойчивого в твердом виде, использовали теллуратный комплекс состава $\text{Na}_5[\text{Cu}(\text{H}_2\text{TeO}_6)_2] \cdot 16\text{H}_2\text{O}$, синтезированный по методике, рассмотренной в работе [4].

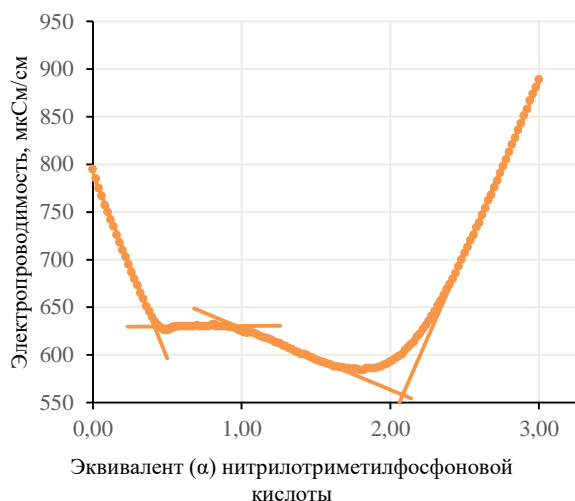


Рис. 7. Кривая кондуктометрического титрования раствора $\text{Cu}(\text{III})$ раствором НТФ

Для определения соотношения металл – лиганд было проведено кондуктометрическое титрование 0,001 М раствора меди(III) 0,01 М раствором НТФ. Судя по полученным данным, представленным на рисунке 1, комплексообразование происходит при следующих соотношениях $\text{Cu}(\text{III})$ – НТФ: 2:1, 1:1, 1:2.

Для расчета констант устойчивости образующихся комплексов было проведено потенциометрическое титрование раствором NaOH системы $\text{Cu}(\text{III})$ – НТФ в определенных ранее соотношениях. Кривые титрования приведены на рисунке 2.

Как видно из кривых титрования, комплексообразование начинается при $\text{pH} \approx 2$ на первой стадии диссоциации НТФ.

Расчет констант устойчивости по данным потенциометрического титрования вели методом Шварценбаха. Общие уравнение представлены ниже:

$$\beta = \frac{[ML]}{[L][M]}, [ML] = C_{\text{ме}} - [L]\left(\frac{[H^+]}{K} + 1\right), [L] = \frac{(1-a)C_L - [H^+] + [OH^-]}{\frac{[H^+]}{K}}, [M] = C_{\text{ме}} - [ML]$$

Расчитанные константы устойчивости предполагаемых комплексов представлены в таблице 1.

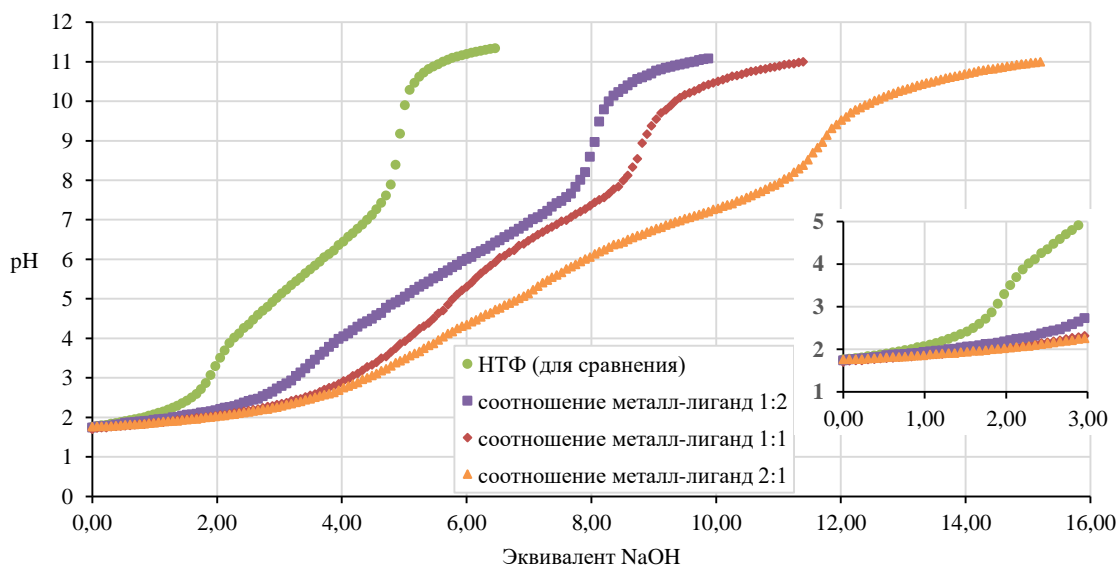


Рисунок 2. Потенциометрическое исследование систем с различным соотношением Cu^{3+} - НТФ

Таблица 1

Логарифмы констант устойчивости

Предполагаемая комплексная частица	$lg\beta$
$[Cu(HL)_2]^{7-}$ $[Cu(L)_2]^{9-}$	27,68 ($4 < \alpha < 5$) 37,40 ($5 < \alpha < 6$)
$[Cu(HL)]^{2-}$ $[Cu(L)]^{3-}$	17,39 ($4 < \alpha < 5$) 22,43 ($5 < \alpha < 6$)
$[Cu_2(HL)]^+$ $[Cu_2(L)]$	29,43 ($4 < \alpha < 5$) 34,21 ($5 < \alpha < 6$)

Таким образом, было определено, что в изучаемой системе образуются комплексные частицы с соотношениями меди(III) – НТФ, равными 2 : 1, 1 : 1 и 1 : 2, и рассчитаны константы устойчивости образующихся комплексов. Судя по полученным данным, можно сказать, что НТФ стабилизирует медь в степени окисления +3.

ЛИТЕРАТУРА

1. An investigation of the reaction of copper ions with dimethylindodicarbocyanine dye: An application for the determination of Cu(I), Cu(II) and Cu(III) / Joseph S. Balogh, Michael Ruschak, Vasil Andrich, Yaroslav Bazel // *Talanta*. 30 June 2008. Volume 76, Issue 1. P. 111–115.
2. Origin of the Excellent Activity and Selectivity of a Single-Atom Copper Catalyst with Unsaturated Cu-N2 Sites via Peroxydisulfate Activation: Cu(III) as a Dominant Oxidizing Species / Fan Li, Zhicong Lu, Tong Li, Peng Zhang, Chun Hu // *Environmental Science & Technology*. 21 June 2022. Volume 56, Issue 12. P. 8765–8775.
3. Коржманов А. Итоги 2019 года в физике [Электронный ресурс] // *Элементы*. 12 февраля 2020. [Видео на YouTube, начиная с 42:10 42:10–59:10] URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3r1HjcoN1SY> (дата обращения: 23.04.23)
4. Чумаков В. М. Синтез теллуратного комплекса меди (III) / В. М. Чумаков, С. В. Аль Ансари // *Проблемы теоретической и экспериментальной химии: Тезисы докладов XVI Российской молодежной научной конференции, посвященной 85-летию со дня рождения профессора В. П. Кочергина (Екатеринбург, 25–28 апреля 2006 г.)*. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2006. С. 90.

Исследование скорости растворения этилцеллюлозы в бутилацетате методом рефрактометрии

Макаров К. В., Лоскутов В. В.

Лаборатория конструирования и производства керамических изделий для микроэлектроники,
Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
kirill_makarov_02@mail.ru

Этилцеллюлоза представляет собой нетоксичный полимер, изучение которого ведется уже довольно давно по сегодняшний день, со структурообразующими и пленкообразующими свойствами, благодаря чему имеет широкий спектр применения, включая производство пластмасс и лаков, защитных покрытий и клеев, пищевых и структурообразующих добавок фармации. Этилцеллюлоза лежит в основе паст сослоения, используемых электронной и микроэлектронной промышленности при разработке и создании многослойных конструкционных материалов. Поэтому сравнительное исследование свойств этилцеллюлозы различных производителей имеет большое значение для прогнозирования физико-химических свойств растворов этилцеллюлозы при создании материалов на их основе.

Данная работа нацелена на анализ скорости растворения этилцеллюлозы методом рефрактометрии. Объектом исследования является этилцеллюлоза со степенью замещения 2.3–2.6 (содержание этоксильных групп – 45–50%). В работе методом рефрактометрии проводилось определение концентрации этилцеллюлозы в бутилацетате в зависимости от времени растворения.

Использовались следующие реактивы и оборудование:

- Этилцеллюлоза марки Aqualon EC-N50 (CAS 9004-57-3)
- Бутилацетат, ХЧ (ГОСТ 22300-76)
- Рефрактометр ИРФ-454 Б2М
- Термостат с точностью термостатирования 0,1 °С
- Термометр ртутный с точностью измерения 0,1 °С
- Весы аналитические с точностью взвешивания 0,0001 г
- Мешалка лабораторная

Растворы различных концентраций готовились растворением взвешенной на аналитических весах навески этилцеллюлозы в бутилацетате.

Первым этапом работы являлось определение концентрационной зависимости показателя преломления в диапазоне концентраций от 0 до 6,6% в температурном интервале 12–30°C. На рис.1 показаны температурные зависимости показателя преломления растворов различных концентраций этилцеллюлозы в бутилацетате. Прямые линии, показанные на рисунке 1 соответствуют уравнению

$$n(t) = n_{20} + \Delta n(t) \quad (1)$$

где

$$\Delta n(t) = \left(0,0565 \cdot 10^{-4} + \frac{dn}{dt} \right) \cdot (t - 20). \quad (2)$$

Исходя из уравнений (1)-(2), были найдены показатели коэффициента преломления при 20 °C при различных концентрациях этилцеллюлозы, что показано рис.2.

Судя по характеру полученной прямой можно предположить, что в области концентрации 0–2,5% раствор этилцеллюлозы в бутилацетате является разбавленным, а при более высокой концентрации происходит перекрывание макромолекул полимера друг другом и раствор становится полуразбавленным, что выражается в наличии точки перегиба на кривой, соответствующей концентрации примерно 2,5% [1].

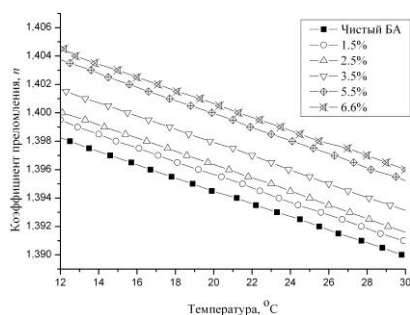


Рис. 1. Температурные зависимости показателей преломления различных растворов этилцеллюлозы в бутилацетате

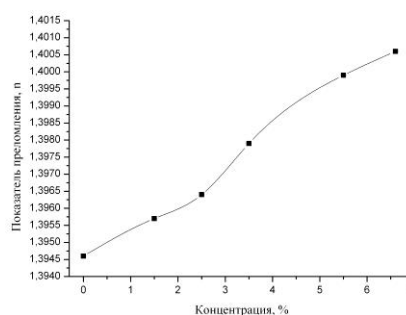


Рис. 2. Концентрационная зависимость показателя преломления раствора этилцеллюлозы в бутилацетате при 20°C

На следующем этапе работы измерялся показатель преломления растворов этилцеллюлозы в зависимости от времени ее растворения в бутилацетате. Для этого взвешенную навеску этилцеллюлозы заливали известным количеством бутилацетата с последующим интенсивным перемешиванием. В ходе процесса растворения, фиксируя время, отбирали пробу раствора и измеряли коэффициент преломления. Полученные данные представлены на рис. 3–5.

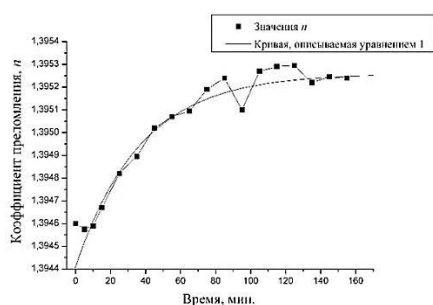


Рис. 3. Зависимость коэффициента преломления 1% раствора этилцеллюлозы от времени ее растворения в бутилацетате

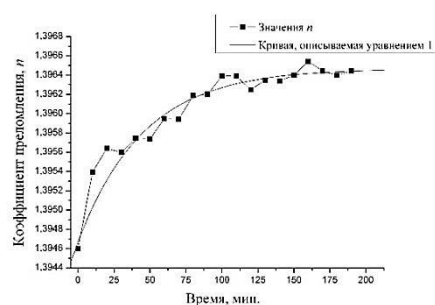


Рис. 4. Зависимость коэффициента преломления 3% раствора этилцеллюлозы от времени ее растворения в бутилацетате

Для описания характера кривых на рис. 3–5 было предложено эмпирическое уравнение (3), показывающее экспоненциальный вид временной зависимости коэффициента преломления

$$n_t = n_{\infty} - CF \exp(kt) \quad (3)$$

где n_t – коэффициент преломления раствора в момент времени t , n_∞ – коэффициент преломления раствора при полном растворении этилцеллюлозы, C – концентрация этилцеллюлозы при t_∞ , F – фактор, соответствующий величине прироста показателя преломления при увеличении концентрации на 1%, k – константа скорости данной реакции.

Значения некоторых констант представлены в таб. 1.

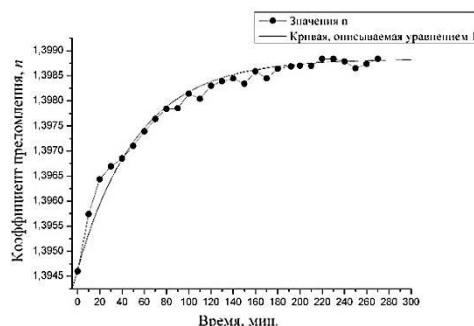


Рис. 5. Зависимость коэффициента преломления 6% раствора этилцеллюлозы от времени ее растворения в бутилацетате

Таблица 1

Значения некоторых констант уравнения 1

C, %	n_∞	F	$k, \text{мин}^{-1}$
1	1,3953	0,00085	-0,0270
3	1,3967	0,00066	-0,0320
6	1,3988	0,00070	-0,0185

Согласно уравнению (3), зависимость приведенного и нормированного показателя преломления $\frac{n_\infty - n_t}{CF}$ от времени в полулогарифмических координатах должна быть линейной, при этом наклон прямой должен быть равен значению k , то есть

$$\ln \left(\frac{n_\infty - n_t}{CF} \right) = -kt \quad (4)$$

На рисунках 6 и 7 показана зависимость приведенного и нормированного показателя преломления от времени в линейных и полулогарифмических координатах, соответственно, причем, как видно из рисунка 7 и уравнения сравнения, коэффициент $CF = n_\infty - n_0$, где n_0 – показатель преломления в начальный момент времени, который равен показателю преломления чистого растворителя.

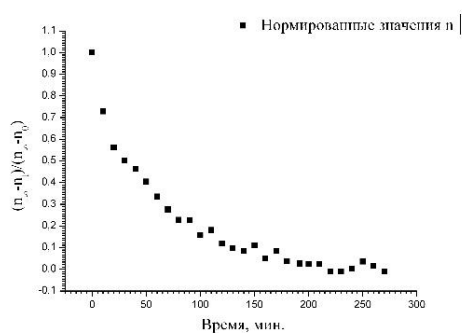


Рис. 6. Зависимость нормированного значения показателя преломления от времени для раствора с концентрацией 6%

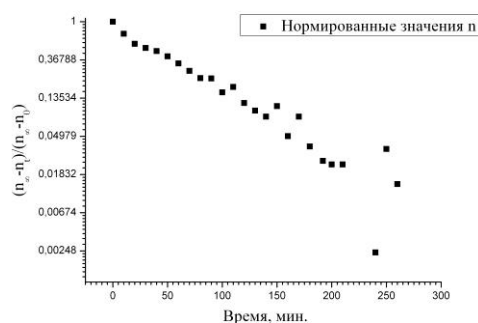


Рис. 7. Зависимость нормированного значения показателя преломления от времени с логарифмической осью Y для раствора с концентрацией 6%

Работа выполнена в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 075-01252-22-03 от 26.10.2022.

ЛИТЕРАТУРА

1. де Жен П. Идеи скейлинга в физике полимеров / П. де Жен; под науч. ред. Л. Третьякова. – Москва: Изд-во «Мир», 1982. С. 81.
2. Кулешова М. И., Гусева Л. Н., Сивицкая О. К. Анализ лекарственных форм, изготавливаемых в аптеках: пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 1989. С. 16.

Реакция каталитического гомо-цикломагнирования в синтезе дийод- δ -дилактона

Макарова Э. Х., Ишбулатов И. В., Макаров А. А.

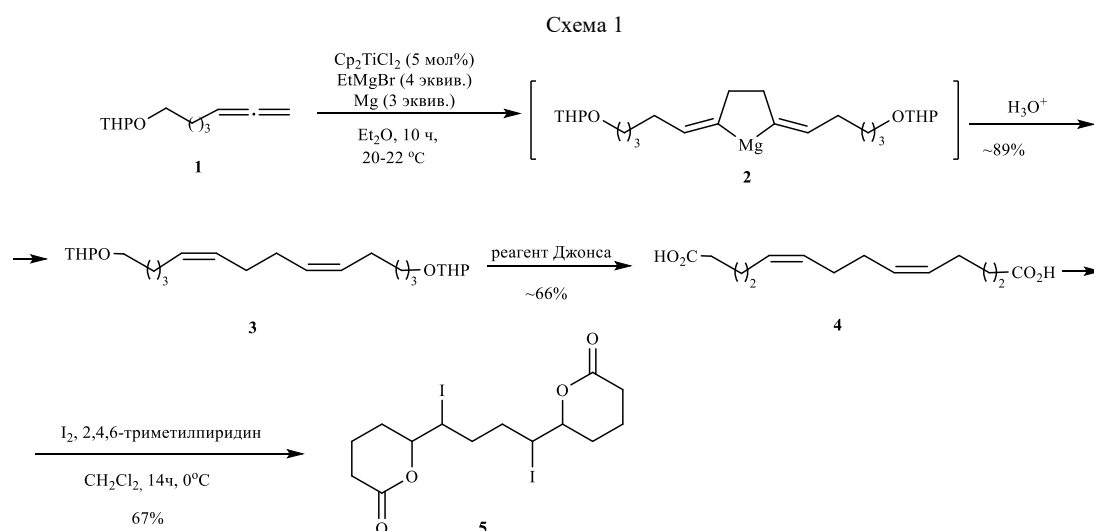
Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, г. Уфа
makarovaelina87@gmail.com

Как правило, биологически активные соединения, содержащие в своей структуре лактонные фрагменты, обладают широким спектром таких полезных свойств как противовоспалительные, противоопухолевые, антилейшманиозные, антипаразитарные, противомикробные [1, 2]. Они применяются в медицинской практике в качестве гипотензивных и противораковых препаратов, антибиотиков, противогрибковых средств, а также косметологии, пищевой промышленности и сельском хозяйстве [3, 4].

Среди природных и синтетических непределных лактонов особого внимания заслуживает δ -лактон 6-йод-5-гидрокси-8,11,14-эйкозатриеновой кислоты (йод- δ -лактон) [5]. Многочисленными исследованиями было показано, что природный йод- δ -лактон, являющийся йодированным производным арахидоновой кислоты, оказывает противоопухолевый эффект, антипролиферативное действие, индуцирует апоптоз в тканях щитовидной, молочной и предстательной желез, клетках толстого кишечника и нервной системы человека и животных, а также участвуют в ауторегуляции щитовидной железы [6, 7].

Ранее нами было показано, что О-содержащие 1,2-диены вступают в реакции каталитического гомо-цикломагнирования с получением после гидролиза симметричных функционально-замещенных 1*Z*,5*Z*-диеновых эфиров с высокой стерео- и региоселективностью, окисление которых приводит к *Z,Z*-диендикарбоновым кислотам [8, 9].

Учитывая большой синтетический и практический потенциал йод- δ -лактонов, нами была выдвинута идея применения разработанной реакции каталитического гомо-цикломагнирования 1,2-диенов в синтезе дийод- δ -дилактона через йод-лактонизацию 5*Z*,9*Z*-тетрадека-5,9-диендикарбоновой кислоты.



Синтез дийод- δ -дилактона **5** был осуществлен через гомо-цикломагнирование 2-(гепта-5,6-диен-1-илокси)тетрагидро-2H-пирана **1** с помощью EtMgBr в присутствии магния (акцептора ионов галогена) и катализатора Cp_2TiCl_2 (5 мол. %). Кислотный гидролиз 2,5-диалкилиденмагнезациклопентана **2** и окисление реагентом Джонса образующегося тетрагидропиранильного эфира 5*Z*,9*Z*-диена **3** приводит к (5*Z*,9*Z*)-тетрадека-5,9-диендикарбоновой кислоте **4**. Далее полученную кислоту **4** вводили в реакцию йод-

лактонизации [10] действием молекулярного йода в присутствии 2,4,6-триметилпиридина (CH_2Cl_2 , 14ч, 0°C) с получением дийод- δ -дилактона **5** с выходом 67 % (Схема 1). Строение полученного соединения доказано методами одномерной и двумерной спектроскопии ЯМР ^1H - ^{13}C .

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (проект №23-23-00059).

ЛИТЕРАТУРА

1. Sartori S. K., Diaz M. A. N., Diaz-Munoz G. Lactones: Classification, synthesis, biological activities, and industrial applications // *Tetrahedron* 2021. V.84. P. 132001.
2. Surowiak A. K., Balcerzak L., Lochynski S., Strub D. J. Biological Activity of Selected Natural and Synthetic Terpenoid Lactones // *Int. J. Mol. Sci.* 2021. V. 22. P. 5036.
3. Riatto V. B., Pilli R. A., Victor M. M. Fifteen years of biological and synthetic studies of decarestrictine family // *Tetrahedron*. 2008. V. 64. P. 2279–2300. DOI: 10.1016/j.tet.2007.11.034.
4. Mishra S., Upadhyay S., Shukla R. *Front. Physiol.* 2017, 7, 691.
5. Gartner R., Rank P., Ander B. The role of iodine and δ -iodolactone in growth and apoptosis of malignant thyroid epithelial cells and breast cancer cells // *Hormones*. 2010. V. 9. № 1. P. 60–66.
6. Nava-Villalba M., Nucez-Anita R. E., Bontempo A., Aceves C. Activation of peroxisome proliferator-activated receptor gamma is crucial for antitumoral effects of 6-iodolactone // *Molecular Cancer*. 2015. V. 14. P. 168.
7. Aceves C., Mendieta I., Anguiano B., Delgado-Gonzalez E. Molecular Iodine Has Extrathyroidal Effects as an Antioxidant, Differentiator, and Immunomodulator // *Int. J. Mol. Sci.* 2021. V. 22. P. 1228.
8. Дьяконов В. А., Макаров А. А., Макарова Э. Х., Халилов Л. М., Джемилев У. М. Синтез и превращения металациклов. Сообщение 41. Цикломагмирование О-содержащих 1,2-диенов реактивами Гриньяра в присутствии Cr_2TiCl_2 // *Известия АН. Сер. хим.* 2012. № 1. С. 1928–1934.
9. D'yakonov V. A., Makarov A. A., Makarova E. Kh., Dzhemilev U. M. Novel organomagnesium reagents in synthesis. Catalytic cyclomagnesianation of allenes in the synthesis of N-, O-, and Si-substituted 1Z,5Z-dienes // *Tetrahedron*. 2013. V. 69. P. 8516–8526.
10. Tyagi R., Shimpukade B., Blattermann S., Kostenish E., Ulven T. A concise synthesis of the potent inflammatory mediator 5-oxo-ETE // *Med. Chem. Commun.* 2012. V. 3. P. 195–198.

Сорбционные свойства хитина и продуктов его частичного деацетилирования

Медведев Д. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смотрина Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
d.miliutyn@gmail.com

Хитин является одним из самых распространенных в природе полисахаридов. Однако, из-за неспособности растворяться во многих растворителях и сложности выделения из природных источников он не получил широкого применения в промышленной сфере. Основным производным хитина является хитозан, который получают путем деацетилирования хитина. Благодаря наличию свободных аминогрупп хитозан обладает уникальными сорбционными, и, в том числе, комплексообразующими свойствами. При этом сорбционные свойства продуктов, образующихся на различных этапах получения хитозана из хитина, мало изучены.

Для проведения реакции деацетилирования хитин подвергают обработке с использованием концентрированных щелочей при высоких температурах, что приводит к значительной деструкции полимера. Интерес представляют методики ступенчатого деацетилирования хитина в сравнительно мягких условиях (концентрация щелочи 30–50%, температура ниже 100°C), позволяющие существенно снизить степень деструкции продукта.

В этой связи целью данной работы являлась апробация методики получения хитозана путем трехступенчатого деацетилирования хитина ракообразных и сравнительное изучение сорбционных свойств образцов по отношению к воде и ионам меди, полученных на каждом этапе модифицирования.

В качестве объекта исследования использовали технический хитин марки «Вектон» (степень ацетилирования 81,37%), представляющий собой цельные куски хитинового слоя панцирей краба. Для сопоставления результатов в качестве образца сравнения использовали хитозан из панцирей краба производства Sigma Aldrich (SA), степень деацетилирования > 75%, молекулярная масса $(3,1\text{--}3,5)\cdot 10^5$ Да. Хитин подвергли измельчению до размера частиц 3–5 мм. Методика получения хитозана включала 2 стадии очистки (депротеинизация и деминерализация) и 3 этапа деацетилирования.

Депроотеинизацию проводили по методике [1], включающей обработку хитина свежеприготовленным 1М раствором NaOH в соотношении 1:13 при температуре 85°C в течение 125 мин при постоянном перемешивании. По окончании процесса твердую часть отделяли и промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции промывных вод и высушивали на воздухе до постоянной массы.

Для удаления нерастворимых в воде соединений кальция, фосфатов и карбонатов проводили деминерализацию по методике [1]. Для этого полученный на первом этапе воздушно-сухой образец заливали свежеприготовленным 1М раствором соляной кислоты, выдерживали при температуре 35°C при постоянном перемешивании в течение 125 мин. По окончании процесса образец промывали дистиллированной водой и высушивали на воздухе.

Деацетилирование проводили в 3 этапа в соответствии с методикой, описанной в патенте [2], позволяющей, как отмечают авторы, «получить хитозан из хитина ракообразных с высокой степенью деацетилирования при сохранении нативных свойств природного полимера». На всех этапах использовали свежеприготовленный 40%-ый раствор NaOH.

На первом этапе очищенный хитин заливали раствором щелочи в соотношении 1:7 и выдерживали при комнатной температуре в течение 7 суток. По окончании процесса твердый остаток промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции среды и высушивали на воздухе.

Второй и третий этапы включали последовательную обработку частично деацетилированного образца раствором щелочи при температуре 57–60°C в течение 2 часов при постоянном перемешивании. По истечении времени твердую массу отделяли, промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции среды и сушили на воздухе.

Одним из показателей качества полученного хитозана является степень деацетилирования (ДА). Определение степени деацетилирования проводили с использованием методики потенциометрического титрования раствором щелочи хлористого водорода, связанного с аминогруппами молекул хитозана [3].

Было обнаружено, что при увеличении количества щелочи, расходуемой на нейтрализацию аминогрупп, возрастает СД хитозана. Это наблюдалось при последовательном переходе от этапа 1 к этапу 3. При сопоставлении результатов определения СД полученных образцов и образца сравнения с известной степенью деацетилирования (табл. 1) показало, что значения СД ниже ожидаемых величин, что согласуется с представлениями о недостаточной точности потенциометрического метода определения СД, используемого только для растворенной в кислоте части хитозана [4].

Таблица 1

Степень деацетилирования продуктов поэтапной обработки раствором NaOH

№ п/п	Этапы обработки	СД, %
1	1 этап	5,29
2	2 этап	8,48
3	3 этап	39,01
4	Хитозан (сравн.)	57,19 (>0,75*)

*СД хитозана SA, заявленная производителем

Хитин и хитозан относятся к числу гидрофильных полярных полимеров. Влагоемкость этих полимеров зависит от природы полярных групп и их доступности для молекул воды. На сорбционную способность хитин/хитозан-содержащих сорбентов существенное влияние могут оказывать наличие примесей, способ и условия очистки и модифицирования. В этой связи интерес представляло сравнительное изучение гидрофильных свойств полученных образцов. Изотермы сорбции паров воды, полученные изопиестическим методом, приведены на рис. 1, 2.

Для определения количественных параметров сорбции использовали уравнение квазихимической модели сорбционного раствора (КХМ) [5], удовлетворительно описывающее изотермы сорбции неинертных паров набухающими полимерами:

$$a = a_m \frac{\alpha \cdot P/P_0}{(1 - \beta \cdot P/P_0) \cdot (1 + (\alpha - \beta) \cdot P/P_0)} \quad (1)$$

где a_m – емкость первичных сорбционных центров (г/г); α и β – параметры уравнения, связанные с константами равновесия квазихимических реакций. Параметры уравнения приведены в табл. 2.

Сорбцию ионов Cu(II) изучали в диапазоне концентраций ~ 0,002 – 0,06 моль/л методом прямого фотометрирования растворов CuSO₄ на длине волны максимума поглощения 820 нм. Изотермы сорбции ионов меди(II) приведены на рис. 3, 4.

Данные хорошо описываются уравнением сорбции Ленгмюра:

$$a = \frac{a_m K C_p}{1 + K C_p} \quad (3)$$

где a_m – максимальная сорбционная емкость полимера; K – концентрационная константа сорбционного равновесия, характеризующая интенсивность процесса сорбции; C_p – равновесная концентрация сорбата, моль/л.

Константы уравнения Ленгмюра приведены в табл. 3.

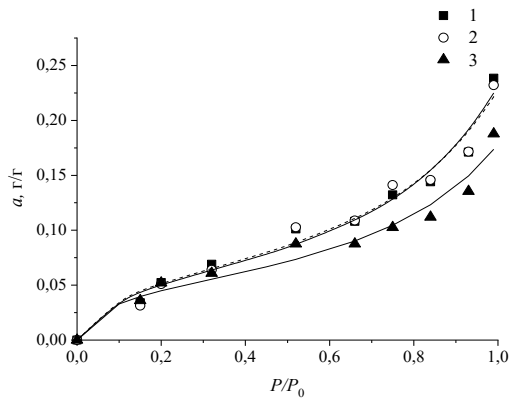


Рис. 1. Изотермы сорбции паров воды хитином (1) и продуктами его депротенизации (2) и деминерализации (3): линии – аппроксимация уравнением КХМ

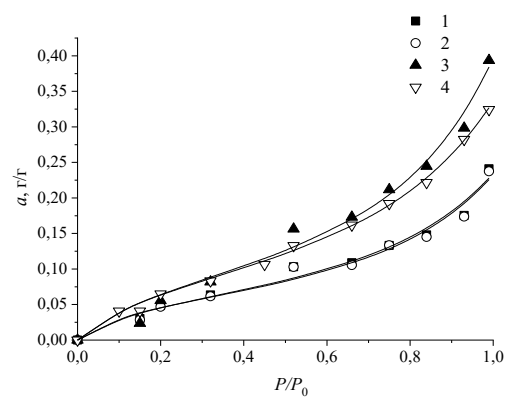


Рис. 2. Изотермы сорбции паров воды продуктами поэтапного деацетилирования хитина: 1 – 1 этап; 2 – 2 этап; 3 – 3 этап; 4 – хитозан (сравн.); линии – аппроксимация уравнением КХМ

Таблица 2

Параметры уравнения КХМ

Образец (стадия)	a_m , г/г	α	β	R^2	a_0^* , г/г
Хитин (техн.)	0,058	7	0,75	0,990	0,220
Депротенизация	0,059	7	0,74	0,987	0,215
Деминерализация	0,052	5	0,70	0,970	0,166
Деацетилирование					
1 этап	0,073	5	0,69	0,979	0,214
2 этап	0,072	5	0,69	0,979	0,212
3 этап	0,096	5	0,77	0,995	0,382
Хитозан (сравн.)	0,104	4	0,71	0,997	0,324

* максимальная сорбционная емкость при $P/P_0 = 1$

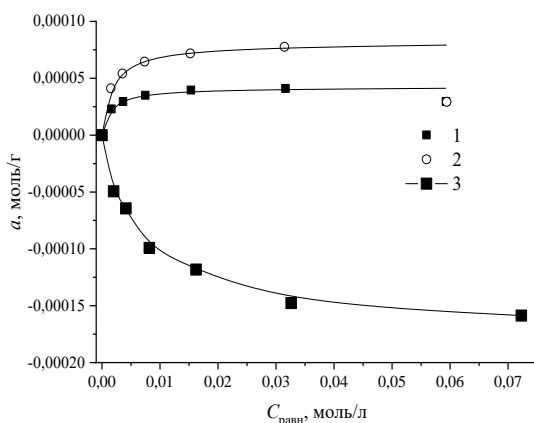


Рис. 3. Изотермы сорбции ионов меди(II) хитином (1) и продуктами его депротенизации (2) и деминерализации (3): линии 1, 2 – расчет по ур. (3)

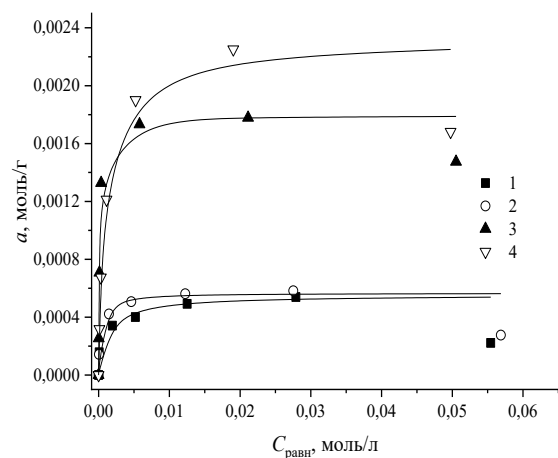


Рис. 4. Изотермы сорбции ионов меди(II) продуктами поэтапного деацетилирования хитина: 1 – 1 этап; 2 – 2 этап; 3 – 3 этап; 4 – хитозан (сравн.); линии – расчет по ур. (3)

Таблица 3

Константы уравнения Ленгмюра

Образец (стадия)	a_m , моль/г	K	R^2
Хитин (техн.)	0,00004	718,7	0,9969
Депротейнизация	0,00008	612,2	0,9971
Деминерализация	–	–	–
Деацетилирование			
1 этап	0,00055	832,1	0,9317
2 этап	0,00057	3359,7	0,9762
3 этап	0,00179	6876,2	0,9970
Хитозан (сравн.)	0,00229	1111,5	0,9963

На стадии депротейнизации гидрофильные свойства хитина не изменяются. При этом сорбционная емкость по ионам меди несколько увеличивается, что косвенно указывает на возможность деацетилирования небольшого числа ацетамидных групп при обработке 1М раствором щелочи. При последующей обработке кислотой, сорбция воды снижается, а ионов Cu(II) становится отрицательной. Известно, что хитин способен растворяться в концентрированных растворах сильных минеральных кислот, а процесс растворения сопровождается его постепенным гидролизом [6]. По всей видимости в выбранных условиях (1М HCl , 35°C) происходят набухание и частичная деградация наиболее доступных участков цепей хитина в аморфных областях с образованием продукта с высокой степенью упорядоченности.

Сорбционная способность образцов, полученных поэтапной обработкой 40% раствором щелочи выше, чем у очищенного хитина (по ионам меди на порядок), поскольку хитозан по сравнению с хитином обладает более высокой сорбционной емкостью [7]. Сорбции способствует меньшая степень упорядоченности, высокий уровень активных первичных аминогрупп и более гибкая структура полимерных цепей хитозана.

Сорбционная емкость по воде и ионам меди для образцов, полученных на 1 и 2 этапах деацетилирования, примерно одинаковы, что косвенно указывает на схожесть их химической и надмолекулярной структуры. Подтверждением этому является и близость значений «условной» СД (табл. 1), определенных потенциометрическим методом.

Для хитозана, полученного на 3 этапе деацетилирования, сорбционная емкость близка к таковой для образца сравнения, что позволяет рассматривать методику 3-х этапного деацетилирования как эффективный способ получения хитозана с высокой сорбционной способностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солдатова С. Ю. Разработка технологии получения хитозана из панцирьсодержащего сырья / С. Ю. Солдатова // Вестник НВГУ. 2015. №1. С. 51–54.
2. Пат. 2246880 Российская Федерация, МПК А 23 L 1/33, 1/056, С 08 В 37 / 08. Способ получения хитозана из хитина ракообразных / Л. И. Кривошеина, В. М. Быкова, Е. А. Ежова [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное Государственное Унитарное Предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». № 2003120500/13; заявл. 09.07.2003; опубл. 27.02.2005 // Бюл. № 6.
3. Апрятина К. В. Полимерные композиции на основе хитозана медико-биологического назначения: специальность 02.00.06 «Высокомолекулярные соединения (химические науки)»: дис ... канд. пед. наук / Апрятина К. В.; Нац. исслед. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. Нижний Новгород, 2018. 147 с.
4. Пат. 2358553 Российская Федерация, МПК А 23 L 1/33. Способ получения хитозана из хитина / А. И. Сливкин, В. Л. Лапенко, П. И. Кулинцов, А. А. Болгов; заявитель и патентообладатель Сливкин А. И., Лапенко В. Л., Кулинцов П. И. – № 2007131895/13; заявл. 22.08.2007; опубл. 20.06.2009 // Бюл. № 17.
5. Гребенников С. Ф. Сорбция в полимерных системах: монография / С. Ф. Гребенников, Ю. А. Эльтеков. СПб.: ФГБОУВПО «СПГУТД», 2014. 282 с.
6. Строкова Н. Г. Современные способы переработки хитинсодержащего сырья / Н. Г. Строкова, А. В. Подкорытова // Труды ВНИРО. 2018. Т. 170. С. 124–152.
7. Хитин и хитозан: получение, свойства и применение / Под ред. К. Г. Скрыбина, Г. А. Вихоревой, В. П. Варламова. М.: Наука, 2002. 368 с.

Синтез 4-((2-гидрокси-9-оксо-9,10-дигидроакридин-3-ил)дiazенил)бензолсульфоновой кислоты и ее устойчивость в водных растворах

Меренкова А. М., Кудрявцев Т. А., Кудрявцева Т. Н., Мельниченко В. Э.

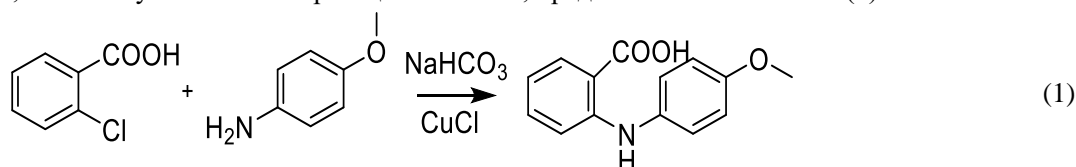
Курский государственный университет, г. Курск
anastasia.merenkova2002@yandex.ru

Азокрасители представляют собой крупнейший объем производства химических красителей на сегодняшний день, и их относительная важность может даже возрасти в будущем. Они играют решающую

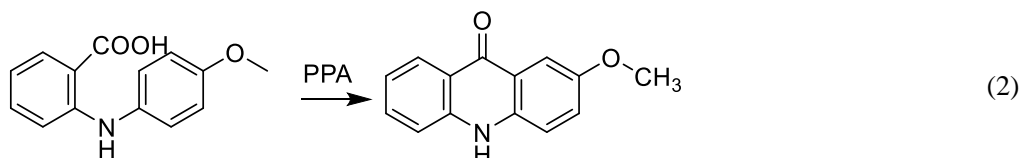
роль в управлении рынком красок и полиграфии. Примерно 70% всех красителей, используемых в промышленности, являются азокрасителями [1, 2]. Для получения желаемых цветовых свойств, выхода и размера частиц красителя для улучшения диспергируемости применяются различные способы и модификации [3].

Нами был выбран метод синтеза 4-((2-гидрокси-9-оксо-9,10-дигидроакридин-3-ил)дiazенил)бензолсульфоновой кислоты с помощью реакции азосочетания натриевой соли 2-гидроксиакридона с *p*-дiazобензолсульфонатом натрия. Реакция протекает в слабощелочной среде (pH 8–10), при температуре 0–5°C.

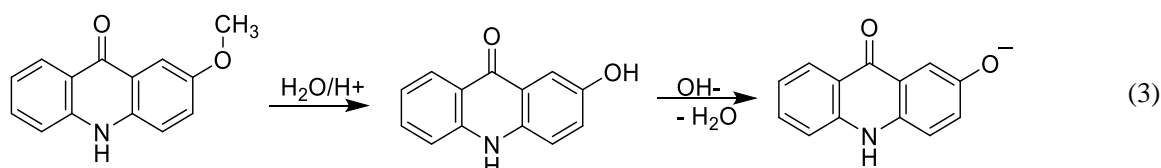
Исходный 2-гидроксиакридон является трудно доступным соединением, поэтому первоначальной задачей являлся его синтез. Метоксифенилантраниловая кислота, необходимая для синтеза 2-метоксиакридона, была получена нами по реакции Ульмана, представленной на схеме (1).



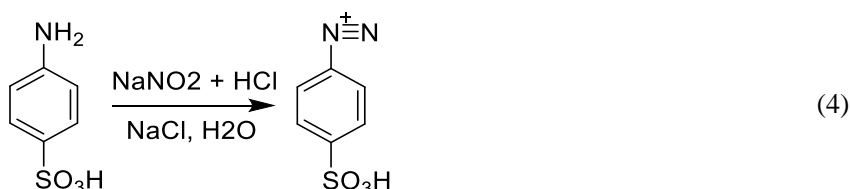
Синтез 2-метоксиакридона был осуществлен циклизацией метоксифенилантраниловой кислоты в полифосфорной кислоте по схеме (2)



Исходный 2-гидроксиакридон был получен кислотным гидролизом соответствующего метоксиакридона по схеме (3). Реакция протекает при температуре 120–150°C, под действием концентрированных кислот.



С целью получения *p*-дiazобензолсульфоната натрия нами был осуществлен синтез, представленный на схеме (4).



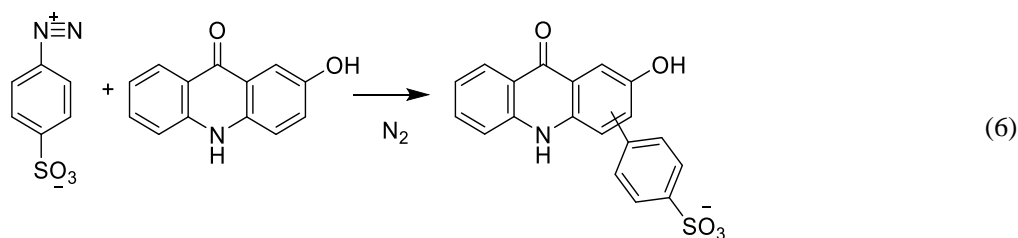
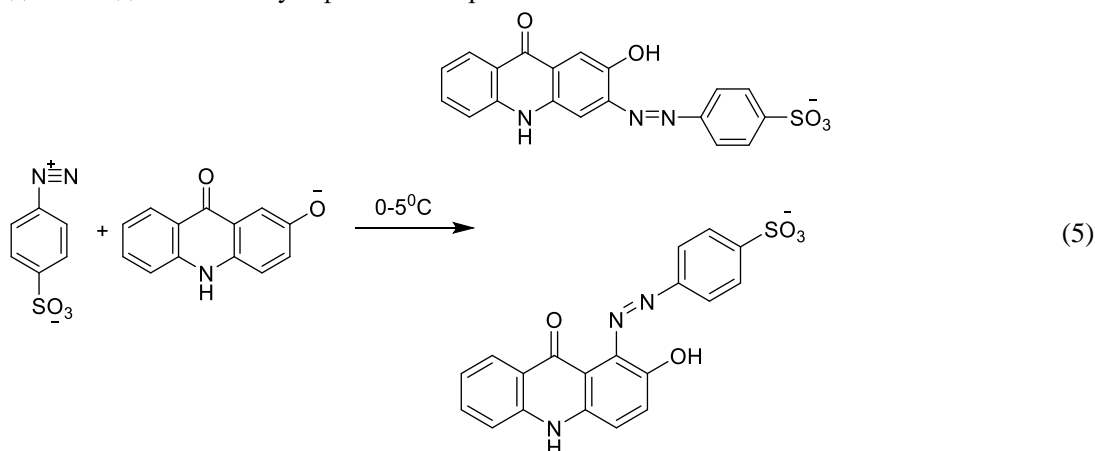
С целью получения натриевой соли 4-((2-гидрокси-9-оксо-9,10-дигидроакридин-3-ил)дiazенил)бензолсульфоновой кислоты провели реакцию азосочетания по схеме (5). Окончание реакции контролировали методом ТСХ, для анализа реакционной смеси был подобран элюент – ацетон: толуол: этанол: уксусная кислота в объемных соотношениях 5:5:5:0,2. Полученный азокраситель растворим в воде, поэтому выделяли из раствора с помощью осаждения его соли ацетоном.

Выделенная натриевая соль 4-((2-гидрокси-9-оксо-9,10-дигидроакридин-3-ил)дiazенил)бензолсульфоновой кислоты представляет собой темно-фиолетовые кристаллы [4]. При растворении в воде азокраситель не флуоресцирует. Структуру полученного соединения подтверждали методом хромато-масс-спектрологии.

Была изучена устойчивость 4-((2-гидрокси-9-оксо-9,10-дигидроакридин-3-ил)дiazенил)бензолсульфоновой кислоты в водных растворах. С помощью метода хромато-масс-спектрометрии было установлено, что в растворе синтезированного нами азокрасителя присутствуют исходная натриевая 2-гидроксиакридона, бензолсульфокислота и продукт реакции Гомберга-Бахмана, представленный на схеме (6).

Экспериментально было установлено, что, при термической обработке длительностью 16 часов в кислой среде (HCl 0,05 моль/л), 12 часов в щелочной среде (NaOH 0,025 моль/л) и 32 часа в нейтральной среде, синтезированный азокраситель, при его концентрации в исследуемых растворах 0,025 моль/л, разлага-

ется с образованием исходного 2-гидроксиакридона и бензолсульфокислоты. Данный факт подтвержден методом хромато-масс-спектрометрии. Продукт реакции Гомберга-Бахмана не был обнаружен. Для тропеолина 0 в аналогичных условиях разложения не наблюдали. На основе полученных данных, был сделан вывод, что реакция, представленная на схеме (3), является параллельной для азосочетания натриевой соли 2-гидроксиакридона с *p*-дiazобензолсульфонатом натрия.



Таким образом, показано, при азосочетании 2-гидроксиакридона с *p*-дiazобензолсульфонатом в заметном количестве образуется продукт реакции Гомберга-Бахмана, а целевая 4-((2-гидрокси-9-оксо-9,10-дигидроакридин-3-ил)дiazенил)бензолсульфоновая кислота не стабильна при кипячении в кислых и щелочных растворах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lipskikh O. I., Korotkova E. I., Khristunova Ye. P., Berek J., Kratochvil B.* Sensors for voltammetric determination of food azo dyes - a critical review. *Electrochim. Acta.* 2018. Vol. 260. P. 974–985.
2. *Berradi M., Hsissou R., Khudhair M., Assouag M., Cherkaoui O., El Bachiri A., El Harfi A.* Textile finishing dyes and their impact on aquatic environs. *Heliyon.* 2019. № 5.
3. *Shankarling G. S., Deshmukh P. P., Joglekar A. R.* Process intensification in azo dyes. *J. Environ. Chem. Eng.* 2017. №5. P. 3302–3308.
4. Азокраситель на основе 2-гидроксиакридона / А. А. Штрикова, Т. Н. Кудрявцева, Е. В. Грехнева, Е. Н. Розанова // Приоритетные направления развития науки и технологий: Доклады XXIV Международной научно-практической конференции. К 150-летию со дня основания РХО имени Д.И. Менделеева; 120-летию со дня основания Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева, Тула, 25 декабря 2018 года. Тула: Издательство "Инновационные технологии", 2018. С. 160–162.

Сорбция паров воды кристаллизующимися арамидными волокнами

Михайлов А. Д., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смотрица Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
sasha.mihaylov.01@mail.ru

Ароматические полиамиды (aramиды) – класс синтетических полиамидов, в которых более 80% –СО–NH–групп соединены с двумя ароматическими кольцами. Жесткость и высокая степень ориентации полимерной цепи, способность к образованию прочных межмолекулярных связей обеспечивают высокую химическую и термическую стабильность, повышенные прочность и модуль упругости, сохраняющиеся при повышенной температуре, которые, в свою очередь, позволяют отнести данный класс полимеров к высо-

коэффициентным материалам, используемым в производстве износостойких и термостойких изделий для аэрокосмической, военной, гражданской промышленности и др., а также в качестве армирующих элементов в композиционных материалах [1]. Особый интерес представляет изучение влияния условий эксплуатации на материалы, изготовленные из арамидных волокон и нитей, в частности влияния воды. Несмотря на низкую влагоемкость, в ароматических полиамидах при длительном воздействии воды могут происходить процессы, приводящие к перестройке элементов тонкой структуры [2, 3], а, следовательно, к изменению деформационных и прочностных характеристик.

В этой связи, представляет интерес изучение влияния воды на структуру арамидных волокон, отличающихся химическим составом. Корректная интерпретация экспериментальных данных возможна при наличии не только информации о структуре исходных (не подвергнутых длительному воздействию воды) волокон, но и о их количественных параметрах сорбции, полученных с привлечением адекватных сорбционных моделей. Поэтому целью данной работы являлось изучение сорбции водяного пара рядом полиамидных волокон, включая алифатический. В качестве объектов исследования использовали готовые параарамидные волокна на основе поли-*n*-фенилентерефталамида (Kevlar 49) (арамид 1) и его сополимера *n*-фенилен/3,4'-дифенилэфиртерефталамида (Technora T 200) (арамид 2), а также волокно на основе поликапромида (ПА-6) для возможности сопоставления результатов. Исследуемые волокна имеют частично кристаллическую структуру со степенью кристалличности 65–68% [4].

Изотермы сорбции измеряли изопиестическим методом при температуре $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Перед исследованием образцы высушивали до постоянной массы при температуре 110°C . Величину сорбции (a) рассчитывали в г H_2O / г сух. образца. Изотермы сорбции приведены на рис. 1.

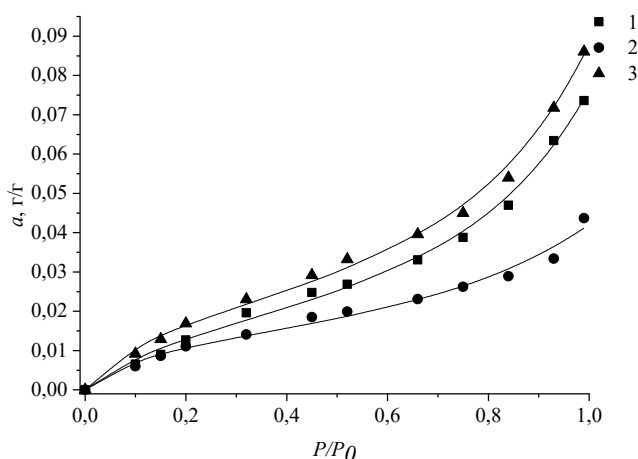


Рис. 1. Изотермы сорбции паров воды: 1 – арамид 1; 2 – арамид 2; 3 – ПА-6; точки – эксперимент; линии – аппроксимация уравнением КХМ

При описании изотерм сорбции водяного пара в рамках различных сорбционных моделей нами обнаружено, что наилучшее согласие экспериментальных и расчетных данных на всех участках изотермы наблюдается при использовании уравнения Лаатикайнена-Линдстрема квазихимической модели (1) и термического уравнения сорбции (2) [5]:

$$a = a_m \frac{\alpha \cdot P/P_0}{(1 - \beta \cdot P/P_0) \cdot (1 + (\alpha - \beta) \cdot P/P_0)}, \quad (1)$$

где a_m – концентрация доступных сорбционных центров; α и β – параметры уравнения, связанные с константами равновесия квазихимического равновесия.

$$a = a_0^0 \left(- \left(- \frac{\Delta\mu_1}{E} \right)^n - a(T - T_0) \right), \quad (2)$$

где a – величина сорбции при парциальном давлении пара P и температуре T ; a_0^0 – предельная величина сорбции при давлении насыщенного пара P_0 и температуре T_0 , зависящая от природы сорбата и степени кристалличности полимера; $\Delta\mu_1 = RT \ln(P/P_0)$ – изменение химического потенциала водяного пара при сорбции; $\alpha = (\partial \ln a / \partial T)_{\Delta\mu_1}$ – термический коэффициент сорбции, n – ранг уравнения, зависящий от структуры сорбента; E – характеристическая энергия сорбции.

Параметры уравнений (1) и (2) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры уравнений сорбционных моделей

Образец	Уравнение (1)						Уравнение (2)			
	a_m , г/г	a_0^* , г/г	β	α	R^2	$N_{c \max}$	E , Дж/моль	a_0 , г/г	n	R^2
Арамид 1	0,019	0,073	0,77	6	0,996	4	1691	0,076	0,7	0,991
Арамид 2	0,014	0,041	0,69	9	0,986	3	2403	0,042	0,7	0,988
ПА-6	0,021	0,081	0,77	8	0,997	4	1937	0,088	0,7	0,991

* максимальная сорбционная емкость при $P/P_0=1$, рассчитанная по уравнению (1)

Достоинством модели (1) является реализация возможности разделения экспериментальной изотермы на моды связанной и относительно свободной (кластерной) воды, а также расчета среднего числа молекул воды в кластере. Пример такого разделения приведен на рис. 2.

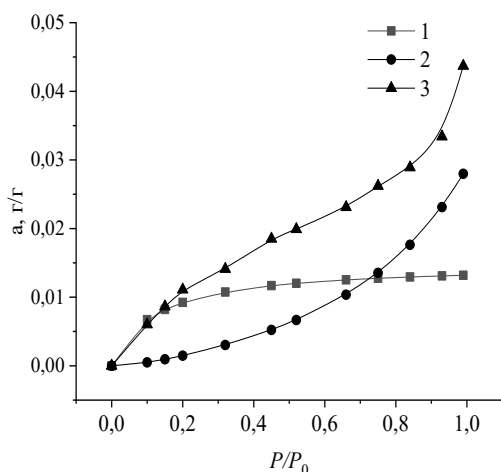


Рис. 2. Изотермы сорбции паров воды арамидом 2: 1 – иммобилизированной на доступных активных центрах; 2 – кластерной; 3 – экспериментальная

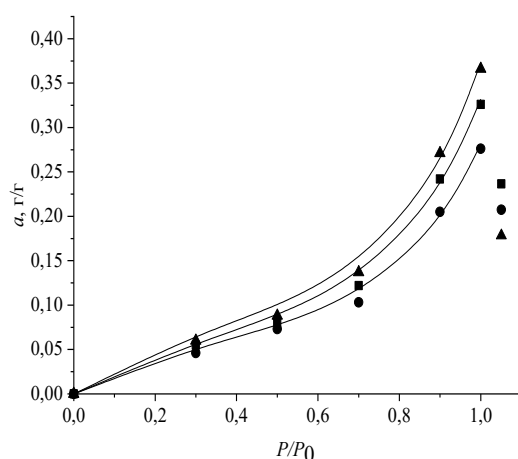


Рис. 3. Изотермы сорбции паров воды аморфными аналогами полиамидных волокон: 1 – арамид 1; 2 арамид 2; 3 – ПА-6

Обнаружено, что по своим сорбционным параметрам, готовое (прошедшее все технологически регламентированные стадии производства) волокно арамид 1 близко к таковым для алифатического полиамида (капрон). Арамид 2 характеризуется значительно меньшими значениями концентрации доступных центров сорбции, максимальной сорбционной емкости, параметра «жесткости» β и кластерного числа. Это указывает на его более жесткую упорядоченную структуру в ряду изучаемых полиамидов.

Сорбционный метод позволяет приближенно оценить степень кристалличности (СК) изучаемых полиамидов, исходя из предположения о доступности для молекул воды активных центров только в аморфных областях [6]:

$$СК = \frac{a_{ам} - a}{a_{ам}} \quad (3)$$

где $a_{ам}$ – сорбционная емкость аморфного аналога полимера.

Для оценки сорбционной емкости аморфных аналогов при различных значениях относительного давления водяного пара использовали метод Ван Кревелена, сущность которого заключается в суммировании вкладов в величину сорбции от каждой функциональной группы, присутствующей в одном элементарном звене полимера, в предположении полной доступности функциональных групп для молекул воды:

$$a^a = \frac{M_{H_2O} \cdot \sum a_i}{M_{зв}} \quad (4)$$

Изотермы сорбции аморфных аналогов полимеров приведены на рис. 3, результаты расчета СК по уравнению (3) приведены в табл. 2. Значения СК, рассчитанные в интервале P/P_0 0,3–0,7, хорошо согласуются между собой. При относительных влажностях, соответствующих правой ветви изотермы, степени кристалличности несколько выше, что обусловлено влиянием на сорбционную емкость жесткости поли-

мерных цепей, что не учитывается в методике Ван Кревелена. Поэтому для получения обобщенной по всей изотерме информации для расчета степени кристалличности мы воспользовались уравнением (5), связывающим степень кристалличности и интегральные теплоты сорбции полимера (q) и его аморфного аналога ($q_{ам}$) [7]. Значения интегральных теплот сорбции оценивали, исходя из констант термического уравнения (2) (табл. 1) по уравнению (6) [5].

$$СК = 1 - \frac{q}{q_{ам}} \quad (5)$$

$$q_i = \left(\frac{Ea_0^0}{M \cdot n} (1 - \alpha T) \cdot \Gamma(1/n) \right) \quad (6)$$

где $\Gamma(1/n) = 0,886$ – гамма функция; M – молекулярная масса сорбата.

Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета степени кристалличности

Образец	Уравнение (3)					Уравнение (5)
	СК (3)					СК (5)
	$P/P_0 0,3$	$P/P_0 0,5$	$P/P_0 0,7$	$P/P_0 0,9$	$P/P_0 1$	
Арамид 1	0,64	0,66	0,68	(0,74)	(0,77)	0,68
Арамид 2	0,69	0,73	0,75	(0,84)	(0,84)	0,70
ПА-6	0,62	0,62	0,67	(0,74)	(0,76)	0,63

* максимальная сорбционная емкость при $P/P_0 = 1$, рассчитанная по уравнению (1)

Можно видеть, что результаты, полученные по уравнениям (3) (в интервале относительных давлений паров 0,3–0,7) и (5) хорошо согласуются между собой и данными рентгеноструктурного анализа, что свидетельствует об адекватности использования сорбционных данных для определения структурных параметров кристаллизующихся полиамидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлин А. М. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы / А. М. Михайлин. – СПб.: Профессия, 2006. – 624 с.
2. Структурные особенности полимеров, выявляемые методом сорбции паров воды / М.М. Иовлева, Л.Я. Коновалова, Г.С. Негодяева [и др.] // Высокомолек. соед. Сер. Б. 1983. № 10. С. 776–777.
3. Разрушение жидкокристаллических структур в параамидных полимерах при набухании в воде / Т. В. Смотрина, С. Ф. Гребенников, К. Н. Бусыгин [и др.] // Высокомолек. соед. Сер. А. 2017. Т. 59, №2. С. 165–173.
4. Протонная магнитная релаксация в ароматических полиамидах при сорбции водяного пара / Т. В. Смотрина, Ю. С. Чулкова, Д. В. Карасев // Журн. физ. хим. 2009. Т. 83, №7. С.1346–1351.
5. Гребенников С. Ф. Сорбция в полимерных системах: монография / С. Ф. Гребенников, Ю. А. Эльтеков // СПб.: ФГБОУ ВПО «СПГУТД», 2014. С. 52–105.
6. Ван Кревелен Д. В. Свойства и химическое строение полимеров / Д.В. Ван Кревелен. М.: Химия, 1976. 415 с.
7. Образование структур жидкокристаллического типа в полипараамидах / В. В. Жиженков, С. Ф. Гребенников, К. Н. Бусыгин [и др.] // Высокомолек. соед. Серия А. 2017. Т. 59, № 2. С. 156–164.

Получение N-2,4-динитрофенил-N'-2,5-дибромбензоил-п-фенилендиамин

Михайлова Э. А., студ. 5 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
elinka.elin@mail.ru

Бром производные бензойной кислоты находят широкое применение в синтезе красителей, лекарственных средств и как полупродукты в органическом синтезе, поэтому получение его производных является актуальной задачей. Большинство простых производных уже получено с хорошими выходами, поэтому важным остается получение многофункциональных производных, содержащих несколько функциональных групп, в частности, важно получение амидов, содержащих дополнительно галоген группы, способных к ректификации, потому в качестве цели нашей работы стало получение N-2,4-динитрофенил-N'-2,5-дибромбензоил-п-фенилендиамин.

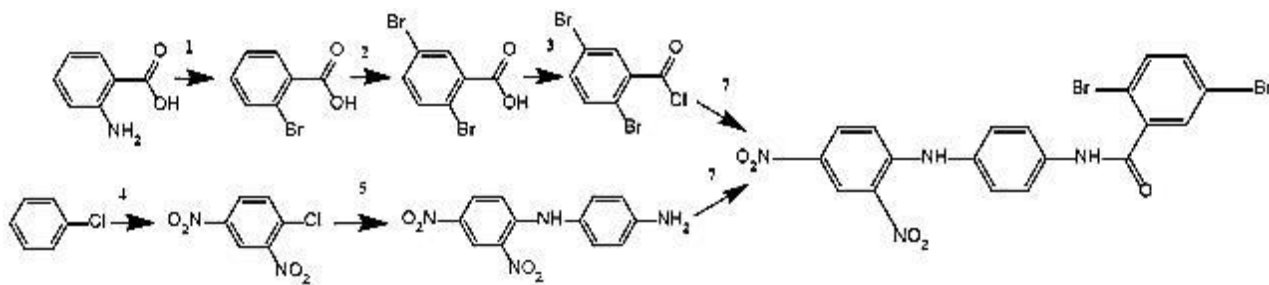
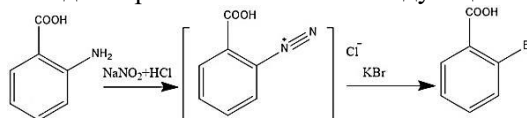


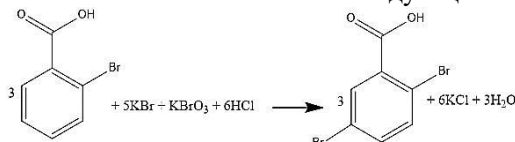
Рис.1. Схема синтеза

Стадия I. Получение о-бромбензойной кислоты. Первой частью нашей работы стало получение о-бромбензойной кислоты реакцией Зандмейера. Синтез вели по следующей схеме:



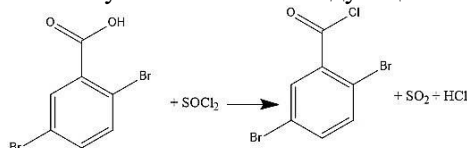
В стакан вносили навеску антраниловой кислоты и эквимолярное количество концентрированной соляной кислоты. К полученной смеси добавляли толченый лед и немного воды. Стакан помещали в охлаждающую баню и охлаждали смесь при перемешивании до 0°C. После этого осторожно приливали раствор нитрита натрия, следя за тем, чтобы температура не поднималась выше 5 °C и не выделялись оксиды азота. К полученному раствору хлорида диазония медленно при перемешивании приливали по каплям раствор эквимолярного количества бромида калия. Реакционную массу нагревали в течении 2 часов на водяной бане и оставляли на ночь. На следующий день отфильтровывали осадок на воронке Бюхнера и промывали его на фильтре водой. В результате реакции получали кристаллическое вещество светло-желтого цвета. Далее вещество высушивали на воздухе при комнатной температуре. Выход реакции составил 67%. $t_{\text{пл}} = 160\text{--}161^\circ\text{C}$.

Стадия II. Получение 2,5-дибромбензойной кислоты. Синтез 2,5-дибромбензойной кислоты вели методом окисления бромид-броматной смесью. Синтез вели по следующей схеме:



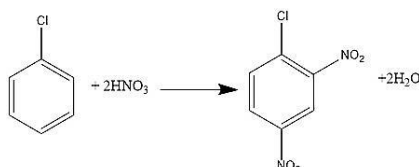
Так, мы брали навеску о-бромбензойной кислоты, вносили ее в двугорлую коническую колбу и растворяли в воде. Далее приливали при перемешивании подготовленную бромид-броматную смесь. После к получившемуся раствору по каплям вносили 20 мл концентрированной соляной кислоты. Полученную реакционную массу нагревали при температуре 40-50 °C и наблюдали медленное выделение осадка. После 1,5 часов осадкообразование прекратилось, по данным ТСХ не наблюдалось исходного вещества, поэтому мы приняли решение реакцию остановить. Осадок выделен и перекристаллизован. Выход реакции составил. $t_{\text{пл}} (\text{практ}) = 157\text{--}158^\circ\text{C}$.

Стадия III. Получение хлорангирида 2,5-дибромбензойной кислоты. Синтез хлорангирида 2,5-дибромбензойной кислоты вели по известному подходу [1], заключающемся во взаимодействии органической кислоты с хлористым тионилем. Получение вели по следующей схеме:



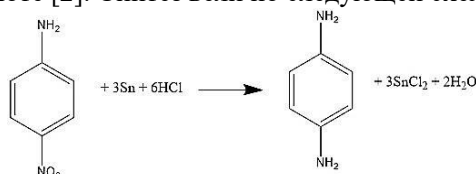
Брали навеску синтезированной ранее 2,4-дибромбензойной кислоты и вносили в колбу, снабженную обратным холодильником с хлоркальциевой трубкой, затем добавляли толуол и хлористый тионил. Реакционную смесь кипятили в течение 3 часов. По данным ТСХ исходного вещества не наблюдалось, поэтому мы приняли решение реакцию остановить. Избыток хлористого тионила отогнали на установке для простой перегонки при $t = 80^\circ\text{C}$, а полученное вещество использовали в дальнейшем синтезе.

Стадия IV. Получение 2,4-динитрохлорбензола. Синтез 2,4-динитрохлорбензола проводили реакцией нитрования из хлорбензола. Синтез вели по следующей схеме:



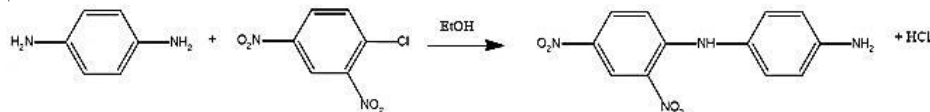
В сосуд для нитрования наливали нитрующую смесь. Далее при очень хорошем перемешивании по каплям добавляли хлорбензол при температуре меньше 5°C и мешали в течение одного часа при поддержании данной температуры. Затем медленно подняли температуру до 50°C и выдерживали реакционную смесь при перемешивании при данной температуре в течение одного часа. После этого к хорошо перемешиваемой смеси очень осторожно добавляли по каплям концентрированной серной кислоты и нагревали в течение получаса при температуре 115°C . Далее реакционной смеси дали охладиться и вылили ее в воду. При этом она сразу застыла в светло-желтую массу. Ее отделили от маточного раствора и расплавили под слоем воды для удаления кислоты. Отфильтровали и высушили вещество на воздухе. Выход реакции составил 60%. $T_{\text{плав}} = 51^{\circ}\text{C}$.

Стадия V. Получение п-фенилендиамина. П-фенилендиамин получали реакцией восстановления нитро группы оловом в соляной кислоте [2]. Синтез вели по следующей схеме:



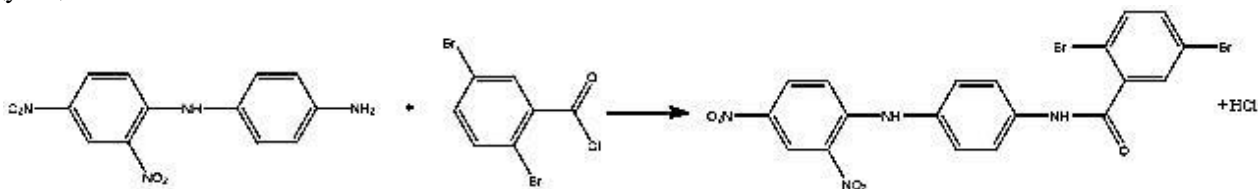
Брали навеску п-нитроанилина и насыпали в колбу, далее добавляли гранулы олова и приливали по каплям концентрированную соляную кислоту при нагревании и при перемешивании. Реакционную смесь кипятили в течение 3 часов. Осадок отфильтровали, и фильтрат охлаждали до 10°C . Выпавшие кристаллы отфильтровали и просушивали на воздухе. Выход составил 65%. $t_{\text{плав}} = 146-147^{\circ}\text{C}$.

Стадия VI. Получение 4-амино-2,4-динитро-дифениламина. 4-амино-2,4-динитро-дифениламин синтезировали замещением атома галогена в 2,4-динитрогалогенбензолах п-фенилендиамином. Получение вели по следующей схеме:



Брали навеску п-фенилендиамина, синтезированного ранее, и растворяли в спирте. После раствор перенесли в колбу, снабженную капельной воронкой, обратным холодильником и мешалкой. Колбу поместили на кипящую водяную баню. Взяли навеску 2,4-динитрохлорбензол и растворили в спирте и по каплям прибавляли к раствору п-фенилендиамина. Затем по каплям прибавляли горячий раствор ацетата натрия в воде, перемешивали в течении 40 минут, выключили и оставили на ночь. Полученный осадок отфильтровали и высушили на воздухе. Выход составил 60%. $t_{\text{плав}} = 186-187^{\circ}\text{C}$.

Стадия VII. Получение N-2,4-динитрофенил-N'-2,5-дибромбензоил-п-фенилендиамина. N-2,4-динитрофенил-N'-2,5-дибромбензоил-п-фенилендиамин получали взаимодействием полученных ранее хлорангидрида 2,4-дибромбензойной кислоты и 4-амино-2,4-динитро-дифениламина, Синтез вели по следующей схеме:



В трехгорлую колбу, снабженную механической мешалкой, капельной воронкой и термометром, погруженную в охлаждающую баню, прибавили ацетон, помещали 4-амино-2,4-динитро-дифениламин, синтезированный на стадии VI. Далее при интенсивном перемешивании по каплям прибавляли раствор хлорангидрида 2,4-дибромбензойной кислоты, полученный на стадии III. Далее перемешивание продолжали еще 20 минут и добавляли 10% раствор карбоната натрия до $\text{pH} = 8-9$. Перемешивание продолжали еще 15 минут. Осадок был отфильтрован, перекристаллизован, высушен на воздухе при комнатной температуре. Выход реакции составил 55%. $t_{\text{плав}} = 230-231^{\circ}\text{C}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Умарова З. Х., Мальхина О. В., Юсупова К. С., Юсупова Э. С. Хлорангидрид карбоновой кислоты // Закономерности и тенденции инновационного развития общества: сборник статей Международной научно-практической конференции (28 августа 2019 г., г. Волгоград). / В 2 ч. Ч.1 - Уфа: OMEGA SCIENCE, 2019. 181 с.
2. Препаративная органическая химия: пер. с пол./ под ред. Н. С. Вульфсона. Гос. М.: Науч.-техн. изд. хим. лит. 1959.

Спектрофотометрическое исследование гетеролигандного комплексообразования в системе кобальт(II) – нитрилотриуксусная кислота – этилендиамин

Михеев Н. В., студ. 4 курса

Науч. рук. — Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
nik0k0laymhf@gmail.com

Исследования в области гетеролигандного комплексообразования, поиск новых функциональных свойств соединений с одновременной координацией разных лигандов, изучение фундаментальных взаимосвязей «структура – свойства», формулирование принципов рационального дизайна комплексов, а также разработка удобных масштабируемых способов получения таких веществ представляют как фундаментальный, так и прикладной интерес. Использование различных металлоцентров, лигандов и колигандов, варьирование их числа, а также условий комплексообразования позволяет не только получить новые гетеролигандные координационные соединения, но и систематизировать сведения о их строении, наличии ряда свойств, в числе которых устойчивость или лабильность в растворах, термостабильность, растворимость в различных средах, легкость варьирования степеней окисления, редокс-потенциал, магнетизм и биологическая активность [1–5]. Возможности широкого варьирования этих характеристик, достигаемые изменением состава гетеролигандных комплексов, обуславливают многообещающие перспективы их применения в технологических процессах, в клинической и экспериментальной медицине, в сельском хозяйстве [6–9].

В работе проведено спектрофотометрическое исследование реакций образования гомолигандных комплексных соединений кобальта(II) с нитрилотриуксусной кислотой (Nta) и гетеролигандных хелатов этого металла с Nta и этилендиамином (En) в водных растворах.

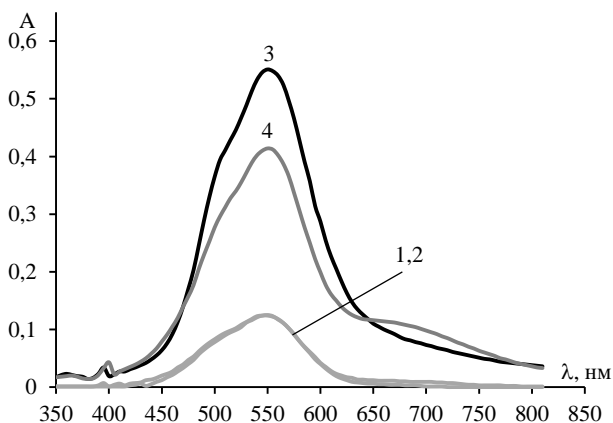


Рис. 1. Электронные спектры поглощения растворов хлорида кобальта(II) (1) и системы Co(II):Nta = 1:2 при разных pH (2-4) $C(\text{Co(II)}) = 0,01$ моль/л, $l = 3$ см

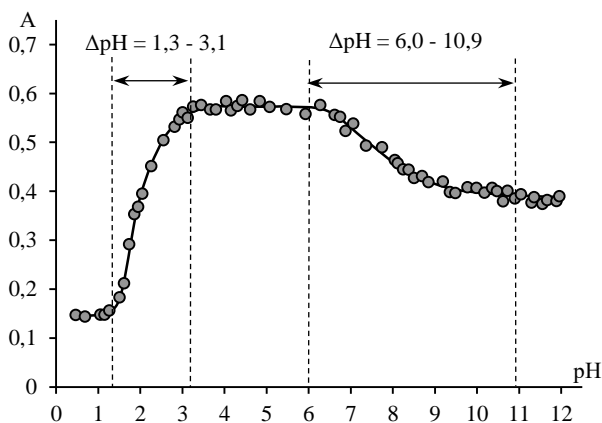


Рис. 2. Изменение оптической плотности растворов системы Co(II):Nta = 1:2 при изменении pH $C(\text{Co(II)}) = 0,01$ моль/л, $\lambda = 550$ нм, $l = 3$ см

Для аквакоординированного кобальта(II) в видимой части спектра наблюдается единственная полоса светопоглощения максимумом на длине волны 550 нм (рисунок 1). При добавлении в раствор хлорида кобальта(II) Nta с мольным соотношением, равным 1:1, оптические характеристики растворов остаются постоянными в сильноокислых средах при $\text{pH} < 1,3$, что свидетельствует о преобладании процессов протонирования Nta с подавлением реакций лигандного обмена в координационной сфере кобальта(II). При последующем увеличении pH растворов ($\Delta\text{pH} = 1,3 - 3,1$) в электронных спектрах поглощения регистрируется гиперхромный эффект с сохранением длины волны максимума светопоглощения, а в интервале $\Delta\text{pH} = 3,1 - 6,0$ светопоглощение растворов системы Co(II):Nta = 1:2 остается постоянным (рисунок 2). В

слабощелочных растворах этой системы ($\Delta\text{pH} = 6,0 - 10,9$) наблюдается гипохромное изменение оптической плотности без изменения положения характеристического максимума светопоглощения, обусловленное изменением состава координационной сферы Nta-хелата кобальта(II), существующего только в сильнощелочных средах при $\text{pH} > 10,9$. Установление мольного соотношения металла и лиганда в координационной сфере Nta-комплексов кобальта(II) проводили методами серии насыщения комплексообразователя лигандом в растворах с кислотностью среды, соответствующей интервалам pH устойчивого существования хелатов. На графиках серий насыщения при $\Delta\text{pH} = 4,0 - 5,0$ зафиксирован один излом зависимости, что свидетельствует об образовании Nta-комплекса кобальта(II) с эквимольным соотношением металл-комплексообразующий реагент, а с использованием графика серии насыщения при $\text{pH} > 11,0$ подтверждено образование как моно- так и бис-комплексонатов кобальта(II) с Nta (рисунок 3). Следовательно, только щелочная среда в растворах с избытком лиганда обеспечивает максимальное насыщение координационной сферы кобальта(II).

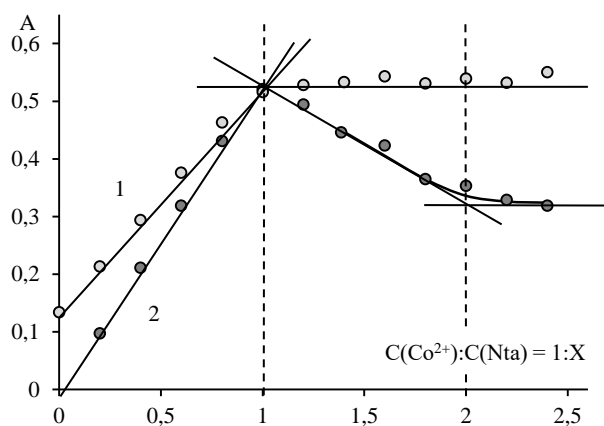


Рис. 3. Графики серий насыщения катионов кобальта(II) нитрилтриуксусной кислотой при $\Delta\text{pH} = 4,0 - 5,0$ (1) и $11,0 - 11,5$ (2). $C(\text{Co(II)}) = 0,01$ моль/л, $l = 3$ см

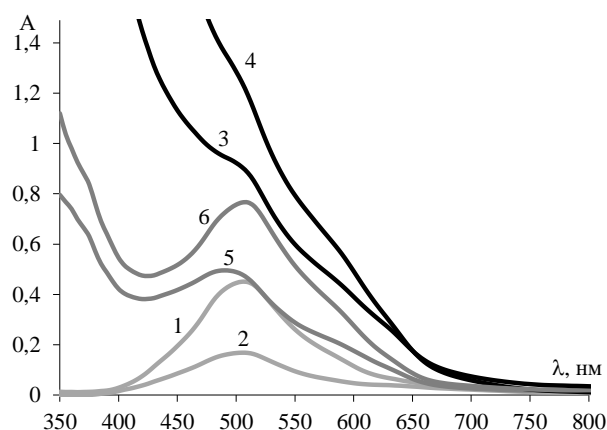


Рис. 4. Электронные спектры поглощения растворов систем $\text{Co(II):Nta} = 1:1$ (1), $\text{Co(II):Nta} = 0,5:1$ (2), $\text{Co(II):En} = 1:1$ (3), $\text{Co(II):En} = 0,5:1$ (4), $\text{Co(II):Nta:En} = 1:1:1$ (5) и $\text{Co(II):Nta:En} = 1:1:1$ через неделю после приготовления (6). $C(\text{Co(II)}) = 0,008$ моль/л, $l = 3$ см

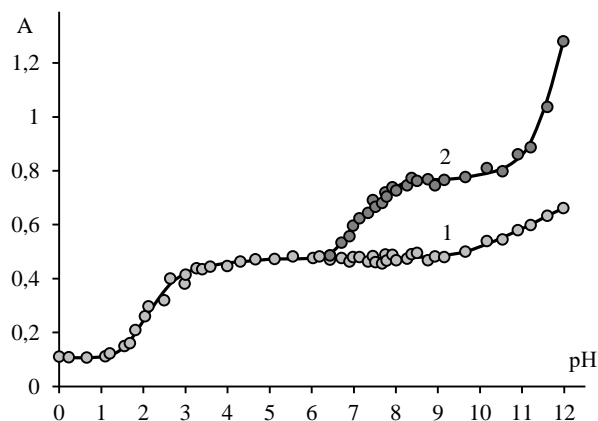


Рис. 5. Изменение электронной плотности растворов системы $\text{Co(II):Nta:En} = 1:1:1$ при разных pH сразу после приготовления растворов (1) и через неделю (2). $C(\text{Co(II)}) = 0,008$ моль/л, $l = 3$ см

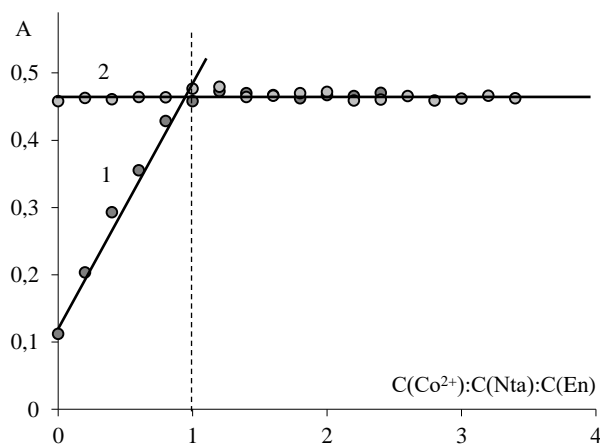
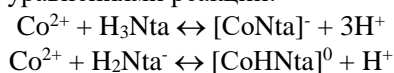
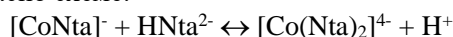


Рис. 6. Графики серий насыщения в системе $\text{Co(II)} - \text{Nta} - \text{En}$ нитрилтриуксусной кислотой (1) и этилендиамином (2) при $\Delta\text{pH} = 4,0 - 5,0$. $C(\text{Co(II)}) = 0,008$ моль/л, $l = 3$ см

С использованием зависимостей $A = f(\text{pH})$ и метода Россотти было проведено моделирование реакции комплексообразования, согласно которому в кислых растворах системы $\text{Co(II):Nta} = 1:2$ реализуется отщепление трех протонов от нейтральной молекулы Nta и одного протона от дипротонированного аниона лиганда в соответствии следующими уравнениями реакций:



А в щелочных растворах системы Co(II):Nta = 1:2 происходит внедрение второго аниона Nta в координационную сферу металла согласно схеме:



Рассчитанные численные значения логарифмов констант устойчивости нитрилтриацетатных комплексов кобальта(II) составов $[\text{CoHNta}]^0$ и $[\text{CoNta}]^-$, $[\text{Co}(\text{Nta})_2]^{4-}$ составили соответственно 2,31; 10,43 и 14,53, что хорошо согласуется с имеющимися литературными данными [10].

Для исследования реакций комплексообразования кобальта(II) в растворах при совместном присутствии Nta и En были получены электронные спектры поглощения двойных систем Co(II):Nta = 1:1, Co(II):Nta = 1:2, Co(II):En = 1:2 и Co(II):En = 1:2, а также щелочного раствора тройной системы Co(II):Nta:En = 1:1:1, представленные на рисунке 4. Согласно полученным данным, электронный спектр поглощения тройной системы не совпадает с ЭСП двойных систем, что, вероятно, обусловлено процессами гетеролигандного комплексообразования в исследуемой системе. Кроме того, установлено, что оптические характеристики раствора системы Co(II):Nta:En = 1:1:1 изменяются во времени, что, по-видимому, обусловлено с незначительной скоростью реакций лигандного обмена. На рисунке 5 приведены зависимости $A = f(\text{pH})$ для системы Co(II):Nta:En = 1:1:1, полученные сразу после приготовления растворов и при хранении растворов в течение недели. Установлено, что светопоглощение системы Co(II):Nta:En = 1:1:1 остается постоянным в растворах с $\text{pH} < 6,0$, а наибольшее изменение оптической плотности во времени регистрируется при $\text{pH} > 8,5$. Последующие измерения позволили определить, что равновесие в щелочных растворах системы Co(II):Nta:En = 1:1:1 не достигается даже при хранении растворов в течение трех недель. С применением метода серий насыщения доказано, что в кислых растворах соли кобальта(II) в присутствии Nta и En, реализуется координация только аминокарбоксилатного лиганда с дискриминацией донорных возможностей полиамина (рисунок 6). Подтверждение состава комплексных соединений кобальта(II), образующихся в щелочных растворах системы Co(II):Nta:En = 1:1:1, требует значительного временного интервала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щеглова Н. В., Печникова А. С., Шевченко А. И., Смотрина Т. В., Попова Т. В. Смешаннолигандные комплексы кобальта(III) с этилендиамином и этилендиаминтетрауксусной кислотой в водных растворах // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17. № 17. С.56.
2. Щеглова Н. В., Попова Т. В. Смешаннолигандные комплексы никеля(II) и меди(II) в реакциях конкурирующего хелатирования полиаминополиацетатными и полиаминными лигандами // Изв. АН. Серия химическая. 2020. № 9. С. 1771.
3. Оразаева О. А., Щеглова Н. В., Попова Т. В. Гетеролигандное и конкурирующее комплексообразование в тройных системах медь(II) – иминодиуксусная кислота – полиамин // Вестник Технолог. ун-та. 2022. Т. 25. № 9. С. 12.
4. Попова Т. В., Щеглова Н. В. Сравнительное исследование процессов образования гетерометаллических диэтилентриаминпентаацетатов кобальта(II), никеля(II) и меди(II) в водных растворах // Журн. физ. химии. 2022. Т. 96. № 6. С. 806.
5. Корнев В. И., Семёнова М. Г. Гетеролигандные комплексы кобальта(II) с нитрилтриуксусной кислотой и дикарбоновыми кислотами // Вестник Удмурт. ун-та. Физика. Химия. 2008. Вып. 2. С. 65.
6. Корнев В. И., Семёнова М. Г. Взаимодействие кобальта(II) и никеля(II) с комплексами ряда карбоксиметиленаминов и малоновой кислотой в водном растворе // Вестник Удмурт. ун-та. Физика. Химия. 2010. Вып. 1. С. 34.
7. Barnard N. I., Visser H. G. Novel synthetic method for cobalt complexes: Structural and kinetic study of $[\text{Co}(\text{nta})(\text{py})(\text{H}_2\text{O})]$ // Inorg. Chem. Comm. 2012. № 15. P. 40.
8. Gazala M. H., Hander B. Complexes of cobalt(II) involving nitrilotriacetic acid and some biologically active ligands // Res. J. Chem. Sci. 2012. Vol. 2. № 3. P. 12–20.
9. Луценко И. А., Ямбулатов Д. С., Кискин М. А., Нелюбина Ю. В., Примаков П. В., Беккер О. Б., Сидоров А. А., Еременко И. Л. Моноядерные комплексы Cu^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} с анионами 2-фуранкарбоновой кислоты и 2,2'-bpy: синтез, строение и биологическая активность // Коорд. химия. 2020. Т. 12. № 6. С. 715.
10. Stability Constants Database SQUERY. Version 1.38, IUPAC and Academic Software SQUERY, 1993.

Изучение молекулярного механизма разложения органических нитратов

Пантюхин В. А., студ. 5 курса

Науч. рук. – **Петухова Т. В., канд. хим. наук, доц.**

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
vitaliy.pantuykhin99@gmail.com

Нитросоединения приобретают огромную популярность в последнее время. Это обусловлено большой востребованностью данных соединений в различных отраслях промышленного производства. Одно из основных свойств данного класса органических соединений является их способность разлагаться при относительно невысоких температурах. Данная особенность является основным направлением для изучения и

синтеза похожих нитросоединений [1]. Помимо промышленного применения, алкилнитраты очень востребованы в медицине за счет образования оксида азота (II). Данная молекула принимает участие в иммунных, сосудистых и других процессах в организме человека из-за своей возможности к расширению сосудистых каналов, а также реакции с кислородным радикалом [2]. Из-за относительно низкой температуры разложения и, следовательно, высокой опасности по причине образования большого количества энергии, практические исследования органических нитратов в лаборатории опасны [3]. Выходом из данной ситуации является изучение данных соединений с помощью компьютерных программ, способных к моделированию и квантово-химическому расчету органических нитросоединений.

Органические нитраты способны претерпевать два вида распада: радикальный, протекающий без образования переходного состояния, и молекулярный, с образованием переходного состояния [4]. В случае радикального распада энергия активации термического распада практически совпадает с энергией разрыва связи C-O [5], тогда как для расчета энергии активации реакций, протекающих по молекулярным механизмам распада, необходима оптимизация переходного состояния, что затрудняет расчеты и приводит к значительному увеличению затрат машинного времени. В этом случае энергия активации рассчитывается как разность между энергией переходного состояния и энергией исходных веществ с идентификацией стационарных точек на основе анализа матрицы Гессе вторых производных.

Ранее в работе [5] нами проведен расчет энергии активации отрыва нитрогруппы, протекающего по радикальному механизму, для ряда органических нитратов. В данном исследовании был выбран глицеринтринитрат, претерпевающий молекулярный распад по двум возможным каналам, представленным на рисунке 1. Элиминирование азотистой кислоты может протекать либо за счет крайних нитрогрупп, либо за счет средней нитрогруппы.

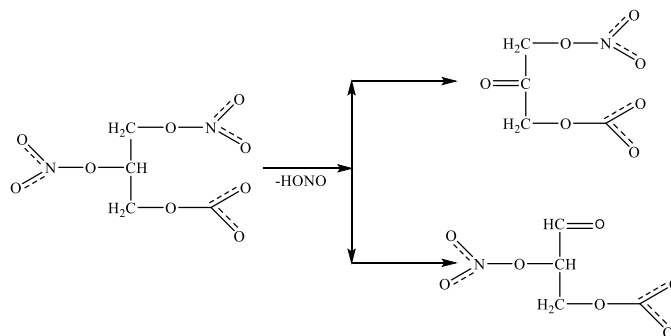


Рис. 1. Молекулярный распад глицеринтринитрата

Поиск переходного соединения для этих реакций был проведен методом функционала плотности с использованием пакета Gaussian09W методами Хартри-Фока и теории функционала плотности с гибридным функционалом B3LYP, используя базисный набор 6-31G(d) с последующей визуализацией результатов в программе GaussView. Благодаря вычислениям были получены переходные соединения, представленные на рисунках 2 и 3. Полученные геометрические и энергетические данные для упрощения были структурированы в таблицу 4.

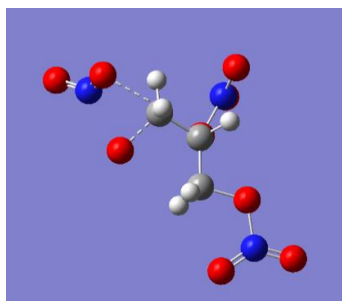


Рис. 2. Переходное состояние 1, соответствующее переходу в динитратглицеринового альдегида

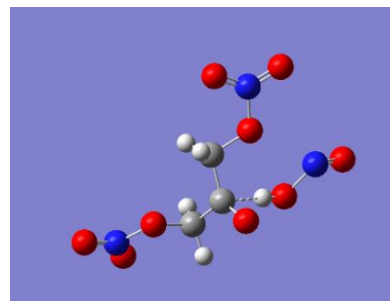


Рис. 3. Переходное состояние 2, соответствующее переходу в динитратдиоксиацетона

Энергия активации распада, протекающего по радикальному механизму по результатам предыдущего исследования, составляет 133 кДж/моль [5], что в 3 раза меньше энергии активации реакции элиминирования азотистой кислоты по молекулярному механизму с образованием кетона и в 8 раз меньше, чем альдегида.

Таблица 1

Геометрические и энергетические данные глицеринтринитрата и переходных соединений

Соединение	Длина связи N-O, Å	Длина связи H-O, Å	Величина угла HCO, °	Величина угла ONO, °	Энергия активации, кДж/моль
Переходное состояние 1	2,191	1,394	114,2	139,6	876,9
Глицерин-тринитрат	1,492	2,252	107,8	117,3	–
	1,483	2,453	109,7	116,9	
Переходное состояние 2	2,157	2,043	113,2	121,2	393,2

Таким образом, мы можем сделать вывод, что энергии активации переходных состояний термического распада глицеринтринитрата имеют достаточно высокие значения, позволяющие сделать вывод невыгодности молекулярного распада с энергетической точки зрения по сравнению с радикальным распадом. Полученные результаты будут основой для последующего изучения других более сложных молекул и их переходных состояний, а также для изучения и сопоставления распада органических нитратов по другим механизмам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаева Е. В. и др. Структура переходного состояния реакции гомолитического разрыва связи CN и конкуренция различных механизмов первичного акта газофазного мономолекулярного распада нитробензола // Изв. АН. Сер. Хим. 2019. №. 8. С. 1510–1524.
2. Первушин В. В., Горецкая Т. И. Оксид азота-незаменимый радикал для нашего здоровья // Международный студенческий научный вестник. 2021. №. 2. С. 171–171.
3. Вдовина Н. П., Корчагина А. А., Будаев И. А. Химическая стойкость нитратов целлюлозы: обзор // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2023. №5. С.6–20.
4. Влияние молекулярной структуры на энергию диссоциации связи O-NO₂ и энергию активации радикального распада нитратов целлюлозы / Г. М. Храпковский, Г. Г. Гарифзянова, Д. Л. Егоров, Д. В. Чачков // Химическая термодинамика и кинетика: Сборник материалов Десятой Международной научной конференции, Великий Новгород, 25–29 мая 2020 года. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2020. С. 260–262.
5. Пантюхин В. А. Квантово-химическое изучение механизма образования NO₂-радикала / В.А. Пантюхин, Т.В. Петухова // Современные проблемы естественных наук и фармации : сборник статей Всероссийской научной конференции, Йошкар-Ола, 16–20 мая 2022 года. Том Вып. 11. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2022. С. 464–466.

Состояние катионов кобальта(II, III) в водных растворах трис-(1-гидроксиметил)аминометана

Петухова М. Э., студ. 1 курса

Науч. рук. — Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
mary.petukhova.01@mail.ru

Изучение комплексных соединений переходных металлов с биологически активными лигандами является одним из актуальных направлений исследований в координационной химии, что обусловлено необходимостью разработки новых высокоэффективных лекарственных средств и фармацевтических препаратов, в том числе посредством хелатирования катионов биогенных металлов с терапевтическими комплексообразующими агентами. Введение металлов в состав фармацевтического препарата увеличивает не только биологическую активность, но и обнаруживаются новые биологические свойства данного лекарственного средства. Трис-(1-гидроксиметил)аминометан (2-амино-2-гидроксиметил-пропан-1,3-диол, Tris, Трисамин, Трометамин, Трометамол, Трометан, Трисаминол), водные растворы которого широко используются в качестве буферных растворов для сохранения кислотности среды, соответствующей физиологическим жидкостям живых организмов (рН 7,0 – 9,2) [1], может рассматриваться в качестве хелатирующего агента. В настоящее время 3,66 %-ного раствор Tris, который проявляет сходные с плазмой крови основные и осмоотичные свойства, используется для лечения тяжелого метаболического ацидоза в условиях интенсивной терапии [2–4]. Кроме того, солеобразные соединения, образованные протонированным катионом Tris с анионными формами ацетилсалициловой кислоты, карбопроста, кеторолака, обеспечивают повышение растворимости лекарственных субстанций и активно применяются в производстве фармацевтических препаратов [5, 6]. Tris является компонентом вакцин для профилактики коронавирусной инфекции, в том числе вакцин Moderna COVID-19 [7], Pfizer-BioNTech COVID-19 [8] и Гам-КОВИД-вак [9] и определяет повышение проницаемость клеточных мембран. В то же время, объектами

для активного изучения и применения являются комплексные соединения кобальта(III) с азот- и кислородсодержащими лигандами, характеризующиеся противоопухолевой, антианемической, антиаритмической и антимикробной активностью в отношении ряда патогенов человека [10–15].

В работе представлены результаты спектрофотометрического и потенциометрического исследования реакций взаимодействия катионов кобальта(II, III) с трис-(1-гидроксиэтил)аминометана в водных растворах. Спектрофотометрическое изучение реакции комплексообразования в системе Co(II, III) – Tris проводили исследованием электронных спектров поглощения (ЭСП) растворов. В ЭСП растворов аквакоординированного кобальта(II) в видимой части спектра наблюдается единственная полоса светопоглощения с максимумом при длине волны 550 нм. Для установления влияния кислотности среды на процессы комплексообразования в системе Co(II) – Tris были приготовлены серии растворов с постоянными соотношениями концентраций ионов кобальта(II) и Tris, равными 1:2, и переменными значениями pH. Установлено, что светопоглощение растворов системы Co(II):Tris = 1:2 не изменяется в интервале pH от 0,6 до 6,6 (рисунок 1). Аналогичный характер зависимости зарегистрирован и при 10-кратном избытке Tris в растворе соли кобальта(II), где процесс осадкообразования наблюдается при pH > 6,0.

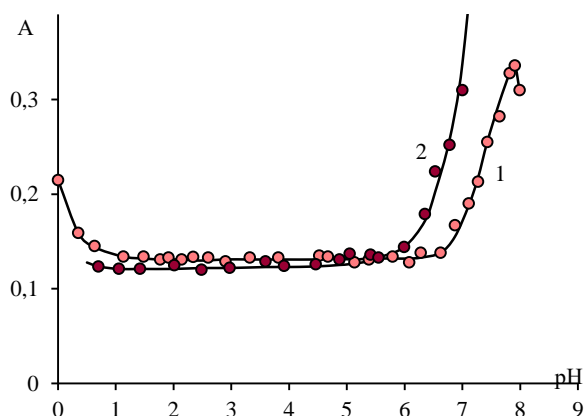


Рис. 1. Изменение оптической плотности водных растворов в системах Co(II):Tris = 1:2 (1) и 1:10 (2) при разных pH
C(Co(II)) = 0,01 моль/л, $\lambda = 550$ нм, l = 3 см

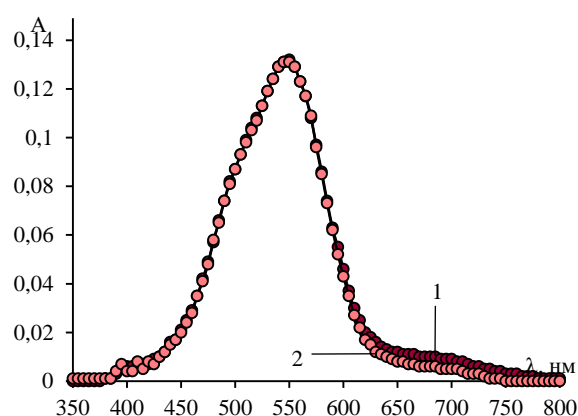


Рис. 2. Электронные спектры поглощения водных растворов хлорида кобальта(II) (1) и системы Co(II):Tris = 1:2 при pH 5,0 (2),
C(Co(II)) = 0,01 моль/л, l = 3 см

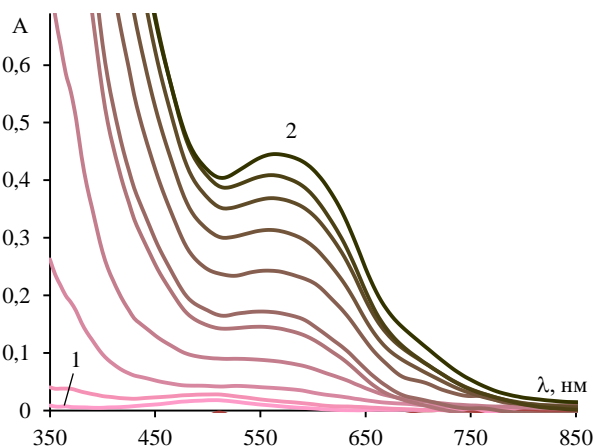


Рис. 3. Изменение электронных спектров поглощения растворов системы Co(II):Tris:H₂O₂ = 1:10:10 в интервале pH от 5,6 (1) до 7,5 (2)
C(Co(II)) = 0,004 моль/л, l = 1 см

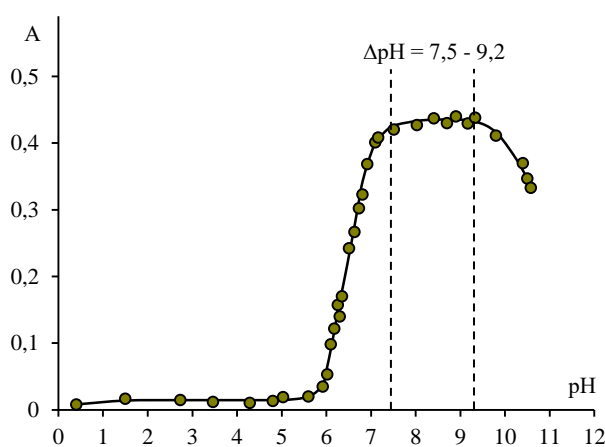


Рис. 4. Изменение оптической плотности водных растворов в системе Co(II):Tris:H₂O₂ = 1:10:10 при разных pH
C(Co(II)) = 0,004 моль/л, $\lambda = 565$ нм, l = 1 см

Установлено также, что при добавлении с растворами системы Co(II):Tris = 1:10 пероксида водорода в 10-кратном избытке по отношению к концентрации катионов кобальта(II) формирование твердой фазы при pH > 6,0 не происходит. Нейтральные растворы Co(II):Tris:H₂O₂ = 1:10:10 приобретают интенсивную коричнево-зеленую окраску, а в электронных спектрах поглощения растворов регистрируется формирование полосы светопоглощения с максимумом на длине волны 565 нм (рисунок 3). По мере увеличения ще-

лочности растворов наблюдается увеличение оптической плотности растворов с сохранением гомогенности системы. Образующееся соединение устойчиво в интервале $\Delta pH = 7,5 - 9,2$, в сильнощелочных растворах наблюдается ослабление окраски растворов (рисунок 4). По-видимому, в растворах соли кобальта(II) в присутствии трис-(1-гидроксиэтил)аминометана и пероксида водорода реализуются одно-временные процессы окисления катионов металла и комплексообразования с формированием координационных частиц кобальта(III) с Tris. Последующие исследования позволят установить состав Tris-комплекса кобальта(III) и оценить его термодинамическую устойчивость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fischer B. E., Haring U. K., Tribolet R., Sigel H. Metal ion/buffer interactions. Stability of binary and ternary complexes containing 2-amino-2(hydroxymethyl)-1,3-propanediol (Tris) and adenosine 5'-triphosphate (ATP) // European Journal of Biochemistry. 1979. Vol. 94. № 2. P. 523.
2. Бутров А. В., Мороз В. А. Роль и место трометамола в коррекции кислотно-основного состояния крови // Consilium medicum. Гастроэнтерология. 2010. № 8. С. 91.
3. Трекова Н. А., Торшин С. В., Зацепина Н. Е., Гулешов В. А. Применение препарата Трометамол Н для коррекции кислотно-основного состояния крови при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения // Трудный пациент. 2011. Т. 9. № 6. С. 12.
4. Тенаев Р. Ф., Ластовка В. А., Пыталь А. В., Савлук Ю. В. Метаболический ацидоз: диагностика и лечение // Педиатрическая фармакология. 2016. Т. 13. № 4. С. 384.
5. Пат. 2064475 Российская Федерация, МПК С 07 С215/40, А 61 Л31/14. Ацетилсалицилат(трис)тригидроксиэтил-метиламмония, обладающий противовоспалительной, анальгетической, жаропонижающей и антиагрегатной активностью / Ямсков И.А., Тихонов В.Е. № 92002612/04; заявл. 27.10.1992; опубл. 27.07.1996.
6. Kondratenko Yu. A., Nikonorova A. A., Zolotarev A. A., Ugol'kov V. L., Kochina T. A. Tris(hydroxymethyl)methyl ammonium salts of biologically active carboxylic acids. Synthesis, properties and crystal structure // Journal of Molecular Structure. 2020. Vol. 1207. P. 1.
7. <https://www.modernatx.com/covid19vaccine-eua/eua-fact-sheet-recipients.pdf>
8. <https://www.fda.gov/media/153447/download>
9. <https://стопкоронавирус.рф/ai/doc/1271/attach/98fd5dd3-6bcd-4318-b88b-6beff0109367.pdf>
10. Щеглова Н. В., Попова Т. В., Смотрина Т. В. Особенности образования полиаминополикарбоксилатных комплексов кобальта(III) в водных растворах при пероксидном окислении комплексов кобальта(II) // Известия Академии наук. Серия химическая. 2022. № 5. С. 946.
11. Chang E. L., Simmers C., Knight D. A. Cobalt complexes as antiviral and antibacterial agents // Pharmaceuticals. 2010. № 3. P. 1711.
12. Lee J. Cobalt (III) complexes as novel matrix metalloproteinase-9 inhibitors // Bull. Korean Chem. Soc. 2012. Vol. 33. P. 2762.
13. Kirubavathy S. J., Velmurugan R., Karvembu R., Bhuvanesh N. S. P., Parameswari K., Chitra S. Synthesis, structure, and pharmacological evaluation of Co(III) complex containing tridentate Schiff base ligand // Координац. химия. 2015. Т. 41. С. 312.
14. Abe D. O., Eskandari A., Suntharalingam K. Diflunisal-adjointed cobalt(III)-polypyridyl complexes as anti-cancer stem cell agents // Dalton Trans. 2018. Vol. 47. P. 13761.
15. Ambika S., Manojkumar Y., Arunachalam S., Gowdhami B., Meenak-shi Sundaram K. K., Solomon R. V., Venuvanalingam P., Akbarsha M. A., Sundararaman M. Biomolecular interaction, anti-cancer and anti-angiogenic properties of cobalt(III) Schiff base complexes // Sci Rep. 2019. Vol. 25. P. 2721.

Исследование концентрационных и температурных зависимостей вязкости и плотности растворов этилцеллюлозы в бутилацетате

Полевщиков Д. И., Лоскутов В. В.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
referalforme005@gmail.com

Этилцеллюлоза является простым эфиром целлюлозы общей формулы $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OC_2H_5)_x]$. Свойства данного полимера значительно варьируются при изменении степени замещения гидроксильных групп на этоксигруппы [1]. Наиболее распространенный метод получения этого эфира заключается в реакции хлорэтана с щелочной целлюлозой. Во время синтеза, замещение групп контролируется в диапазоне 44,5 % и выше (коэффициент замещения 2,0 и больше, но ниже теоретического максимума 3,0). В пределах этого диапазона получаемые эфиры определены в четыре группы, используемых в промышленности: G-тип (44,5–45,5 %), K-тип (45,5–46,8 %), N-тип (47,5–49,0 %) и T-тип (49,0 % и выше). Этилцеллюлоза (ЭЦ) – гидрофобное вещество, однако она растворима в широком спектре органических растворителей, выбор которых также играет важную роль в ее свойствах [2].

Как органическое связующее и материал покрытия, ЭЦ находит широкое применение в таких областях производства как фармакология, при производстве таблеток и пленок для них [3]; пищевая промышленность, в качестве добавки Е-462 [4]; электронная промышленность. В рамках последней области, эфиры активно используются в производстве многослойных изделий радио- и микроэлектроники – они

являются важными компонентами металлизационных паст и паст сослоения, играющих роль клеевого соединения [5]. В частности, благодаря низкому зольному остатку, термической стабильности и растворимости, составным элементом многих производственных компонентов являются растворы ЭЦ N-50 и N-100 [6]. Плотность и вязкость данных растворов играют ключевую роль для определения таких параметров, как, например, кроющая способность. Помимо указанных факторов, на вязкость и плотность будет оказывать влияние температура и концентрация рассматриваемого раствора.

Из-за широкого спектра применений ЭЦ, проведено значительное количество исследовательских работ, изучающих ее различные свойства. Несмотря на это, в существующей литературе недостаточно информации о свойствах, относящихся именно к использованию растворов данного полимера в рамках производства электронных компонентов [7–9]. Установление концентрационной и температурной зависимости плотности и вязкости растворов имеет важное практическое значение для дальнейшего использования ЭЦ.

В данной работе описаны экспериментальные значения плотности и вязкости растворов ЭЦ в бутилацетате (БА) в диапазоне концентраций от 0 до 6 % и в температурном интервале 15–35 °С.

Анализируемые растворы ЭЦ N-50 (Aqualon) в БА (ЭКОС-1) с разным содержанием ЭЦ были приготовлены по массе, с использованием электронных аналитических весов (с точностью $\pm 0,0001$ грамм). Измерение эффективной вязкости растворов ЭЦ и чистого растворителя БА проводилось при помощи синусоидального вибрационного вискозиметра SV-10 (AnD, Япония) в условиях термостатирования (с точностью 0,1 °С). Температурные зависимости плотности определялись с применением вибрационного измерителя плотности ВИП-2МР.

Вискозиметр SV-10 имеет две тонкие сенсорные пластины, которые приводятся в действие электромагнитной силой с одинаковой частотой, обладая постоянной синусоидальной вибрацией. Измерения вязкости проводятся с помощью метода камертонной вибрации. За основу измерений берется величина электрического тока, необходимая для того, чтобы поддерживать постоянную амплитуду вибрации сенсорных пластин вискозиметра в жидкой среде. При вибрационном методе измерения плотность образца существенно влияет на значение вязкости. Отображаемые вискозиметром значения являются произведением динамической вязкости на плотность (размерность мПа·с·г/см³). Параметром, по которому определяется вязкость, является амплитуда колебаний датчика вискозиметра. Формула данного метода: $\sqrt{\eta\rho} = C/A$, где η – эффективная вязкость, ρ – плотность измеряемых жидкостей, а константа C была определена с использованием калибровочных жидкостей.

Работа плотномера ВИП-2МР основана на измерении периода резонансных колебаний U-образной трубки датчика плотности, заполненной исследуемой жидкостью. По измеренному значению периода колебаний вычисляется плотность заполняющей жидкости. Для этого используются результаты предварительной калибровки плотномера по двум веществам известной плотности. Благодаря малой амплитуде колебаний капилляра измерительной ячейки, вязкость измеряемой жидкости, если она не превышает допустимую, не оказывает заметного влияния на показания прибора. Температура вводимой пробы жидкости регулируется при помощи встроенного термостата.

Рис. 1а показывает экспериментальный график зависимости плотности ρ чистого БА, а также растворов ЭЦ с указанной массовой концентрацией от температуры. Данные зависимости могут быть описаны уравнением линейной зависимости, демонстрирующими температурный коэффициент:

$$\rho = \rho_0(1 - a_\rho T) \quad (1)$$

где a_ρ – температурный коэффициент плотности.

На рис. 1б показана концентрационная зависимость плотности растворов при температуре 20 °С. Как видно из рисунка, данная зависимость может быть описана двумя линейными зависимостями, причем излом наблюдается в области концентраций 2%.

Температурная зависимость динамической вязкости η растворов ЭЦ-БА различной концентрации показана на рис. 2а как зависимость ($\ln(\eta)$) от величины, обратной абсолютной температуре (T^{-1}). В исследуемом диапазоне температур (15–30 °С) в данных координатах наблюдается линейная зависимость, которая может быть описана уравнением Аррениуса:

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (2)$$

или в логарифмическом виде

$$\ln(\eta) = \ln(\eta_0) + \frac{E_a}{RT} \quad (3)$$

где E_a – энергия активации, R – газовая константа, а η_0 – предэкспоненциальный множитель (энтропийный фактор). В данном случае предполагалось, что в исследуемом температурном интервале энергия активации и предэкспоненциальный множитель не зависят от температуры.

Экспериментально полученные значения исследуемых характеристик приведены в Таблице 1.

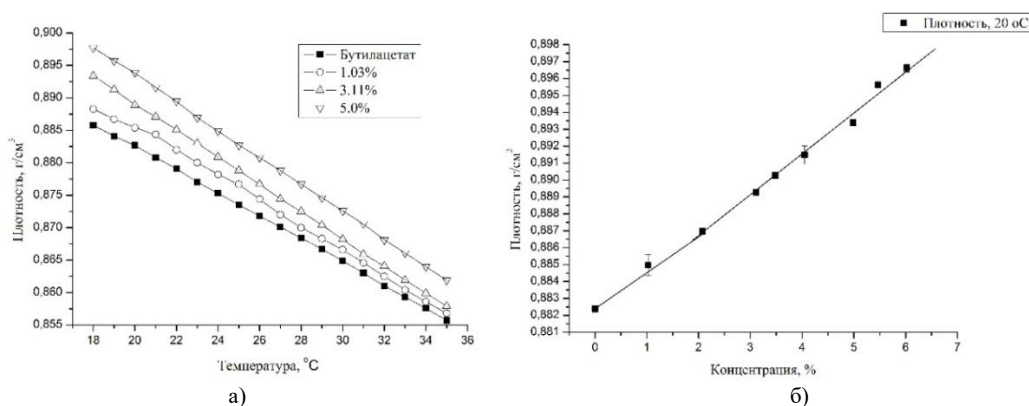


Рис. 1. а) Температурная зависимость плотности чистого БА и растворов ЭЦ-БА при разных концентрациях; прямая линия соответствует уравнению (1); б) концентрационная зависимость плотности растворов ЭЦ-БА при температуре 20 °С.

Таблица 1.

Значения плотности и вязкости исследуемых растворов при температуре 20 °С

Массовая концентрация, %	Плотность, г/см ³	Вязкость, мПа*с	Массовая концентрация, %	Плотность, г/см ³	Вязкость, мПа*с
0	0,8824±0,0002	0,793	4,05	0,8915±0,0005	269,4427
1,03	0,8850±0,0004	7,7722	4,99	0,8934±0,0002	716,5011
2,08	0,8870±0,0002	45,8321	5,47	0,8956±0,00004	667,0372
3,11	0,8893±0,0001	129,2325	6,02	0,8966±0,0002	1234,3604
3,48	0,8903±0,0001	142,0376			

Рассмотрим величину удельной вязкости, которая показывает относительное приращение вязкости чистого растворителя при прибавлении к нему полимера:

$$\eta = \frac{\eta_0 - \eta_s}{\eta_s} \quad (4)$$

где, η_0 – вязкость раствора, а η_s – вязкость чистого растворителя. Концентрационная зависимость удельной вязкости растворов ЭЦ-БА представлена на рис. 2б в двойных логарифмических координатах, поскольку, согласно скейлинговой модели [10], концентрационная зависимость вязкости растворов полимеров должна иметь степенной характер. Аналогично рис.1б, концентрационная зависимость удельной вязкости имеет излом в области концентраций 2–2,5 %.

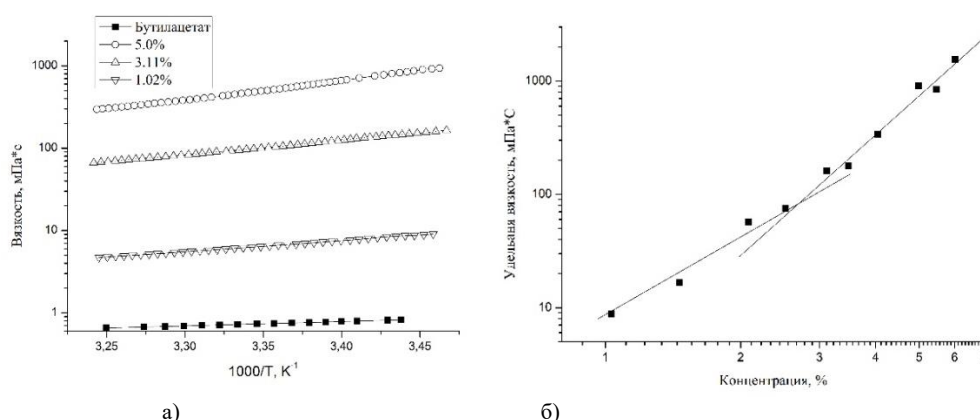


Рис. 2. а) Температурная зависимость вязкости растворов ЭЦ-БА разных концентраций в координатах Аррениуса согласно (3); б) Концентрационная зависимость удельной вязкости при постоянной температуре 20 °С.

Особенность концентрационных зависимостей свойств растворов ЭЦ заключается в способности полимеров, при достижении определенной концентрации, именуемой концентрацией перекрытия, искажать полученную линейную зависимость за счет взаимодействия макромолекул между собой. Таким образом, состояние раствора в исследуемом диапазоне концентраций можно разделить на две области:

разбавленный (<2–2,5 %), когда молекулы ЭЦ не проявляют значительного влияния друг на друга; и умеренно концентрированный (>2–2,5 %), в котором молекулы растворенной ЭЦ взаимодействуют друг с другом. Согласно скейлинговой теории, данные области также могут быть описаны двумя различными функциями показательной зависимости [10].

Работа выполнена в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 075-01252-22-03 от 26.10.2022.

ЛИТЕРАТУРА

1. Clayton G. D., Clayton F. E. (eds.) *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*. Vol. 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F: Toxicology. 4th ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 1993-1994. P. 3849.
2. Dürig T., Karan K. Binders in Wet Granulation. *Handbook of Pharmaceutical Wet Granulation*. 2019. P. 317–349.
3. Kaur G., Grewal J., Jyoti K., Jain U. K., Chandra R., Madan J. Oral controlled and sustained drug delivery systems // *Drug Targeting and Stimuli Sensitive Drug Delivery Systems*. 2018. P.576.
4. Gravelle A. J., Marangoni A. G. Ethylcellulose Oleogels: Structure, Functionality, and Food Applications // *Advances in Food and Nutrition Research*. 2018. P. 1–56.
5. Shih Y.-C., Shi F. G. Silicon Solar Cell Metallization Pastes // *Materials for Advanced Packaging*. 2016. P. 859–861.
6. Inukai K., Takahashi Y., Ri K., Shin W. Rheological analysis of ceramic pastes with ethyl cellulose for screen-printing // *Ceramics International*, 2015. Vol. 41(4). P. 5959–5966.
7. Su X., Yang Z., Tan K. B., Chen J., Huang J., Li Q. Preparation and characterization of ethyl cellulose film modified with capsaicin // *Carbohydrate Polymers*. 2020. P. 116259.
8. Brady J., Dürig T., Lee P. I., Li J.-X. Polymer Properties and Characterization // *Developing Solid Oral Dosage Forms*. 2017. P. 181–223.
9. Ahmad B., Stoyanov S., Pelan E., Stride E., Edirisinghe M. Electrospinning of ethyl cellulose fibres with glass and steel needle configurations // *Food Research International*. 2013. Vol. 54(2). P. 1761–1772.
10. Colby R. H. Structure and linear viscoelasticity of flexible polymer solutions: comparison of polyelectrolyte and neutral polymer solutions // *Rheologica Acta*. (2009. Vol. 49(5). P. 425–442.

Вопрос безопасности натуральных и синтетических добавок

Прокофьева С. А., Губа Е. Н., Бабаков А. Н.

**КФ ФГБОУ ВО КФ РЭУ имени Г. В. Плеханова, г. Краснодар
feya02@mail.ru**

Пищевыми добавками называют особые вещества, придающие продуктам новые свойства. Обычно они вводятся в процессе обработки и производства. Пищевые добавки бывают натуральными, искусственными и синтетическими. Натуральные «Е» производятся из растительных, животных или минеральных компонентов. Они не вредны для нашего организма, если нет аллергии [1]. К таким добавкам можно отнести Е100 (окрашивающее вещество из куркумы); Е406 (желирующее вещество агар-агар из морских водорослей) и др. Искусственные – вещества, которые встречаются в природе, но для промышленных целей производятся искусственно. Могут содержать побочные продукты производства. К этой группе относятся: Е260 (уксус), Е160 (каротины) и др. Говоря о полностью синтетических добавках, стоит отметить, что некоторые из них малоизучены и способны навредить организму. Существует множество веществ, которые разрешены для применения в пищевой продукции, но могут оказать влияние на организм человека, предположенного к определенным заболеваниям, при регулярном употреблении, например: Е952 (цикламат натрия), Е951 (аспартам) – встречаются в газированных напитках, Е250 (нитрит натрия). К ним относятся и запрещенные в России пищевые добавки: Е121 (краситель цитрусовый красный 2); Е123 (краситель красный амарант); Е128 (краситель красный 2G); Е216 и Е217 (консерванты пара-гидроксibenзойной кислоты пропилового эфира); Е240 (консервант формальдегид) [2].

Сначала в качестве пищевых добавок использовались только натуральные компоненты, но химическая индустрия позволила популяризировать синтетические аналоги, насчет которых до сих пор ведется много споров. Как правило, покупателей привлекает презентабельный внешний вид продукции, в которой используются пищевые добавки. Они улучшают органолептические свойства продукта, увеличивают срок хранения, повышают калорийность, улучшают текстуру, цвет и прочее [3]. Это в свою очередь повышает спрос на подобную продукцию.

Синтетические пищевые добавки не встречаются в природе, не вырабатываются в организме человека. Некоторые из синтетических добавок являются малоизученными. Исследования воздействия на организм человека синтетических добавок показало увеличения риска возникновения аллергических реакций, развития артериальной гипертензии, проблем с желудочно-кишечным трактом (тошнота, рвота, несварение желудка, боли в животе), нарушения фосфорно-кальциевого обмена (камни в почках и остеопороз), сни-

жения концентрации и увеличения риска гиперактивности у детей, возникновения злокачественных опухолей.

Определение допустимости либо запрета использования пищевой добавки в продуктах питания регламентируется законодательством и нормативно-правовыми актами страны местонахождения производителя [4].

Человек давно и успешно использует разные «пищевые добавки». В составе продуктов они обозначаются латинской буквой E. Самыми известными консервантами являются, например, соль и сахар, а красителями – сок свеклы и моркови. С введением индекса «E» многие известные продукты стали обозначать в маркировке под определенными цифрами. Например, яблочному пектину – E440, лимонной кислоте – E330, аскорбиновой – E300 и т. д.

К опасным могут относиться разного рода красители, консерванты, загустители, подсластители, усилители вкуса и трансжиры [5].

Желтые красители, которыми окрашивают апельсиновую воду и джемы, могут вызывать кожные высыпания, одышку и псевдоаллергию, а также повлиять на активность и внимание детей. К ним относятся: E102, E104 и E110. Красные красители используются в мясе и рыбе, соусах, конфетах и джемах. К ним относятся: E122, E123 (повреждает почки и может вызывать рак), E124, E127 (кроме псевдоаллергических реакций и повышенной возбудимости, вызывает заболевания щитовидной железы) и E129. Коричневые красители используют в газировке, пирожных и соусах. К ним относятся: E150 (его связывают с риском развития онкологии), E154 и E155. Азо-красители используются для придания яркости продуктам, таким как конфеты, снеки и напитки. Они могут вызывать аллергические реакции и гиперактивность у детей.

Среди консервантов широко известен диоксид серы – E220. Он применяется при хранении сухофруктов и готовых блюд. Результатом его употребления могут стать головные боли, тошнота и диарея. Нитрит калия (E249) и нитрит натрия (E250) используются для придания цвета и сохранения мяса. Они расширяют кровеносные сосуды и снижают артериальное давление, а также могут превращаться в канцерогенные соединения, которые увеличивают вероятность развития рака. Из загустителей особо неприятную славу имеют каррагинан (E407) и конжак (E425). Они входят в состав соусов и кетчупов и препятствуют всасыванию питательных веществ. Трансжиры – это искусственные жиры, которые получают в процессе гидрогенизации жиров. Они способствуют повышению холестерина и увеличивают риск сердечно-сосудистых заболеваний. Трансжиры содержатся во многих продуктах, включая быстрые перекусы, печенье и кексы. К усилителям вкуса относят глутаматы E620-E625. Они используются в картофельных чипсах, соусах, сладостях и могут вызывать привыкание. Также способны провоцировать мигрени, боль в животе, тошноту и гипертонию. К подсластителям относится аспартам E951. Он используется во многих безалкогольных напитках и продуктах для похудения, может вызывать головные боли, потерю памяти, депрессию, рак и другие побочные эффекты.

Сегодня сложно отыскать продукты с полностью натуральным составом. Большинство товаров, произведенных промышленным способом, содержат искусственные добавки [1].

В международном масштабе безопасностью пищевых добавок занимается комитет JECFA. А в России подобные вопросы находятся в ведении Роспотребнадзора. Существует документ, регламентирующий искусственные добавки: вошедшие в него элементы признаны безопасными в нашей стране (таковых около 250). К запрещенным добавкам в России относятся: красители алканит (E103), цитрусовый красный (E121), красный амарант (E123), красный 2G (E128); консерванты E216, E217, формальдегид E240 и др.

В ряде продуктов использование некоторых добавок оправдано соображениями безопасности. Например, известный консервант нитрит натрия (E250) чаще всего используется при производстве вареных, сырокопченых, солено-копченых и вяленых мясных продуктов, так как он является фиксатором окраски колбас. Кроме этого, E250 обладает антибактериальными свойствами и даже защищает продукт от бактерий ботулизма.

Потребление продуктов питания с натуральными добавками не наносит организму человека никакого вреда, так как они изготавливаются из растительного или животного сырья физическими или биологическими методами. А зачастую данный вид добавок приносит человеку даже пользу. Например, лютеин (E161b) получают методом экстракции цветков календулы специальными растворителями, в пищевой промышленности добавку применяется для придания продукту оранжевого цвета, а полезные свойства лютеина заключаются в том, что он поддерживает функционирование зрительной системы организма. Не только среди красителей имеются полезные натуральные добавки, но и в группах антиоксидантов, стабилизаторов, эмульгаторов и усилителей вкуса и аромата они присутствуют. Так, из антиоксидантов выделяют E300 – самая обычная аскорбиновая кислота, которая необходима организму человека на биохими-

ческом и физиологическом уровне, а примером полезных натуральных добавок группы усилителей вкуса и аромата являются инозиновая кислота (Е630). Данная кислота является уникальным источником энергии для животных клеток, и всеми известный глицин (Е640) признан полезным для здоровья, он улучшает работу мозга и снижает эмоциональное напряжение.

Мы уже выяснили, что пищевые добавки оказывают негативное влияние на развитие организма человека [6]. Следует дополнить, что синтетические вещества, которые часто добавляют в продукты, могут оказывать на организм следующее отрицательное воздействие:

- негативное влияние на работу печени и почек;
- повышение уровня вредного холестерина;
- приступы астмы или другие проблемы с дыхательной системой;
- сыпь, ухудшение общего состояния кожи;
- скачки артериального давления;
- отрицательное влияние на ход беременности и состояние плода.

Если раньше основными пищевыми добавками были соль и уксус, то сегодня в продукты добавляют вредные соединения, полученные синтетическим путем. Чтобы снизить до минимума вред от пищевых добавок, необходимо соблюдать несколько правил:

- внимательно изучать состав продукта перед покупкой;
- отдавать предпочтение необработанным или малообработанным продуктам;
- ограничить употребление обработанных продуктов для детей до пяти лет;
- внимательно изучать состав продуктов — чем он короче, тем меньше добавок;
- не стоит употреблять в пищу продукты слишком ярких цветов, овощи и фрукты не по сезону [1];
- избегать продуктов, на упаковке которых была замечена добавка с индексом Е;
- обращать внимание на внешний вид и срок годности продукта;
- находить время для самостоятельного приготовления блюд (в домашнем торте или салате будет меньше вредных добавок, что положительно скажется на здоровье);
- отказываться от магазинных сладостей, выпечки, колбасных изделий;
- не стоит есть фастфуд в уличных киосках и кафе (домашние бургеры или шаурма не уступают по вкусовым качествам, но имеют более полезный состав);
- овощи, фрукты и зелень стоит покупать у фермеров или знакомых, имеющих собственный дачный участок (такая растительность не обрабатывается химикатами, хотя может иметь и не такой привлекательный внешний вид);
- остерегаться продуктов с большим сроком годности (в них явно много консервантов, даже если производитель умалчивает об этом)
- избегать продуктов быстрого приготовления (отрицательно сказываются на здоровье внутренних органов).

Итак, подведем итог. Безопасность – главный критерий, которого придерживаются при добавлении в продукты пищевых добавок. Насчет безопасности добавок ведутся споры, поскольку некоторые их виды способны оказывать негативное влияние на организм. Некоторые добавки являются канцерогенными, они способны накапливаться в организме и вести к образованию злокачественных новообразований.

Надо признать, что в последнее время рынок наводнила некачественная продукция. Некоторые продукты, содержащие запрещенные в Российской Федерации добавки, поступает к нам из-за рубежа. Некоторые недобросовестные российские производители также не заботятся о здоровье людей, нарушая технологии изготовления продуктов питания. При всей сложности сложившейся ситуации производители не могут обойтись без базовых пищевых добавок, сохраняющих продукт от порчи. В настоящее время над пищевыми добавками вводится контроль: существует всем известная Е-классификация. Если добавка имеет данную кодировку, значит, она прошла проверку и соответствует критериям безопасности.

Прогнозируется значительный рост количества пищевых добавок в будущем. Новые добавки вытесняют старые. И нет гарантии, что они будут более безопасными по сравнению с ныне существующими.

В России в настоящее время для применения в пищевых продуктах разрешено 60 натуральных и синтетических красителей. Красители недопустимо применять в питьевой и минеральной воде в бутылках, молоке и многих кисломолочных продуктах, муке, сахаре, а также в производстве томатной пасты и в соусах на томатной основе. Большинство красителей природного происхождения не несет вреда здоровью [3].

Многие синтетические добавки считаются безвредными при соблюдении максимально допустимых доз. Употребление в чрезмерном количестве опасно для здоровья. В свою очередь натуральные красители могут быть источниками полезных веществ, которые благотворно влияют на организм.

ЛИТЕРАТУРА

1. 6 опасных пищевых добавок, которые часто встречаются на этикетках, 2023. – URL: <https://www.sport-express.ru/zozh/food/reviews/opasnye-pischevye-dobavki-kak-oboznachayut-konservanty-chem-vredny-usiliteli-vkusa-2047763/> (дата обращения: 05.04.2023)
2. Пищевые добавки: что такое «Е» и с чем его едят? – URL: <https://stolichki.ru/stati/pischevye-dobavki-cto-takoe-e-i-s-chem-ego-edyat> (дата обращения: 05.04.2023)
3. Воробьева А. Е. Пищевые добавки: их роль и влияние на организм человека / А. Е. Воробьева // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов ЛIII Международной студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 29 марта 2019 года. Том Часть 1. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2019. С. 218-221.
4. Пищевые добавки синтетического происхождения. – URL: <https://medum.ru/sinteticheskoe-proishozhdenie-e-dobavok> (дата обращения: 05.04.2023)
5. Issues of food quality and safety as an element of food security / N. Novikova et al. - Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2021. 200 с.
6. Economic space in the era of integration and digitalization / N. Novikov and others. - Smolensk: IP Surkova N.N., 2022. 347 p.

Исследование комплексообразования в тройной системе Fe(III) – Sm(III) – яблочная кислота

Сазанова Г. С., студ. 5 курса

Науч. рук. – Аль Ансари Я. Ф., канд. хим. наук

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
sazanova_galina_sergeevna@mail.ru

Гетерометаллические комплексные соединения карбоновых кислот с редкоземельными металлами и железом(III) могут применяться в качестве лекарственных препаратов при онкологических заболеваниях, иммунодефиците и заболеваниях крови.

Целью нашей работы явилось изучение процесса комплексообразования в тройной системе железо(III)–самарий(III) – яблочная кислота (H_2Mal). Для исследования использовались два метода, а именно, спектрофотометрический и потенциометрический методы. В работе использовали $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ квалификации «чда», $Sm(CH_3COO)_3 \cdot 3H_2O$ квалификации «хч» и L–яблочную кислоту квалификации «ч».

С целью установления протекания процесса комплексообразования в тройной системе и нахождения оптимальной длины волны были получены электронные спектры поглощения (ЭСП) ряда растворов, которые представлены на рисунке 1.

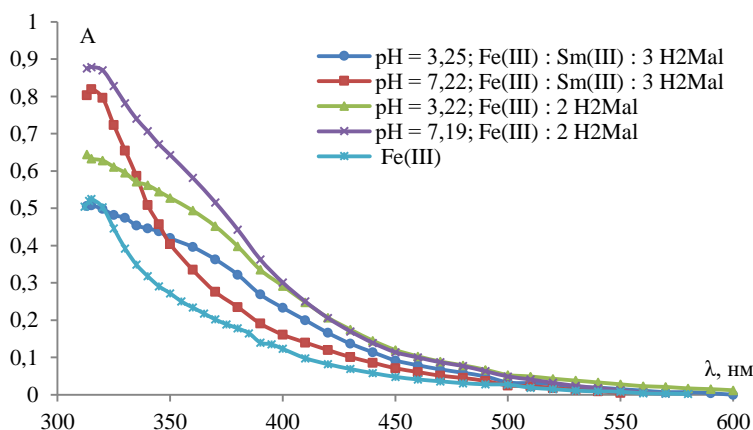


Рис. 1. Электронные спектры поглощения: $C(Fe^{3+}) = 4 \cdot 10^{-4}$ М; $C(Sm^{3+}) = 4 \cdot 10^{-4}$ М; $l = 1$ см

Электронные спектры раствора, содержащего три компонента, сопоставляли со спектрами растворов соли железа с яблочной кислотой. По ЭСП видно, что при $pH = 3$ при добавлении самария происходит уменьшение оптической плотности, при $pH = 7$ исчезает плечо в области 360 нм. Изменения в спектрах малата железа(III) при добавлении самария(III) свидетельствуют о наличии конкуренции между ионами металлов при комплексообразовании. Для дальнейшего исследования мы выбрали длины волн 315 нм и 360 нм.

Для изучения зависимости комплексообразования от кислотности среды на длине волны 360 нм нами были сняты оптические плотности ряда растворов, содержащих одинаковое количество Fe(III) и Sm(III) и

избыток яблочной кислоты (соотношение 1 : 1 : 3), имеющих разные значения pH, которые мы создавали добавлением либо соляной кислоты, либо едкого натра (рис. 2). На полученной кривой имеются два плато – от 3 до 4,5 и от 6 до 10 единиц pH, соответствующих существованию полностью сформированных комплексных частиц. Из сопоставления с ЭСП мы предположили, что в кислой области (на первом участке) образуется малат железа(III). И при увеличении pH образуется гетероядерный комплекс. Кроме того, ранее нами было установлено, что формирование комплексных соединений железа(III) с яблочной кислотой начинается в кислой среде (pH = 1) и заканчивается при pH = 3.

Для изучения конкурирующего взаимодействия ионов металлов с яблочной кислотой были исследованы зависимости оптической плотности от концентрации ионов в тройной системе, которые представлены на рисунках 3–5. Серии растворов готовились при двух значениях pH, соответствующих оптимальным интервалам pH существования комплексов (рис. 2).

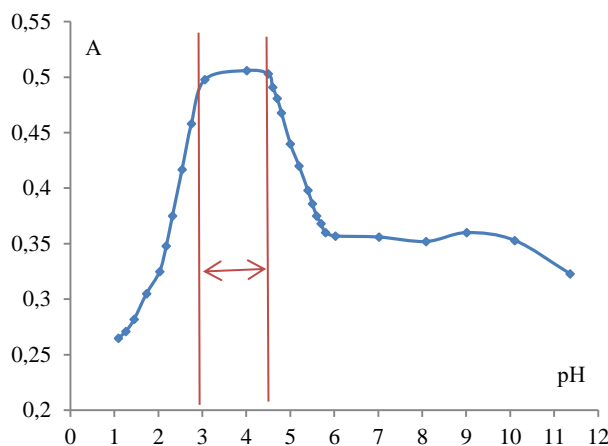


Рис. 2. Влияние pH на процесс комплексообразования: $\lambda = 360$ нм, $l = 1$ см

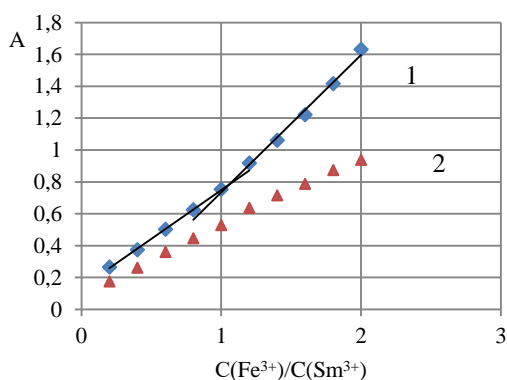


Рис. 3. Серия насыщения системы Sm(III) – H₂Mal железом(III):
C(Sm³⁺) = 4·10⁻⁴ М; C(H₂Mal) = 1,2·10⁻³ М; $l = 1$ см
1 – pH = 7, $\lambda = 315$ нм; 2 – pH = 3, $\lambda = 360$ нм

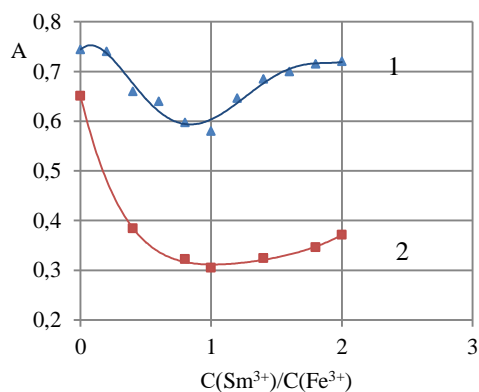


Рис. 4. Серия насыщения системы Fe(III) – H₂Mal самарием(III):
C(Fe³⁺) = 4·10⁻⁴ М; C(H₂Mal) = 1,2·10⁻³ М; $l = 1$ см
1 – pH = 7, $\lambda = 360$ нм; 2 – pH = 3, $\lambda = 315$ нм

При насыщении системы M¹ – H₂Mal солью второго металла M² оптическая плотность изменяется, что свидетельствует о том, что происходит замещение металла M¹ на M² в координационной сфере комплекса. При увеличении концентрации соли железа(III) оптическая плотность при pH = 7 растет неравномерно – при соотношении ионов металлов 1 : 1 наблюдается излом (рис. 2). При увеличении концентрации Sm(III) на кривых также наблюдается излом на соотношении Fe:Sm = 1 : 1 (рис. 3, 4).

Таким образом, в системе существуют конкурирующие равновесия, которые, возможно, сопровождаются образованием гетероядерного комплекса.

Для установления соотношения основных компонентов в комплексных частицах, образующихся в интервалах значений pH, соответствующих двум плато на кривой зависимости A от pH (рис. 2), использовались серии насыщения яблочной кислотой, представленные на рисунке 5. Из данных серий следует, что в кислой области образуется билигандный комплекс, а после 7 ед. pH образуется комплекс, содержащий в составе 3 моль яблочной кислоты.

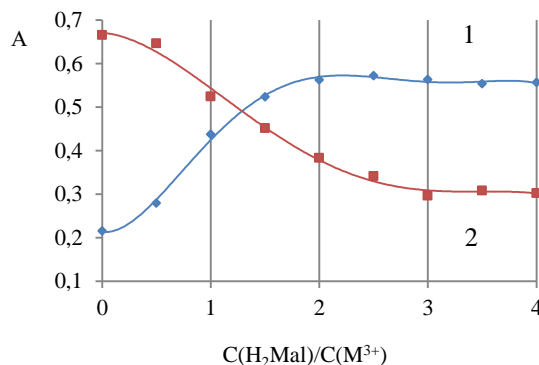


Рис. 5. Серии насыщения яблочной кислотой: $C(\text{Fe}^{3+}) = C(\text{Sm}^{3+}) = 4 \cdot 10^{-4} \text{ M}$; $\lambda = 360 \text{ nm}$; $l = 1 \text{ cm}$
 1 – pH = 3; 2 – pH = 7

Для расчета констант устойчивости образующихся гетероядерных комплексных частиц нами был применен метод ограниченного логарифмирования Бента – Френча. Используя значения оптических плотностей в области pH от 4,5 до 6 (рис. 2), рассчитали значения Q по формуле:

$$Q = \frac{(A_x - a_0)}{(A_0 - a_0)\{pA_0 - (p-1)a_0 - A_x\}}$$

где A_0 и a_0 – минимальная и максимальная оптические плотности соответственно, p – мольное соотношение лиганда к комплексообразователю, и построили зависимость $\lg Q$ от pH. Тангенс угла наклона прямой соответствует количеству протонов, отщепляющихся при комплексообразовании от преобладающей в данной области pH формы ионизации яблочной кислоты.

Используя константы кислотности яблочной кислоты, взятые из литературы [1], мы построили распределительную диаграмму, по которой нашли, что в интервале pH комплексообразования существуют две формы ионизации – HMal^- и Mal^{2-} . Исходя из этого, реакции комплексообразования представлены следующими уравнениями:



Рассчитанные константы представлены в таблице 1.

Для сравнения устойчивости комплексов в растворе использовали метод косвенной потенциометрии. Для этого раствор, содержащий соли железа(III) и самария(III) и яблочную кислоту, взятых в мольном соотношении 1 : 1 : 3, при постоянной ионной силе титровали раствором щелочи и фиксировали pH. По полученным данным построили кривую зависимости pH от количества эквивалентов NaOH (рис. 6). Для сравнения представлен график потенциометрического титрования (ПМТ) свободной яблочной кислоты. Как видно из сравнения кривых, комплексообразование начинается при pH около 4,5 и заканчивается около 11 единиц. По графику методом Шварценбаха рассчитаны константы устойчивости комплексных частиц (табл. 1).

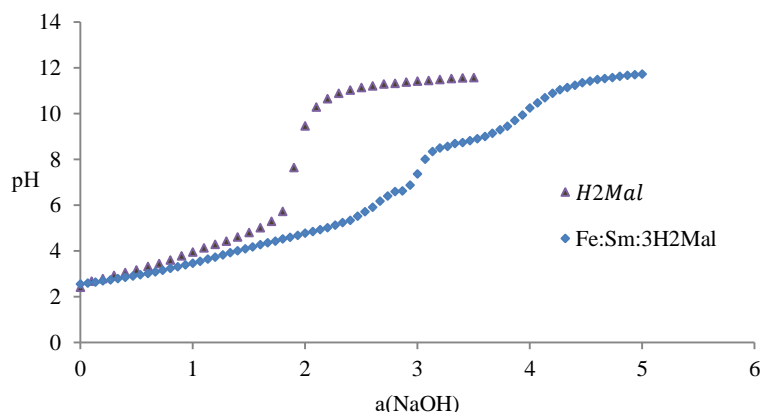


Рис. 7. Кривые ПМТ: $\mu = 0,1$ (KCl)

Реакции комплексообразования представлены следующими уравнениями:

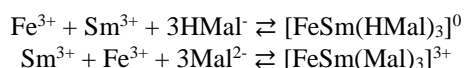


Таблица 1

Логарифмы констант устойчивости

Комплексная частица	lgβ	
	СФ - метрия	ПМТ
[FeSm(Mal) ₃] ⁰	13,97	13,78
[FeSm(HMal) ₃] ³⁺	10,95	11,84

ЛИТЕРАТУРА

1. Цокур М. Н. Электрохимический синтез и строение смешаннолигандных и гетерометаллических координационных соединений меди (II), железа (III) и неодима (III) с некоторыми карбоновыми кислотами: специальность 02.00.01 «Неорганическая химия»: автореф. дис. канд. хим. наук / Цокур М. Н., Кубан. гос. ун-т. Краснодар, 2004. 23 с.

Комплексы самария(III) с яблочной кислотой в водном растворе

Сазанова Г. С., студ. 5 курса

Науч. рук. – Аль Ансари Я. Ф., канд. хим. наук

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
sazanova_galina_sergeevna@mail.ru

Химия комплексных соединений редкоземельных элементов (РЗЭ) в настоящее время получила широкое распространение, которое связано с важными практическими применениями комплексов РЗЭ, образованных различными классами органических лигандов. Комплексные соединения лантаноидов находят применение в химической, атомной, ракетно-авиационной промышленности, полупроводниковой, лазерной технике, медицине.

Яблочная кислота – биологически активное вещество. Ее комплексы с Nd(III) и Fe(III) исследуются в качестве противоопухолевых препаратов [1]. Кроме того, яблочная кислота используется как селективный реагент при разделении РЗЭ [2].

Целью нашей работы явилось установление особенностей строения и устойчивости образующихся в системе самарий(III) – яблочная кислота (H₂Mal) – H₂O комплексов.

В работе использовали Sm(CH₃COO)₃·3H₂O квалификации «хч» и L-яблочную кислоту квалификации «ч».

Для установления соотношения Sm(III) : H₂Mal в координационной сфере образующихся в системе комплексных частиц нами было проведено кондуктометрическое титрование. Для этого раствор яблочной кислоты титровали раствором соли самария. По полученному графику сделан вывод о том, что комплекс самария с яблочной кислотой образуется при соотношении металл : лиганд, равном 1 : 2.

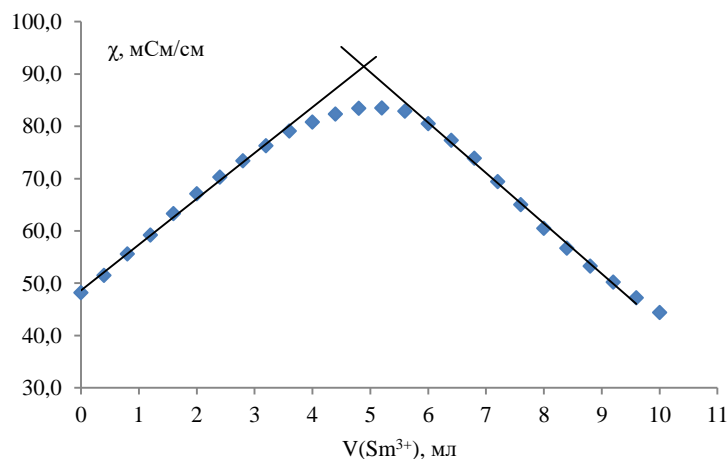


Рис. 1. Кондуктометрическое титрование: 10 мл 0,1 М H₂Mal, C(Sm³⁺) = 0,1 М

Устойчивость образующихся в растворе комплексов определяли с использованием метода косвенной потенциометрии. Для этого раствор смеси соли самария и яблочной кислоты, взятых в мольном соотношении 1 : 2, при постоянной ионной силе титровали раствором щелочи и фиксировали pH. По полученным данным построили кривую зависимости pH от количества эквивалентов NaOH, представленную на рисунке 2. Для сравнения на графике представлено ПМТ свободной яблочной кислоты. Как видно из сравнения кривых, комплексообразование начинается при pH около 5 и заканчивается около 11 единиц.

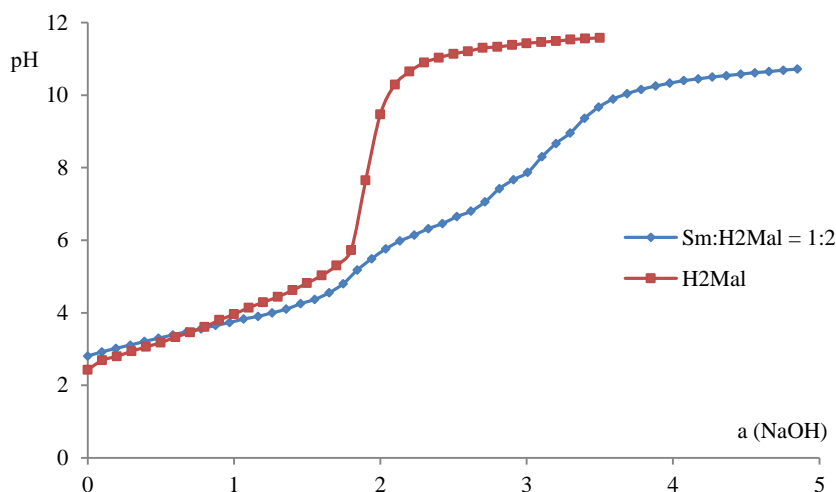
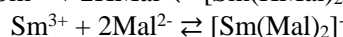
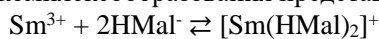


Рис. 2. Кривые потенциометрического титрования: $\mu = 0,1$ М (KCl)

Для расчета констант устойчивости комплексных частиц нами был использован метод Шварценбаха.

Предполагают, что в первой буферной области комплексообразование идет с формой ионизации кислоты, образующейся на первой стадии реакции протолиза, в нашем случае с монопротонированной формой ионизации яблочной кислоты. А во второй буферной области образуется в основном комплекс с депротонированной формой яблочной кислоты.

Исходя из вышесказанного, реакции комплексообразования представлены следующими уравнениями:



и рассчитаны константы устойчивости по формулам:

$$\beta = \frac{[\text{Sm}(\text{HMal})_2^+]}{[\text{Sm}^{3+}] \cdot [\text{HMal}^-]^2}$$

$$\beta = \frac{[\text{SmMal}_2^-]}{[\text{Sm}^{3+}] \cdot [\text{Mal}^{2-}]^2}$$

В таблице 1 представлены значения логарифмов констант устойчивости образующихся в изучаемой системе комплексных соединений.

Таблица 1

Логарифмы констант устойчивости

Комплексная частица	$\lg\beta$
$[\text{Sm}(\text{HMal})_2]^+$	6,43
$[\text{Sm}(\text{Mal})_2]^-$	7,53

ЛИТЕРАТУРА

1. Шабанова И. В. Гетерометаллические комплексные соединения неодима (III) и железа (III) с карбоновыми кислотами : Дис. ... канд. хим. наук : 02.00.01 : Краснодар, 2004 119 с. РГБ ОД, 61:04-2/641.
2. Choppin G. R., Rizkalla E. N. Handbook on the Physic and Chemistry of Rare Earth, Vol. 18, Lanthanide/Actinide Chemistry. Elsevier Science, Amsterdam, 1994.

Изучение кинетики окисления комплекса кобальта(II) с этилендиамином

Сидоркина Д. Ю., студ. 4 курса

Науч. рук. – Павлов А. А., канд. хим. наук

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
sidorkina.diana@bk.ru

Всестороннее изучение закономерностей комплексообразования является актуальной задачей современной химии. Изучение комплексных соединений открывает перспективы в дизайне супрамолекулярных структур и синтезе полифункциональных материалов.

Возможность систематического изменения состава и свойств комплексов металлов позволяет использовать их электродные реакции в качестве модельных при выяснении характера влияния на скорость суммарной электродной реакции ее электрохимических и химических стадий, строения двойного электрического слоя и адсорбции на электроде. Решению этих вопросов способствуют имеющиеся обширные сведения о составе, константах устойчивости, кинетике и механизме гомогенных реакций комплексов металлов в растворах, учет которых позволяет выяснять недостаточно изученные, но весьма важные химические аспекты электрохимической кинетики.

Целью данной работы является изучение кинетики взаимодействия кобальта(II) с этилендиамином. Для достижения данной цели были определены следующие задачи: фотометрический и потенциометрический методы анализа взаимодействия кобальта с этилендиамином.

Для кобальта, как и для никеля, характерно образование комплексных соединений. Так, в качестве лигандов при образовании комплексов с кобальтом часто выступают молекулы аммиака NH_3 , а также молекулы, содержащие аминогруппы и карбоксильные группы. Кроме того, кобальт в виде комплексов входит в состав многих органических соединений.

Этилендиамин образует комплексные соединения со многими металлами, выступая в качестве лиганда. Используется в исследованиях неорганических соединений, так как он легко образует комплексные соединения с теми катионами, которые дают комплексные катионы.

Особенности данной химической реакции: образование комплекса Co^{2+} с этилендиамином состава $[\text{Co}(\text{En})_3]^{2+}$. Далее, реагируя с молекулярным кислородом, кобальт окисляется до $[\text{Co}(\text{En})_3]^{3+}$, образуя в промежутке пероксидные комплексы.

Для фотометрических исследований использовался колориметр фотоэлектрический концентрационный. В колбу вместимостью 100 мл помещают 10 мл 0,01 М $\text{CoCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, добавляют 4 мл 0,03 М этилендиамина и засекают время, доводят объем раствора водой до 100 мл. Ровно через 10 минут измеряют оптическую плотность раствора на фотоколориметре при длине волны 340 нм. В кювету с толщиной поглощающего слоя 0,5 см добавляют 1 мл аликвоты раствора и 5 мл H_2O , применяя в качестве раствора сравнения воду.

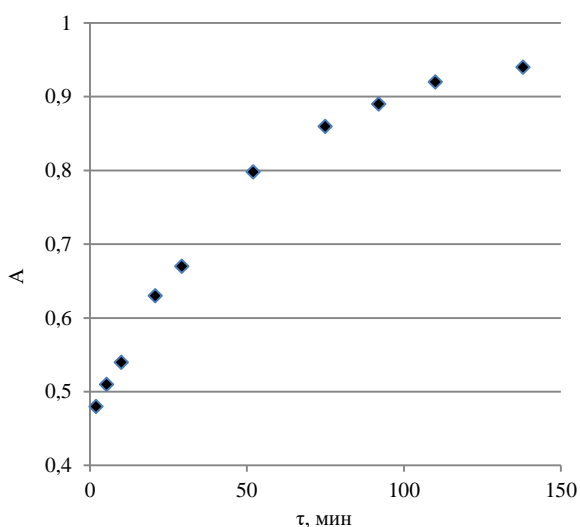


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от времени

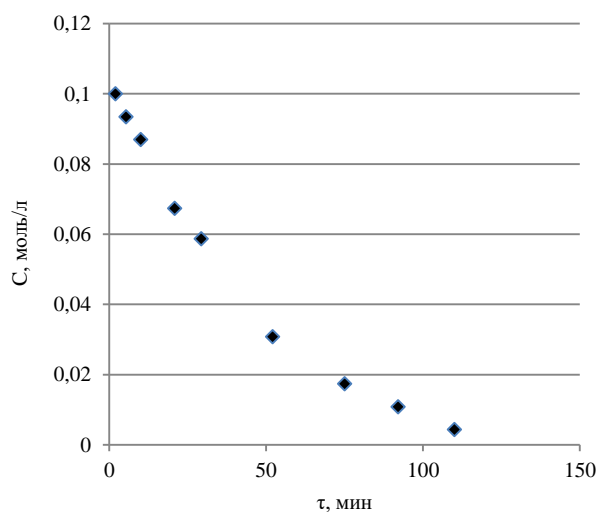


Рис. 2. Зависимость концентрации исходного комплекса от времени

На длине волны 340 нм комплекс кобальта(III) поглощает сильнее, чем комплекс кобальта(II). Поэтому по ходу реакции светопоглощение будет увеличиваться пропорционально концентрации образующегося комплекса. Этилендиамин взят в избытке, поэтому считаем, что скорость реакции зависит только от концентрации комплекса кобальта. В начальной (нулевой) точке поглощение только за счет 2-х валентного комплекса, а в конечной точке поглощение только за счет 3-х валентного кобальта. Посередине на всем графике эти оптические плотности складываются из поглощения одного комплекса и поглощения другого комплекса.

Зная начальную и конечную точки, мы можем посчитать молярный коэффициент светопоглощения каждого комплекса. Длина кювет везде одна и та же (0,5 см) и так в каждой точке считаем концентрацию исходного комплекса (0,1 и 0). По полученным данным находим изменение концентрации в каждый момент времени строим кинетическую кривую (рис. 2). Построив ее в системе координат, соответствующей реакции первого порядка, получаем прямую, что свидетельствует об именно этом порядке реакции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щеглова Н. В., Попова Т. В., Ярошевская Х. М. Гетеробиядерные диэтилентриаминпентаацетатные комплексы кобальта(II), никеля(II) и оксованадия(IV) в водных растворах // Вестник КТУ. 2014. 17. С. 127–130.
2. Щеглова Н. В., Печникова А. С., Шевченко А. И., Смотрица Т. В., Попова Т. В., Шкодич В. Ф. Смешаннолигандные комплексы кобальта(III) с этилендиамином и этилендиаминтетрауксусной кислотой в водных растворах // Вест. Казан. технолог. ун-та. 2014. Т. 17. № 17. С. 56–59.

Изучение строения комплексов Ni(II) с этилендиамином

Сидуков Д. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Петухова Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
sidukov01@mail.ru

Комплексные соединения никеля(II) с азотсодержащими лигандами представляют большой практический интерес в химии, медицине, биологии, промышленном производстве лаков, в связи с чем, они часто являются предметом научно-исследовательских работ.

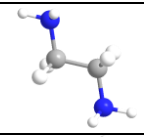
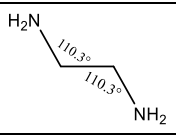
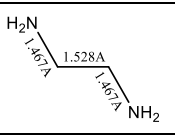
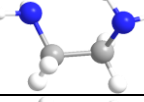
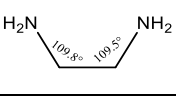
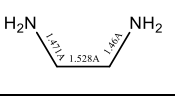
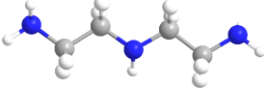
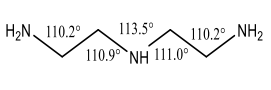
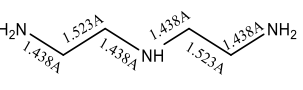
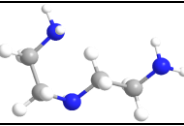
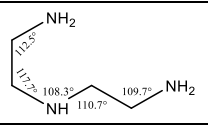
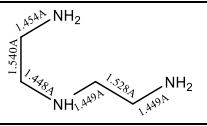
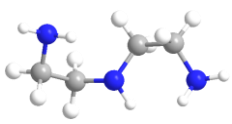
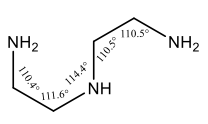
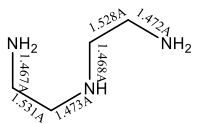
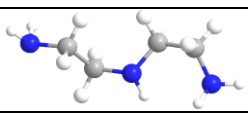
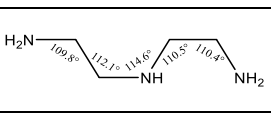
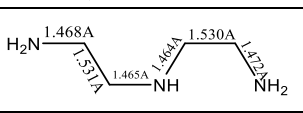
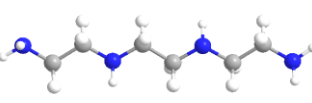
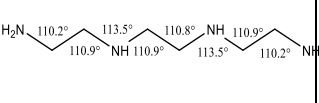
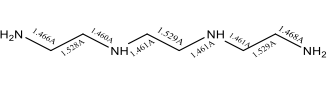
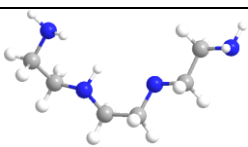
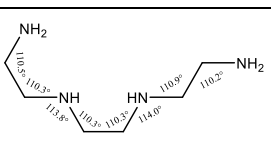
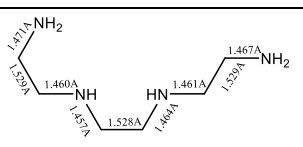
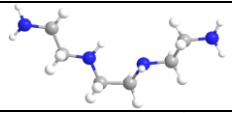
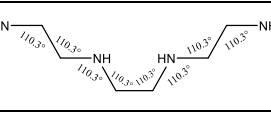
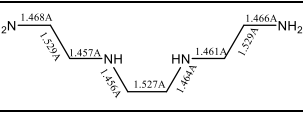
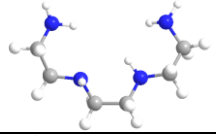
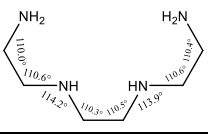
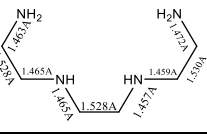
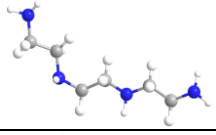
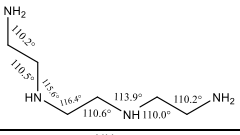
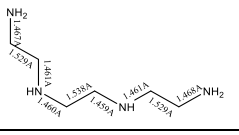
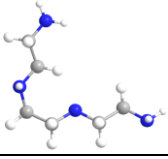
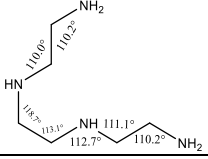
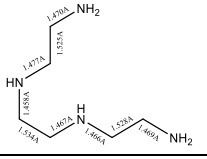
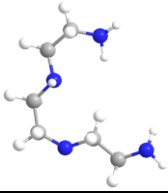
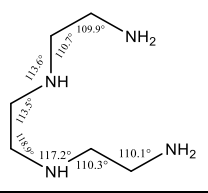
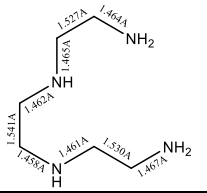
С биологической точки зрения Ni^{2+} - микроэлемент, необходимый для жизнедеятельности растений и животных, микрофлора желудочно-кишечного тракта содержит обширное число ферментов, имеющих в своем составе данный металл. Как избыток, так и недостаток его вызывают ингибирование печеночных энзимов [1]. Соединения никеля (II) являются активаторами ускоренного роста растений, регулируют усвоение азота в организме и дыхательные процессы. Комплексные соединения никеля (II) с азотсодержащими лигандами участвуют в синтезе нуклеиновых кислот, используются при лечении психоневрологических и онкологических заболеваний, в регенеративных процессах организма [2].

Ni(II) может образовывать прочные координационные связи с электронами неподеленной пары на атоме азота. На каждой стадии образования комплекса требуются конкретные свойства металла: низкий потенциал ионизации, тенденция к образованию пентакоординации, сродство к электрону [3]. Состояние катионов, природа лигандов, растворителя влияют на стадии образования комплексов. Геометрически комплексам никеля (II) характерно образование тетраэдрической и плоской квадратной структуры. В данной работе рассмотрено геометрическое строение некоторых полиаминов и комплексов никеля (II) этилендиамином. Данные соединения являются хорошими катализаторами для химических реакций, в органическом и неорганическом синтезе.

Квантово-химические расчеты геометрического строения комплексных соединений позволяют создать визуальную модель соединения, благодаря которой можно с высокой вероятностью предположить те или иные химические и физические свойства молекулы. В работе был использован метод функционала плотности (DFT – Density functional theory) B3LYP (6–31 G(d)), который базируется на том, что наиболее важными свойствами системы частиц выражаются через функцию электронной плотности, состоящей из трех переменных (точек наблюдения), по сути, определяет всю информацию для основного и возбужденного состояния [4].

Таблица 1

Геометрическое строение лигандов, валентные углы, длины связей

Соединение	Пространственное строение	Валентные углы	Длины связей
En1			
En2			
Dien1			
Dien2			
Dien3			
Dien4			
Trien1			
Trien2			
Trien3			
Trien4			
Trien5			
Trien6			
Trien7			

Использование данного метода позволяет предсказать наиболее вероятную кристаллическую структуру без экспериментальных данных: рассчитать геометрию разнообразных органических молекул, оценить дефектные структуры, такие как вакансии, границы зерен, предсказать структуру поверхности и адсорбцию различных систем, определить скорость рассеивания вакансий, внедренных атомов, рассчитав барьер миграции этих видов [5].

Расчеты электронных структур полиаминов и комплексных частиц были произведены в программах ChemBio3D Ultra 14.0 и Gaussian 09W. Нами были рассчитаны следующие комплексообразующие лиганды: en, dien, trien. В таблице 1 представлены данные расчетов различных конформаций вышесказанных соединений.

Среди всех рассчитанных конформаций были выбраны наиболее оптимальные для расчетов непосредственно комплексов с никелем (II). Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Термохимические характеристики различных конформаций

Формула	Энтальпия	Свободная энергия	Сравнительная устойчивость конформации, ккал/моль
En1	-190,391639	-190,425820	
En2	-190,394198	-190,427776	-1,61
Dien1	-324,277798	-324,322438	
Dien2	-324,246994	-324,286587	-19,33
Dien3	-324,277605	-324,321612	-0,12
Dien4	-324,277378	-324,321669	-0,26
Trien1	-458,163839	-458,219040	-3,88
Trien2	-458,167919	-458,222295	-1,32
Trien3	-458,167084	-458,221666	-1,85
Trien4	-458,170027	-458,223800	
Trien5	-458,162647	-458,217807	-4,63
Trien6	-458,160181	-458,215458	-6,18
Trien7	-458,164240	-458,218575	-3,63

В дальнейшей работе был использован этилендиамин с конформацией En2, бис-2-аминоэтиламин ($C_4H_8N_3H_5$) с конформацией Dien4, 2-аминоэтил-[2-(2-аминоэтиламино)этил]амин с конформацией Trien6. Расчеты геометрической структуры комплексов Ni(II) с этилендиамином представлены в табл. 3.

Таблица 3

Пространственное строение рассчитанных комплексов

Формула	3D структура	Валентные углы	Формула	3D структура	Валентные углы
$[NiEn]^{2+}$			$[NiEn_2]^{2+}$		
$[NiEn(H_2O)_4]^{2+}$			$[NiEn_3]^{2+}$		

В рамках проведенной работы нами были рассчитаны наиболее устойчивые конформации полиаминов в программе Gaussian 09W DFT методом B3LYP с использованием базиса 6-31G(d).

Рассчитано геометрическое строение комплексных частиц состава $[NiEn]^{2+}$, $[NiEn(H_2O)_4]^{2+}$, $[NiEn_2]^{2+}$.

- $[NiEn]^{2+}$ содержит пятичленный цикл и образует с конформацию конверт.
- $[NiEn(H_2O)_4]^{2+}$ также содержит цикл, образующий конформацию конверт, за счет связями с H_2O комплексная частица имеет октаэдрическую структуру.
- $[NiEn_2]^{2+}$ образует структуру плоского квадрата с двумя циклами в конформации конверт, учитывая содержание в комплексе двух пятичленных циклов.

- $[\text{NiEn}_3]^{2+}$ образует октаэдрическую структуру с конформацией конверт у трех связанных пятичленных циклов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сейфуллина И. И. Синтез, строение, свойства координационных соединений Co^{2+} , Ni^{2+} с продуктом конденсации 2-(7-бром-2-оксо-5-фенил-3н-1,4-бензодиазепин-1-ил)-ацетогидразида и 1н-индол-2,3-диола / И.И. Сейфуллина, Л.С. Скороход // Журнал общей химии. 2020. Т. 90, №7. С. 1117-1123.
2. Фармакологические и микробиологические аспекты комплексного соединения никеля с пиридоксином и амидом никотиновой кислоты / З. Р. Файзуллаева, А. А. Абзалов, М. Х. Шамшидинова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 2. С. 7-13.
3. Дудкина Ю. Б., Исламов Д. Р., Михайлов Д. Ю., Криволапов Д. Б., Литвинов И. А., Будникова Ю. Г. Особенности строения комплексов никеля(II) с би- и тер-пиридином по данным рентгеноструктурных исследований. Бутлеровские сообщения (Butlerov Communications). 2014. Т. 38. №6. С.119-128.
4. Hohnberg P. Inhomogeneous Electron Gas / P. Hohnberg, W. Kohn. // Phys. Rev. A. 1964. Vol. 136. P. 864-871.
5. Игнатов С. К. Квантово-химическое моделирование атомно-молекулярных процессов / С. К. Игнатов. М.: ННГУ, 2019. С. 93.

Изучение влияния массы сорбента на процесс сорбции красителя кислотного зеленого антрахинонового Н2С мелом

Скалозуб Ю. Р., Митракова Е. А., студ. 3 курса

Науч. рук. - Бурькина О. В., канд. хим. наук, доц.

Юго-западный государственный университет, г. Курск
skalozub.julia@yandex.ru

В настоящий момент одной из антропогенных проблем цивилизации является загрязнение природных вод, поэтому контролю состояния объектов гидросферы уделяется большое внимание [1–3]. В результате деятельности человека в водные объекты попадают поллютанты различного происхождения: ионы тяжелых металлов, красители, пестициды и др. Разработке способов очистки природных и сточных вод отводится большое внимание при проведении исследовательской и проектной деятельности студентов ЮЗГУ [4–6]. Одним из наиболее популярных методов очистки вод является сорбционный метод. Изготовление сорбентов из природных материалов для утилизации производственных загрязнений, таких как ионы тяжелых металлов и промышленные красители, делают данный метод очистки экономически и экологически выгодным [7–9].

В работе было изучению влияния массы сорбента на процесс сорбции красителя кислотного зеленого антрахинонового Н2С меловой породой Брянской области.

В качестве сорбента использовали мел глинистой породы Брянской области [10]. Сорбцию красителя кислотного зеленого антрахинонового Н2С с концентрацией 0,05 г/л проводили в статических условиях. В 5 стаканчиках взвесили заранее подготовленный мел в количестве 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0, 1,2, 1,4, 1,6 и 1,8г. К сорбенту прилили по 50 мл раствора красителя. Процесс сорбции проводили при постоянном перемешивании с помощью магнитной мешалки в течение 30 мин.

Таблица 1

Результаты статической сорбции красителя кислотный зеленый антрахиноновый Н2С

C_0 , г/л	Масса сорбента, г	Оптическая плотность	$C_{\text{равн}}$, г/л	E, %
0,050	0,2	1,440	0,025	50
	0,4	1,071	0,019	62
	0,6	0,630	0,011	78
	0,8	0,732	0,013	74
	1,0	0,581	0,010	80
	1,2	1,030	0,018	64
	1,4	1,182	0,021	58
	1,6	1,002	0,018	64
	1,8	1,040	0,018	64

По истечении времени растворы отфильтровали и с помощью спектрофотометра ПЭ-5400 УФ определяли оптическую плотность каждого фильтрата при длине волны 618 нм. Равновесную концентрацию красителя определяли по калибровочному графику.

Расчет степени сорбции (извлечения) проводили по формуле (1):

$$E = \frac{C_0 - C_{\text{равн}}}{C_0} \times 100\%,$$

где C_0 – исходная концентрация красителя, г/л;

$C_{\text{равн}}$ – остаточная концентрация красителя в растворе, г/л.

Результаты статической сорбции представлены в таблице 1.

По полученным данным был построен график зависимости степени извлечения красителя из водного раствора от массы сорбента (рис. 1).

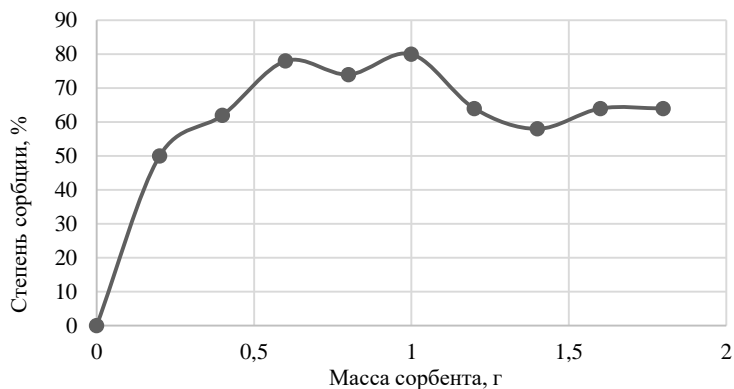


Рис. 1. График зависимости степени извлечения от массы сорбента

Анализ полученного графика позволяет сделать вывод, что оптимальной массой сорбента является 1 г. При дальнейшем увеличении массы происходит уменьшение степени сорбции, так как уменьшается площадь, доступная для сорбции красителя.

Полученные результаты изучения влияния массы сорбента на процесс сорбции красителя кислотного зеленого антрахинонового H2C меловой породой Брянской области показали, что при повышении массы сорбента происходит уменьшение степени сорбции. Наибольшая степень извлечения наблюдается при сорбции 50 мл красителя с исходной концентрацией 0,050 г/л 1 г мела.

ЛИТЕРАТУРА

1. О качестве природных вод водохозяйственного комплекса г. Курска / Т. И. Зеленкова, С. Н. Хоботова, В. С. Мальцева, О. В. Бурькина // Проблемы развития аграрного сектора региона: материалы всероссийской научно-практической конференции: в 4-х частях, Курск, 13–15 марта 2006 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2006. С. 178–180.
2. Бурькина О. В. Оценка состава поверхностных и грунтовых вод окрестностей Г. Курска / О. В. Бурькина, В. С. Мальцева // Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 20–22 января 2010 года / Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2010. С. 287–290.
3. Фатьянова Е. А. Экологическое обследование прудов г. Курска и Курского водохранилища / Е. А. Фатьянова, В. С. Мальцева, О. В. Бурькина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. № 2–3. С. 270–274.
4. Бурькина О. В. Из опыта организации проектной деятельности / О. В. Бурькина, Т. А. Уварова // Химия в школе. 2022. № 1. С. 64–65.
5. Мальцева В. С. Актуальность участия студентов в научно-техническом творчестве / В. С. Мальцева, О. В. Бурькина // Современные проблемы высшего профессионального образования: Материалы III Международной научно-методической конференции, Курск, 14–15 апреля 2011 года / Ответственный редактор: Е.А. Кудряшов. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2011. С. 135–138.
6. Мальцева В. С. Использование модульно-рейтингового обучения при преподавании химии студентам экологического профиля / В. С. Мальцева, О. В. Бурькина, Е. А. Фатьянова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Лингвистика и педагогика. 2012. № 2. С. 240–244.
7. Афонина А. П. Исследование сорбционной способности березовых опилок по отношению к красителю катионному розовому 2С / А. П. Афонина, И. А. Махрамов, О. В. Бурькина // Будущее науки – 2019: сборник научных статей 7-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 25–26 апреля 2019 года. Том 5. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 237–240.
8. Afonina A. P., Burykina O. V. Kinetics of the sorption of cationic pink 2 with a wood sorbent // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2022. Т. 96. № 3. С. 633–636.
9. Использование карбонатных пород Курской области в качестве сорбентов / Н. В. Фролова, О. О. Пыхова, О. В. Бурькина, В. С. Мальцева // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей IV Международной научно-практической конференции, 27 апреля 2012 года, Курск, 27 апреля 2012 года / Минобрнауки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Юго-Западный государственный университет" (ЮЗГУ); редколлегия: Л. В. Шульга ответственный редактор. – Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2012. С. 190–193.

10. Скалозуб Ю. Р. Изучение состава мела разных областей России / Ю. Р. Скалозуб, Е. А. Митракова // Будущее науки –2022: Сборник научных статей 10-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 21–22 апреля 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 302–306.

Содержание органических кислот и аскорбиновой кислоты в свежих плодах калины

Смелова А. Д., студ. 1 курса

Науч. рук. – Скочилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
alinasmelova245@icloud.com

Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.) – кустарник или дерево до 3–4 м высотой, имеющее декоративное, пищевое и лекарственное значение. Цветки собраны в щитки до 8–10 см в диаметре, белой окраски. В соцветиях периферийные цветки сравнительно крупные, стерильные, а внутренние – мелкие, обоеполые, завязывают плоды. Цветет калина в мае–июне, плоды созревают в августе–сентябре. Побеги округлые, иногда ребристые, голые, местами серовато-белые, а вообще желтовато-бурые, иногда с красноватым оттенком. Чечевички крупные. Сердцевина беловатая с рыжеватым оттенком, более или менее шестигранная. Почки с двумя сросшимися наружными чешуями, яйцевидные, немного заостренные, красновато-зеленые. Плод – односемянная костянка, шаровидной или овальной формы до 10–12 мм в диаметре, красной окраски. Семена (косточки) округло-плоские, до 6–8 мм в диаметре. Мякоть сочная, сладковато-кисловато-горьковатая [1]. Лечебные достоинства калины связаны с горьким гликозидом – вибурнином, который обладает кровоостанавливающим действием. В медицине используют плоды и кору калины. Плоды калины также являются источником фенольных соединений, обладающих Р-витаминной активностью (460–1350 мг%). В их состав входят хлорогеновая кислота, катехины, антоцианы, лейкоантоцианы и другие соединения. Кроме того, плоды содержат витамин С (26–138 мг%), каротин (1,23,3 мг%), витамин Е (до 2 мг%), фолиевую кислоту, пектиновые вещества (0,4–0,9 %), макро- и микроэлементы (в большом количестве К, Са, Mg, Fe) [1–4].

Органические кислоты – это большая и разнообразная по своим свойствам группа биологически активных веществ (БАВ), в молекулы которых входит карбоксильная группа. Органические кислоты содержатся в большинстве пищевых и лекарственных растений формирующие вкус растительной пищи. Наиболее часто встречаются следующие органические кислоты: яблочная, лимонная, янтарная, щавелевая, фитиновая, уксусная, винная и др. [5]. Органические кислоты принимают участие в дыхании растений, биосинтезе белков, жиров и других веществ, относятся к веществам как первичного синтеза (яблочная, уксусная, щавелевая), так и вторичного синтеза (урсоловая, олеаноловая). Органические кислоты являются фармакологически активными веществами и участвуют в суммарном эффекте препаратов и лекарственных форм растений [5].

Аскорбиновая кислота (витамин С) — главный водорастворимый антиоксидант, защищающий мышечную ткань, мозг и нервную систему от свободных радикалов и восстанавливающий окисленный витамин Е в его антиоксидантную форму. Аскорбиновая и дегидроаскорбиновая кислоты – активные компоненты процессов переноса электронов [6]. Витамин С участвует в транспорте электронов в окислительно-восстановительных процессах, является восстановителем и легко переходит в дегидроаскорбиновую кислоту. Известно, что все хлорофилл содержащие растения и прорастающие семена могут синтезировать аскорбиновую кислоту. В растениях основное количество (до 7 %) аскорбиновой кислоты представлено в виде аскорбигена [7]. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах калины определяли тетраметрическим методом по фармакопейной статье ФС.2.5.0106.18 [8].

Целью работы было изучение содержания органических кислот и аскорбиновой кислоты в свежих плодах калины. Исследования проводили в 2022 году. В качестве объектов изучения был выбран фармакопейный вид калина Саржента и 4 сорта калины: ‘Шукшинская’, ‘Зарница’, ‘Жолобовская’, ‘Союзга’ из коллекции Ботанического сада – института Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл.

Для определения влажности сырья использовали гравиметрический метод, согласно ОФС.1.5.3.0007.15. Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных препаратов [8]. Содержание аскорбиновой кислоты и органических кислот в пересчете на яблочную кислоту в плодах калины определяли титриметрическим методом по фармакопейной статье ФС.2.5.0076.18 [8].

На рисунке 1 представлена влажность плодов калины. В соответствии с требованиями общей фармакопейной статьи «Определение влажности в лекарственном растительном сырье и лекарственных расти-

тельных препаратах» содержание влажности в свежем сырье должно быть не менее 79 % и не более 89 %. Содержание влаги в плодах калины Саржента и изученных сортах калины находится в допустимых пределах. Однако количество воды в свежих плодах калины 'Зарница' несколько больше (83,5 %), по сравнению с калиной Саржента и остальными сортами (83 %). По содержанию влаги в плодах изученных калин статистически значимой разницы не обнаружено.

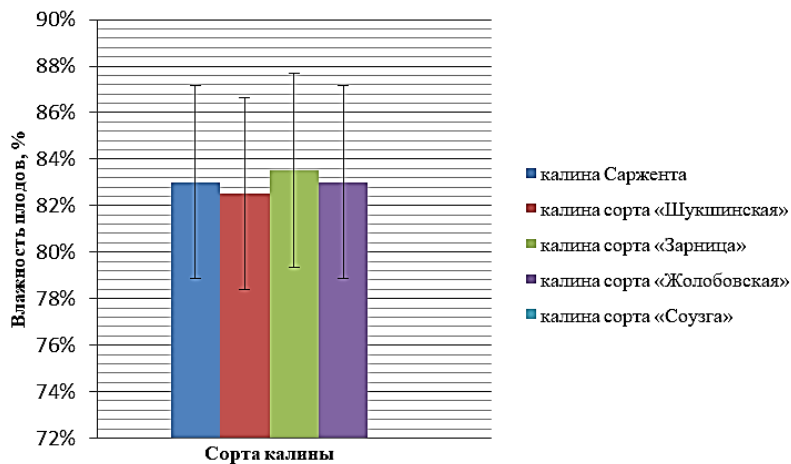


Рис. 1. Влажность плодов, %

Содержание органических кислот в пересчете на яблочную кислоту представлено на рисунке 2. Согласно фармакопейной статье этот показатель должен быть не менее 6%. Наибольшее содержание органических кислот выявлено в плодах калины сорта 'Жолобовская' и фармакопейного вида калины Саржента, что составляет 15,9 и 14,7 %, соответственно. Затем по содержанию органических кислот следует калина сорта 'Шукшинская' 13,4% в 1,05 раза больше чем у калины сорта 'Зарница' 12,7 %. Самое низкое содержание органических кислот из анализируемых образцов было выявлено в плодах калины сорта 'Соузга' 4,1 %, что меньше содержания органических кислот в 3,8 раза по сравнению с сортом 'Жолобовская' и в 3,1 раза, чем в плодах сорта 'Зарница'.

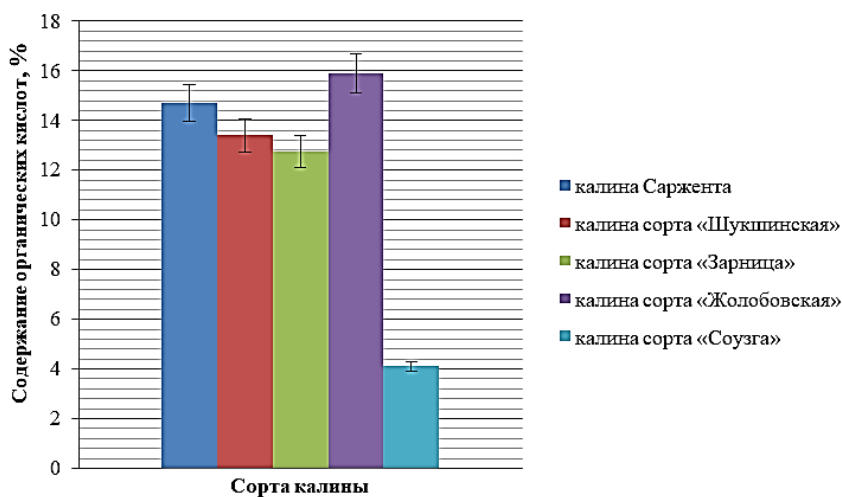


Рис. 2. Содержание органических кислот в пересчете на яблочную кислоту, %

Содержание аскорбиновой кислоты в свежих плодах калины представлено на рисунке 3. Сравнивая плоды калины Саржента и сорта 'Шукшинская' между собой можно заключить, что содержание аскорбиновой кислоты в плодах калины сорта 'Шукшинская' в 1,5 раза больше, по сравнению с плодами калины Саржента. Среди изученных нами сортов данный показатель выше у калины сорта 'Шукшинская', далее идет сорт 'Зарница', в плодах которого содержание аскорбиновой кислоты в 1 раз меньше, чем в плодах

сорта 'Шукшинская'. Затем по убывающей шкале следует калина сорта 'Соузга', в которой содержание аскорбиновой кислоты в 1,4 раза меньше в сравнении с плодами калины сорта 'Шукшинская'. Самое низкое содержание аскорбиновой кислоты из анализируемых образцов было выявлено в плодах калины сорта 'Жолобовская', что меньше содержание аскорбиновой кислоты в 1,7 раза, по сравнению с сортом 'Жолобовская' и в 1,1 раза, чем в калине Саржента. При сравнении содержания аскорбиновой кислоты в плодах калины сорта 'Шукшинская' с другими калинами, можно увидеть, что в плодах данного сорта количество аскорбиновой кислоты выше, чем у калины сортов 'Зарница', 'Соузга', калины Саржента и калины сорта 'Жолобовская' в 1, 1,4, 1,5, 1,7 раза соответственно.

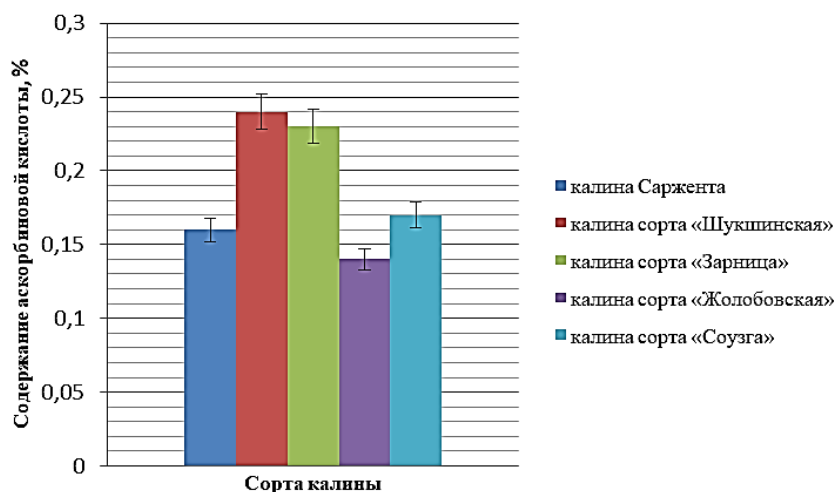


Рис. 3. Содержание аскорбиновой кислоты, %

Таким образом, в плодах изученного сорта калины 'Жолобовская' обнаружено наибольшее количество органических кислот. Наибольшее количество аскорбиновой кислоты было выявлено в плодах калины сорта 'Шукшинская' по сравнению с фармакопейным видом калины Саржента. Следовательно, данные сорта калины можно рассматривать как перспективные для получения биологически активных соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Витковский В. Л. Плодовые растения мира. СПб.: Лань, 2003. 592 с.
2. Петрова В. П. Дикорастущие плоды и ягоды. М.: Лесная промышленность, 1987. 248 с.
3. Ермаков Б. С. Лесные растения в вашем саду (плодово-ягодные деревья и кустарники). М.: Экология, 1992. 159 с.
4. Киселева Т. Л., Смирнова Ю.А. Лекарственные растения в мировой медицинской практике: государственное регулирование номенклатуры и качества. М.: Изд-во Профессиональной ассоциации натуротерапевтов, 2009. 295 с.
5. Каттерев А. С. Биосинтез биологически активных веществ у растений. М.: Биосит, 2003. 137 с.
6. Шапиро Д. К. Практикум по биологической химии. – Минск: Вышэйшая школа, 1976. – С. 82–91.
7. Larson R. A. The antioxidants of higherplants // *Phytochemistry*. 1988. Vol. 27, № 4. P. 969–978.
8. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Москва, 2018 // Федеральная электронная медицинская библиотека / Министерство здравоохранения Российской Федерации: официальный сайт. URL: www.femb.ru.

Сорбционные свойства лекарственного препарата на основе диоктаэдрического смектита

Смелова М. Е., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смотрина Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
mariasmelovafedoseeva@yandex.ru

Неблагоприятная экологическая обстановка, неправильное питание, вредные привычки способствует увеличению числа заболеваний и патологических состояний, обусловленных интоксикацией организма.

Одним из наиболее распространенных и эффективных методов лечения эндо- и экзотоксикозов является энтеросорбция. В условиях динамично развивающейся фармацевтической промышленности ассортимент энтеросорбентов на рынке постоянно растет [1], зачастую опережая появление результатов исследования их адсорбционных и дезинтоксикационных свойств.

Интерес представляет изучение сорбционных свойств диоктаэдрического смектита, широко используемого при лечении кишечных эндотоксикозов у детей и взрослых.

Смектиты – это группа высокодисперсных глинистых минералов с различной кристаллической структурой, способных к внутрикристаллическому набуханию, объясняющему их высокие сорбционные свойства. В обзоре [2] Н.И. Урсовой отмечено, что «диоктаэдрический смектит относится к числу сорбентов, высоко стандартизированных по сырью, из которого его получают; имеет прочную полимерную кремнеорганическую основу, содержащую в качестве гетероатомов алюминий и магний, координирующих вокруг себя ОН-группы. Пористая структура обеспечивает “мягкость” действия диосмектита и совместимость при контакте с биологическими средами.»

Целью настоящей работы являлось изучение сорбционной активности диоктаэдрического смектита в отношении маркера адсорбции метиленового синего, моделирующего токсиканты средней молекулярной массы.

В качестве объекта исследования использовали энтеросорбент «Смекта», производитель Beaufour Ipsen Industrie (Франция). Состав препарата на 1 пакетик: смектит диоктаэдрический 3 г, ванилин 0,004 г, декстрозы моногидрат 0,749 г, натрия сахаринат 0,007 г. Содержание основного вспомогательного компонента – моногидрата декстрозы, определенное рефрактометрическим методом, составило 15 масс. %, что соответствует данным производителя.

Перед проведением сорбционного эксперимента препарат отмывали от водорастворимых компонентов и высушивали на воздухе. С этой целью содержимое пакетиков препарата заливали многократным избытком воды и отстаивали в течение 2 суток. Надосадочную жидкость сливали, а осадок промывали водой. Операцию повторяли несколько раз. На конечном этапе суспензию фильтровали с помощью вакуумного насоса. Мокрый осадок высушивали на воздухе и измельчали.

Нахождение оптимальных условий фотометрического определения метиленового синего в растворе проводили с помощью фотоэлектрического фотометра КФК-3-01-«ЗОМЗ», измеряя электронный спектр поглощения (ЭСП) раствора метиленового синего с концентрацией 0,002 г/л. Концентрацию метиленового синего в растворе определяли по градуировочному графику на длине волны 617 нм, соответствующей максимуму поглощения его димерной формы.

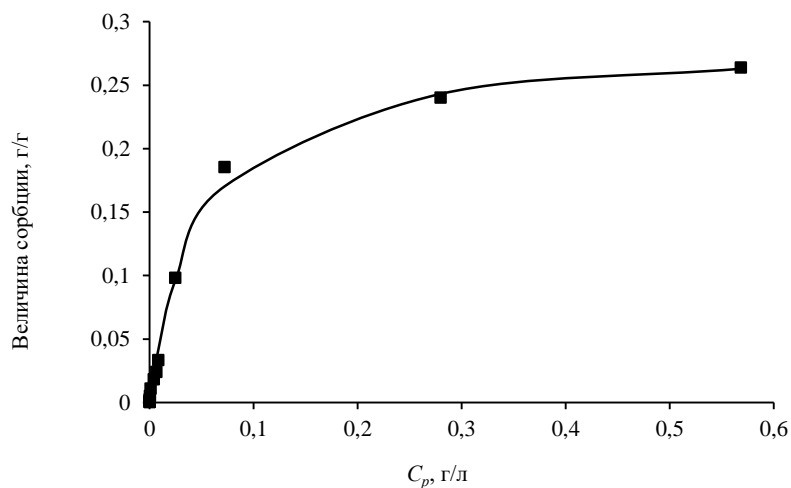


Рис. 1. Изотерма адсорбции метиленового синего диоктаэдрическим смектитом: точки – эксперимент, линия – расчет по уравнению Ленгмюра

Адсорбцию изучали из водных растворов маркерного вещества в интервале концентраций 0,8 мг/л – 2 г/л при значениях pH, моделирующих среды отделов желудочно-кишечного тракта, при модуле сорбент/раствор красителя 1 : 200. Для этого точные навески предварительно очищенного и высушенного препарата заливали растворами метиленового синего с соответствующими концентрациями; суспензии выдерживали в темном месте до достижения равновесия и центрифугировали в течение 15 минут. Надосадочную жидкость декантировали для последующего измерения оптической плотности относительно дистиллированной воды, как раствора сравнения.

Изотерма адсорбции (рис. 1) в области средних и высоких концентраций удовлетворительно подчиняется уравнению модели Ленгмюра (табл. 1). Максимальная сорбционная емкость близка к 30 масс. %. Высокая поглощательная способность к катионному красителю метиленовому синему, по всей видимости, обусловлена, катионообменными свойствами диоктаэдрического смектита [2].

Таблица 1

Параметры уравнения Ленгмюра

a_m^* , г/г	K^* , л/г	R^2
0,286	20,5	0,993

* a_m – емкость мономолекулярного слоя; K – константа уравнения Ленгмюра

Изучение кинетики сорбции из растворов с рН ~ 1,5 и рН = 7,7, соответствующих кислотности среды желудка и кишечника соответственно, показало, что сорбционная емкость препарата практически не зависит от рН (рис. 2), т.е. сорбент одинаково эффективен как в кислой, так и слабощелочной среде.

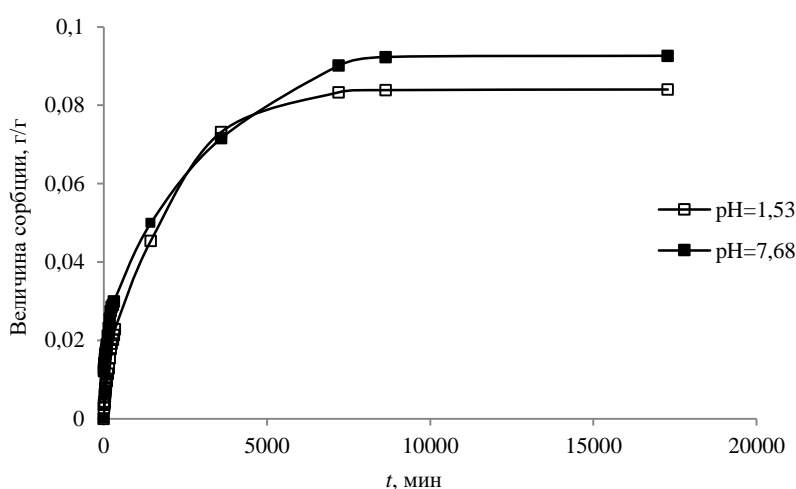
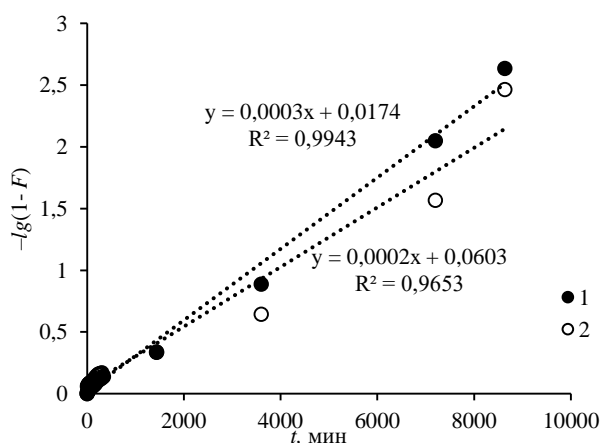
Рис. 2. Кинетические кривые сорбции метиленового синего диоктаэдрическим смектитом ($C_{исх.} = 1$ г/л)

Рис. 3. Кинетические кривые сорбции метиленового синего диоктаэдрическим смектитом в координатах уравнения, описывающего внешнедиффузионные процессы:
1 – рН 1,53; 2 – рН 7,68;
 F – степень достижения равновесия в системе

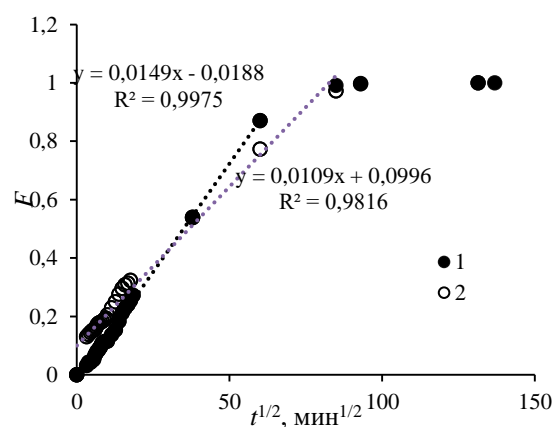


Рис. 4. Кинетические кривые сорбции метиленового синего диоктаэдрическим смектитом в координатах уравнения, описывающего внутридиффузионные процессы:
1 – рН 1,53; 2 – рН 7,68

Для выяснения механизма сорбционного процесса, кинетические кривые обрабатывали уравнениями диффузионной кинетики, описывающие внешне диффузионные и внутри диффузионные процессы (рис. 3, 4). Обе модели достаточно хорошо описывают неравновесные части кинетических кривых, что не позволяет однозначно определить лимитирующую диффузионную стадию. По всей видимости сорбционный процесс протекает в смешанно-диффузионной области.

Дополнительно кинетические кривые были описаны уравнениями псевдо-первого и псевдо-второго порядков, широко используемых для описания кинетических данных сорбционного эксперимента (рис. 5, 6).

Оба уравнения в одинаковой степени хорошо описывают кинетические кривые, различия состоят лишь в невозможности описать уравнением псевдо-первого порядка временную область, соответствующую равновесным значениям сорбции. Согласно [3], обе модели по своей сути являются вариантами преобразования кинетического уравнения Ленгмюра для ограниченного объема с переменными граничными условиями. Применимость уравнения псевдо-первого порядка позволяет предположить диффузионный механизм сорбции, в то же время, как отмечает Р. Х. Хамизов, «применимость модели псевдо-второго порядка не зависит от механизмов, определяющих скорость сорбционного процесса, не требует привлечения представлений о хемосорбции или специальных уравнениях кинетики, лимитируемой химическими реакциями или диффузией» [3].

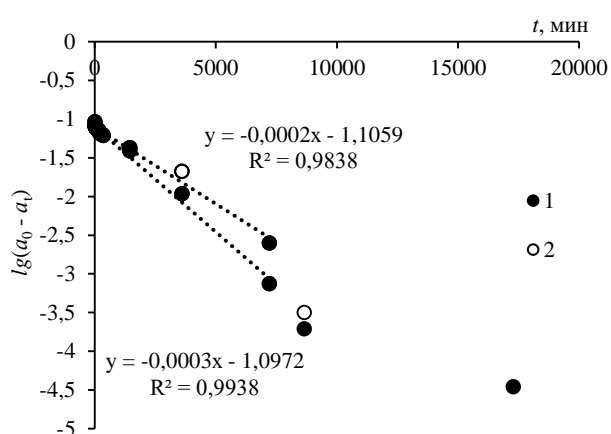


Рис. 5. Кинетические кривые сорбции метиленового синего диоктаэдрическим смектитом в координатах уравнения псевдо-первого порядка: 1 – pH 1,53; 2 – pH 7,68

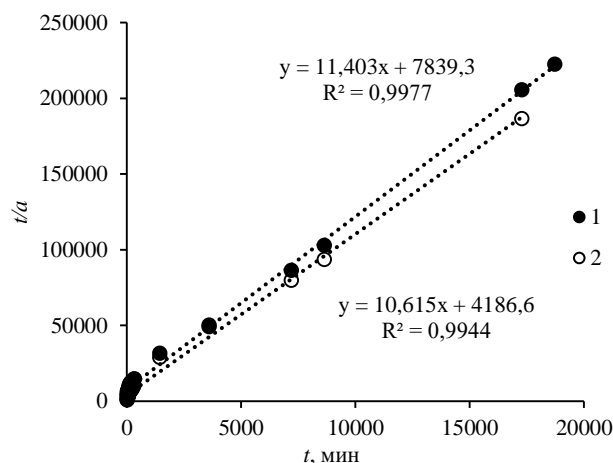


Рис. 6. Кинетические кривые сорбции метиленового синего диоктаэдрическим смектитом в координатах уравнения псевдо-второго порядка: 1 – pH 1,53; 2 – pH 7,68

ЛИТЕРАТУРА

1. Bondarev A. V. Analysis of the Russian Pharmaceutical Market of Enterosorption Medicines // Current Problems of Humanitarian and Natural Sciences. 2013. N. 10, Part 2. P. 259–261.
2. Урсова Н. И. Место энтеросорбентов в терапии синдрома эндогенной интоксикации // Вопросы современной педиатрии. 2013. Т. 11, № 6. С. 26–31.
3. Хамизов Р. Х. О кинетическом уравнении псевдо-второго порядка в сорбционных процессах // Журн. физ. хим. 2020. Т. 94, № 1. С. 125–130.

Фотометрическое определение подвижной серы в присутствии ортанилового К

Сорокина К. В., студ. 3 курса

Науч. рук. — Лоханина С. Ю., канд. тех. наук, доц.

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск
katerinavadorsorokina@yandex.ru

В настоящей работе предложен способ определения концентрации подвижной серы в зольных и почвенных вытяжках спектрофотометрическим методом в присутствии ортанилового К. Методика может реализовываться на двух длинах волн 580 нм и 635 нм и успешно применяться для определения малых концентраций подвижной серы в диапазоне концентраций до 25 мг/кг. Предложенная методика апробирована на дерново-подзолистых почвенных вытяжках, а также вытяжках древесной золы, которую в дальнейшем предполагается использовать в качестве почвенного удобрения.

Сера является одним из важнейших компонентов почвы, оказывая большое влияние на ее плодородие. Недостаток серы сказывается на количестве и качестве урожая. По причине дефицита серы ухудшается также способность растений усваивать азот. Примерно три четверти пахотных угодий

России нуждаются в применении серосодержащих удобрений. По данным сплошного агрохимического мониторинга состояния почв Российской Федерации наблюдается отрицательная динамика в содержании подвижной серы в почвах по всей стране. С 1990 до 2009 года содержание подвижной серы в почве уменьшилось почти в полтора раза. Эта стабильная тенденция сопровождается ухудшением гумусного состояния почв, их фосфатного и калийного режимов, существенным снижением содержания подвижных форм микроэлементов (Co, Cu, Zn, Mn, Mo), а в ряде случаев и подкислением почв [1].

Мониторинг подвижной серы на сегодняшний день осуществляется по аттестованной методике, регламентированной ГОСТ 26490–85 «Определение подвижной серы по методу ЦИНАО». Сущность метода, положенного в его основу, заключается в извлечении подвижной серы из почвы раствором хлористого калия, осаждении сульфатов хлористым барием и последующем турбидиметрическом определении их в виде сульфата бария по оптической плотности взвеси. В качестве стабилизатора взвеси используется растворимый крахмал [2]. Данная аттестованная методика не требует сложного приборного оснащения и имеет не очень высокую погрешность при концентрации подвижной серы в пробе почвы свыше 5 млн^{-1} . Однако при более низких концентрациях определяемого компонента погрешность методики увеличивается.

К другим недостаткам турбидиметрической методики относятся:

- 1) сложность проведения турбидиметрического анализа;
- 2) трудоемкость приготовления осаждающего раствора, частая необходимость его замены, и особые требования к хранению раствора при низкой температуре;
- 3) возрастание погрешности измерений в связи с необходимостью повторного приготовления осаждающего раствора;
- 4) длительность анализа.

Для устранения указанных недостатков, в настоящей работе изучена возможность фотометрического определения подвижной серы в присутствии ортанилового К. Создание соответствующего алгоритма является целью исследования. За основу принималась методика, предложенная в [3]. О возможностях применения данного индикатора говорит М.Ш. Арабов в своей диссертации [4]. Согласно его работе, ортаниловый К превосходит почти все реагенты группы ортаниловых, дающие цветные реакции с ионом Ba^{2+} по основным спектрофотометрическим характеристикам. Реагент имеет наибольший диапазон рабочих длин волн, высокий молярный коэффициент светопоглощения и является широко используемым реагентом для определения как серосодержащих и фосфоросодержащих компонентов, так и тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Сущность данного метода состоит в добавлении в реакционную смесь с комплексом Ba^{2+} -ортаниловый К сульфат-ионов, образовании сульфата бария и снижении концентрации комплекса в эквивалентном количестве добавляемых ионов. Таким образом, чем выше концентрация определяемых ионов, тем менее интенсивна окраска комплекса, поэтому зависимость $A = f(C(\text{SO}_4^{2-}))$ носит обратно-пропорциональный характер.

На первом этапе работы освоена турбидиметрическая методика определения подвижной серы и разработан алгоритм фотометрического определения в присутствии ортанилового К, представленный на рисунке 1.

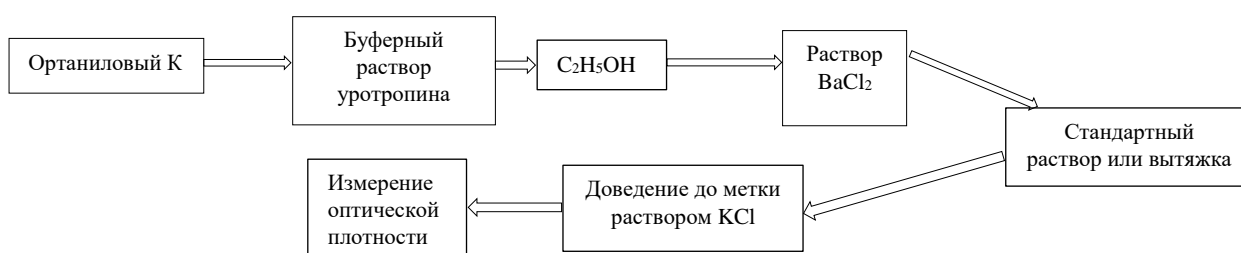


Рис. 1. Алгоритм фотометрического определения подвижной серы в присутствии ортанилового К

По аттестованной методике анализ проводится в кювете с толщиной поглощающего слоя 5 см при длине волны 520 нм. По методике с ортаниловым К предполагается использование кюветы толщиной поглощающего слоя 1 см. В качестве значения рабочей длины волны в источнике [3] предложена длина волны 635 нм. Для ее подтверждения в ходе работы получен спектр поглощения нулевого и одного из градуировочных растворов (рис. 2). По данным спектра видно, что помимо предложенной длины волны 635 нм, наибольшее расхождение в спектрах наблюдается так же и на длине волны $\lambda = 580 \text{ нм}$. Исходя из вышесказанного, принято решение вести анализ на двух длинах волн с последующим сопоставлением результатов.

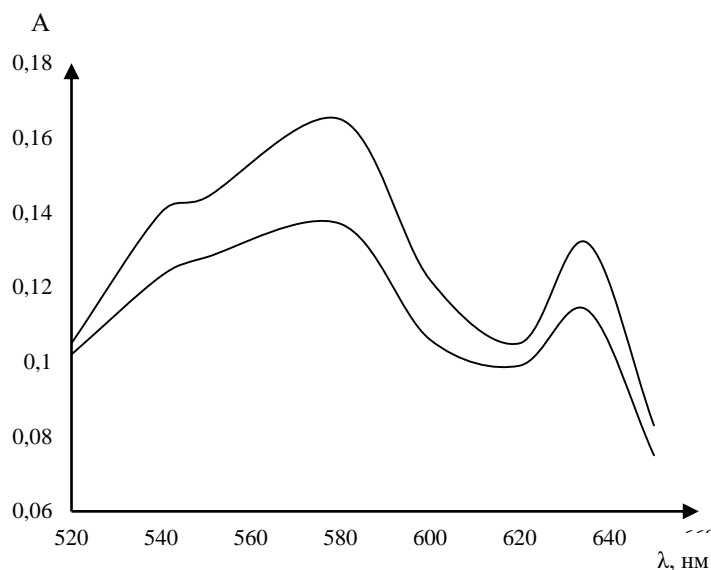


Рис. 2. Спектры поглощения градуировочных растворов с концентрациями подвижной серы 0 (1) и 12 (2) мг/кг, соответственно ($l = 1$ см)

Вторым этапом получены градуировочные зависимости для определения содержания подвижной серы в почвах по двум алгоритмам, в диапазоне концентраций от 2 до 25 мг/кг, предусмотренном аттестованной методикой (рис. 3).

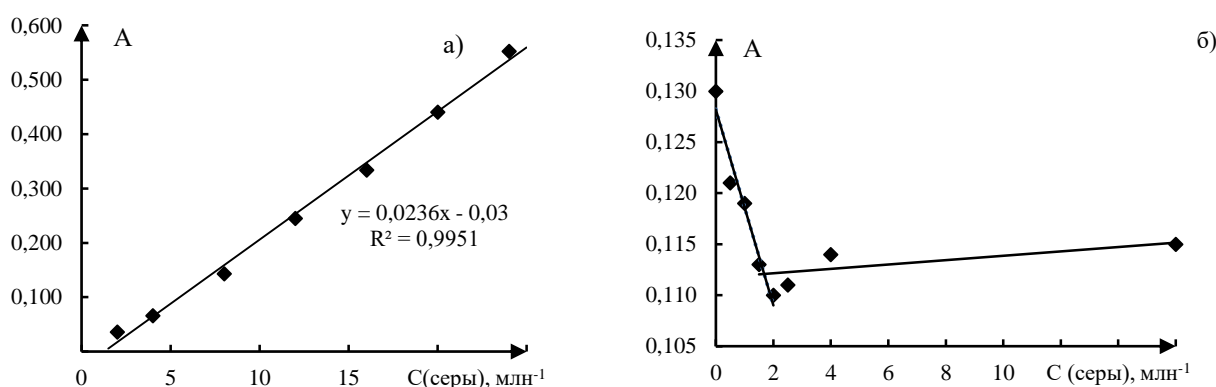


Рис. 3. Градуировочный график для определения содержания подвижной серы в почвах
а) в соответствии с ГОСТ 26490 ($l = 5$ см; $\lambda = 520$ нм)
б) по алгоритму с ортаниловым К ($l = 1$ см; $\lambda = 635$ нм)

Как видно из второго графика, зависимость оптической плотности раствора от концентрации подчиняется закону Бугера–Ламберта–Бера в диапазоне до 2,5 мг/кг. В результате проведенного эксперимента определен рабочий диапазон концентраций алгоритма с применением в качестве реагента ортанилового К. Узкий диапазон методики говорит о том, что для определения подвижной серы в природных объектах с большим ее содержанием требуется значительное разбавление. Далее получены градуировочные зависимости в установленном диапазоне концентраций при двух длинах волн (рис. 4).

На третьем этапе исследования проведен анализ дерново-подзолистой почвы, древесной золы с деревообрабатывающего предприятия Удмуртии, а также их смеси 1:2 с преобладанием почвы по двум алгоритмам (табл. 1). Перед проведением анализа по методике с ортаниловым К вытяжки подвергались дополнительной очистке путем пропускания через колонку с катионитом.

Для оценки правильности и воспроизводимости результатов, полученных по разработанному алгоритму, применяли метод сравнения с аттестованной методикой: сопоставляли их со значениями концентраций подвижной серы, установленными по ГОСТ 26490.

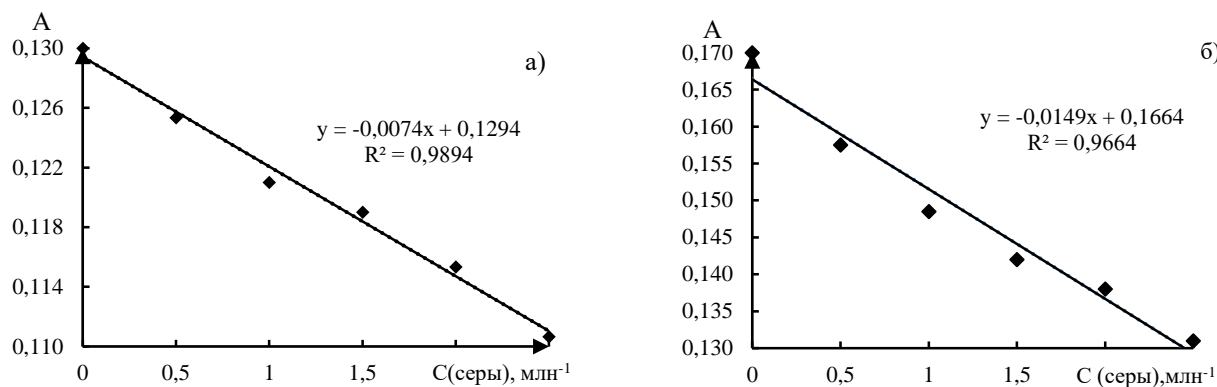


Рис. 4. Градуировочные графики для определения содержания подвижной серы в почвах по алгоритму с органиловым К ($l = 1$ см)
а) $\lambda = 580$ нм б) $\lambda = 635$ нм

Таблица 1

Результаты определения подвижной серы по двум методикам в почвенных, зольных и смешанных вытяжках

Исследуемый объект	Концентрация подвижной серы (мг/кг)		
	По ГОСТ 26490	По методике с органиловым К	
		$\lambda = 580$ нм	$\lambda = 635$ нм
Почва	$10,1 \pm 0,8$	9,1	11,2
Почва после высадки пшеницы	$5,8 \pm 0,4$	5,6	8,0
Зола	519 ± 39	475	385
Зола после высадки пшеницы	237 ± 18	201	248,5
Смесь почва-зола 2:1	$109,1 \pm 8,2$	107	127,5

Исходя из данных таблицы 1, можно отметить, что чем выше концентрация подвижной серы, тем больше разница между значениями, установленными турбидиметрическим и фотометрическим методами. Определения при длине волны $\lambda = 635$ нм, предложенной автором [3] для анализа воды имеют большее отклонение от значений концентраций подвижной серы, установленных турбидиметрическим методом. Высокий коэффициент разбавления негативно влияет на воспроизводимость методики и пригодность ее для анализа. Из чего следует вывод, что данный алгоритм пригоден исключительно для субстратов с низкой концентрацией подвижной серы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристархов А. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения //Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. №. 5. С. 39–47.
2. ГОСТ 26490–85. Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО. 4 с.
3. Сенявин М. М. Определение нормируемых компонентов в природных и сточных водах / М. М. Сенявин, Б. Ф. Мясоедов – Москва, 1987. 197 с.
4. Арабов М. Ш. Разработка комплекса методик определения неорганических форм серы в объектах окружающей среды: дис. – Моск. гос. ун-т им. МВ Ломоносова, 2004. 115 с.

Термодинамика комплексообразования в системе Со(II) - ЭДТА

Суркова Н. П., студ. 4 курса

Науч. рук. – Павлов А. А., канд. хим. наук

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
natalisurkova7@gmail.com

Комплексные соединений металлов с различными лигандами находят широкое применение в различных отраслях промышленности и хозяйства. Комплексоны применяются для извлечения металлов, очистки и концентрирования, в производстве сверхчистых материалов, красителей, катализаторов, лекарственных средств и многого другого. Комплексные соединения, координация металла в которых происходит за

счет атомов азота и кислорода, представляют особый интерес, поскольку эти процессы схожи с процессами в сложных биологических системах. То есть подобные комплексы можно использовать в качестве моделей для исследования биохимических реакций. В настоящее время помимо свойств этих соединений, их устойчивости в различных средах, также важным является изучение термодинамических параметров процесса комплексообразования. С одной стороны – это позволяет глубже понять фундаментальные основы координационной химии. С другой стороны – позволит предсказывать свойства комплексов, исходя из их строения, и создавать материалы с заданными свойствами [1–2].

Целью данной работы является изучение термодинамических процессов, происходящих при комплексообразовании ионов кобальта (II) с этилендиаминтетрауксусной кислотой. Для достижения этой цели были определены несколько задач, а именно, исследование теплоты комплексообразования, изменение энергии Гиббса и энтропии для комплекса Co(II) с ЭДТА.

Молекула ЭДТА, содержащая две amino- и четыре карбоксильные группы, способна образовывать с ионом металла комплексообразователя максимум шесть связей. Поэтому ЭДТА – гексадентатный лиганд. Координационное число большинства ионов металлов равно шести, поэтому становится понятным тот факт, что ЭДТА практически полностью удовлетворяет координационным требованиям этих ионов. Обычно образующиеся хелаты имеют пространственную октаэдрическую структуру [3].

Установлено, что формирование Edta-хелата кобальта(II) происходит в сильнокислой среде при pH от 1,1 до 2,2, а образующийся комплекс кобальта(II) стабилен только в кислых средах (ΔpH 2,2–6,5). В нейтральных и щелочных растворах происходит гидролитическое разложение комплексоната с нарушением гомогенности системы и выделением в твердую фазу малорастворимого гидроксида кобальта(II). Для Edta-комплексоната кобальта в высокоокисленном состоянии процесс хелатирования осуществляется в менее кислой среде при pH от 1,5 до 3,0, а оптимальная для существования хелата среда расширяется до слабощелочной (ΔpH 3,0–8,0). Последующее уменьшение кислотности среды до pH 8,0–10,0 вызывает изменение окраски растворов с переходом из фиолетовой в интенсивно синюю, устойчивую при ΔpH 8,0–12,5 [4].

Так как в процессе комплексообразования происходит еще и диссоциация, то сначала надо найти энтальпию диссоциации. По константам устойчивости ЭДТА, взятых из литературных данных, следует, что ионные равновесия в растворе ЭДТА и области существования различных ионных форм действительно сильно зависят от pH раствора, как это видно из предоставленной диаграммы (рис.1). В зависимости от кислотности раствора возможна большая или меньшая степень протонирования, то есть преимущественное существование ЭДТА в одной из форм: H_6Y^{2+} , H_5Y^+ , H_4Y , H_3Y^- , H_2Y^{2-} , HY^{3-} , Y^{4-} . Мольную долю каждой из форм можно рассчитать в зависимости от pH раствора. В слабокислом растворе преобладающей формой оказывается H_2X^{2-} , в нейтральном и слабощелочном преобладает HY^{3-} .

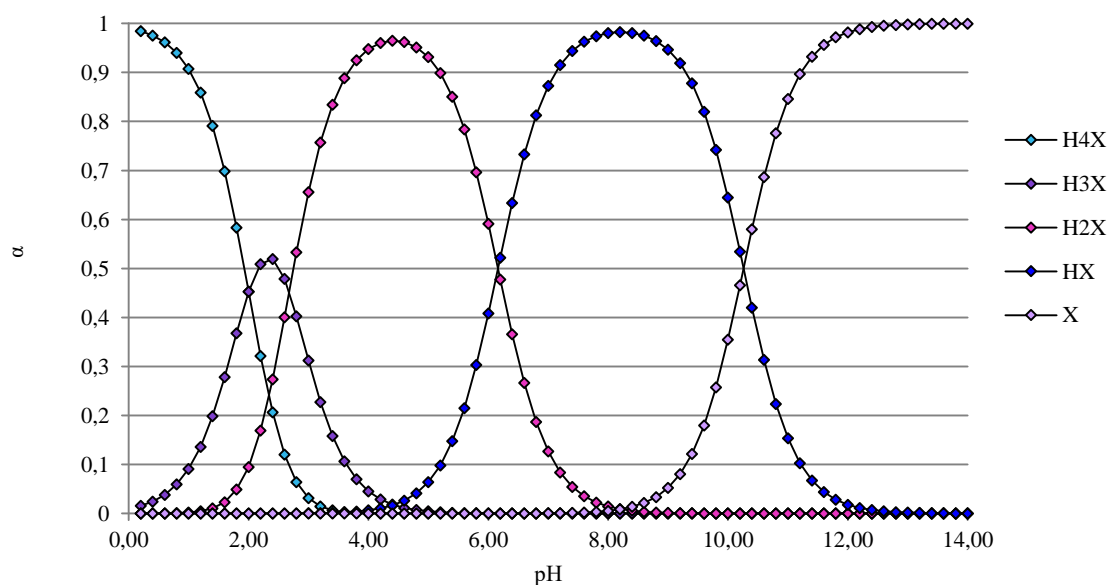


Рис. 1. Диаграмма распределения форм ионизации для ЭДТА

Исходя из этих данных проводился калориметрический опыт и найдены энтальпии реакции. Для термодинамических исследований использовался анализатор жидкости Эксперт-001 с функцией калориметра

с датчиком температуры и автоматической записью кривых «температура-время». Каждый эксперимент повторялся по три раза, отклонения от среднего значения не превышали 0,01 градуса. Кроме того, были проведены исследования в системах с различной ионной силой. Показано, что ионная сила влияет на термодинамику растворения незначительно, поэтому в дальнейшем было решено ею пренебречь.

В ходе смешения происходит процесс, который мы можем разложить на несколько реакции. Так как были подобраны точные значения pH, то диссоциациями по всем остальным ступеням можем пренебречь. Энтальпия реакции складывается из энтальпии диссоциации и энтальпии нейтрализации, так как энтальпия нейтрализации известная величина (55,9 Кдж/моль), то по разнице между двумя реакциями мы находим энтальпию диссоциации по последней ступени.

Таблица 1

Термодинамические параметры реакций

Реакция	H, Дж	ΔH , кДж/моль	ΔG , кДж/моль	ΔS , Дж/моль·К
$H_2X^{2-} + 2OH^- \leftrightarrow X^{4-} + 2H_2O$	219	- 87,6		
$H_2X^{2-} \leftrightarrow HX^{3-} + H^+$	- 13	5,2	34	-99
$HX^{3-} \leftrightarrow X^{4-} + H^+$	- 48	19,2	57	-129
$H^+ + OH^- \leftrightarrow H_2O$		-55,9		

Реакция комплексообразования в системе кобальт(II) – ЭДТА протекает в щелочной среде, поэтому при смешении растворов учитывались следующие реакции:

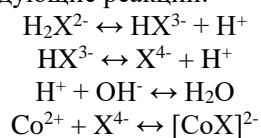


Таблица 2

Термодинамические параметры реакции комплексообразования

Реакция	H, Дж	ΔH , кДж/моль	ΔG , кДж/моль	ΔS , Дж/моль·°C
$Co^{2+} + X^{4-} \rightarrow CoX^{2-}$	230,9	-23,1	-96,7	252

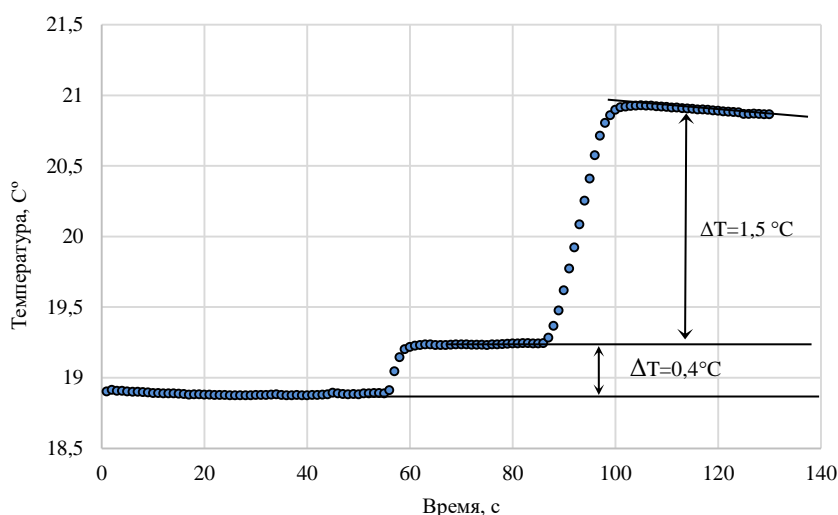


Рис. 2. Температурная кривая реакции комплексообразования в системе кобальт(II) – ЭДТА

Полученные данные указывают на то, что процесс комплексообразования протекает в данных условиях самопроизвольно с уменьшением энтальпии (процесс экзотермический) и с увеличением энтропии. В соответствии с поставленными задачами были найдены энтальпии диссоциации ЭДТА по двум ступеням,

энтальпии комплексообразования комплекса CoEDTA^{2-} и рассчитаны энтропии и энергии Гиббса для реакций диссоциации и комплексообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев В. И., Семенова М. Г., Меркулов Д. А. Гетеролигандные комплексы кобальта(II) и никеля(II) с иминодиуксусной и дикарбоновыми кислотами в водном растворе / Координац. химия. 2010. Т.36, №8. С.595–600.
2. Корнев В. И., Алабдулла Г. Ф. Моделирование равновесий образования моно- и полиядерных гетеролигандных комплексов кобальта(II) и никеля(II) в водных растворах / Журнал неорганической химии. 2017. Т.62. №8. С. 1126–1132.
3. Дятлова Н. М., Темкина В. Я., Попов К. И. Комплексоны и комплексонаты металлов. М.: Химия, 1988, 544 с. ISBN 5-7245-0107-4.
4. Щеглова Н. В., Попова Т. В., Яровикова А. А., Шевченко А. И., Ахтямова С. С., Софьина С. Ю. Полиаминополикарбоксилатные комплексы кобальта (II, III) в водных растворах / Вест. технолог. ун-та. 2016. 19. С. 42–46.
5. Хартли Ф., Бергес К., Оллок Ф. Равновесия в растворах / Пер. с англ. Колычевой Н. В. – М.: Мир, 1983, 170 с.

Получение 3-бром-4-метоксибензальдегида

Сулейманова Д. Р., студ. 4 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
suleymanovad.01@icloud.com

Одной из задач органической химии является функционализирование соединений. В частности, актуальным является введение таких групп как галоген, метоксигрупп, аминогрупп. Одной из задач является функционализирование альдегидов, как легкоокисляемых, поскольку их достаточно сложно сохранить, предотвратив окисление. В частности, анисовый альдегид и получение бромпроизводного.

Получение броманисового альдегида по известной методике сопровождается большими сложностями, в частности требуют тщательной подготовки катализатора, длительных условий и долгого и трудоемкого выделения. Поэтому целью нашей работы стало использование защитных групп, позволяющих получить 3-броманисовый альдегид в более мягких условиях.

Перед тем как приступить к синтезу производных содержащих эту группу, мы изучили литературу [1]. После того, как мы показали, что прямые реакции введения галогена являются труднодоступными, поскольку протекают жестких, нашей задачей стал подбор защитной группировки. Исследуя литературу [2], мы нашли следующие виды защиты альдегидной группы:

- 1) 1,3-диоксолановая защита
- 2) 1,3-дитиановая защита
- 3) Ацетальная защита
- 4) Защита через гидразон

Некоторые из них являются максимально доступными в наших условиях: ацетальная защита и защита через гидразон.

Перед тем как приступить к синтезу производных содержащих эту группу, мы изучили литературу [3]. Первой является ацетальная защита со спиртами. Известно, что ацетальная защита проводится многоатомными спиртами, либо этанолом. Главным условием является эффективная отгонка воды. Исходя из общей методики, мы решили осуществить попытку взаимодействия анисового альдегида с этиловым спиртом.

В рамках нашей работы, мы решили модифицировать методику не отгоняя воду, а поглощая ее эффективным осушителем. Для этой цели мы осушили сульфат меди. Проводили взаимодействие анисового альдегида с этиловым спиртом в его присутствии. Вся реакция сопровождалась кипячением на водяной бане в течении трех часов. В результате, мы фиксировали наличие анисового альдегида. Возможно, реакция не прошла в следствии низкой эффективности отгонки воды.

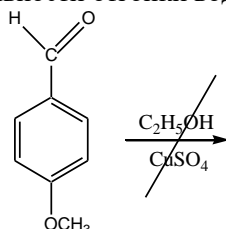


Рис. 1. Ацетальная защита анисового альдегида

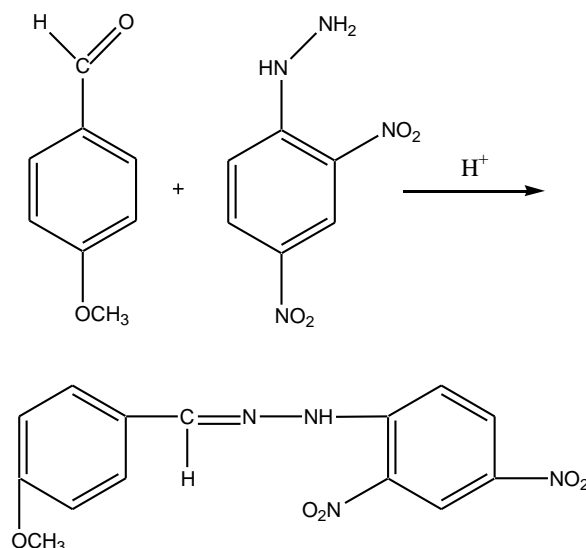


Рис. 2. Защита через гидразон

Вторым способом защиты, привлечем наше внимание, является получение гидразонов. Они легко получаются, а также легко снимаются при гидролизе в кислой или щелочной среде. Реакцию проводили в среде этилового спирта с эквимолярными количествами анисового альдегида и 2,4-динитрофенилгидразина. Реакция протекала при $t=80$ градусов и сопровождалось постоянным перемешиванием. По ТСХ наблюдали новообразование нового пятна. По удалению этилового спирта твердый продукт фильтровали. Высушили продукт и провели пробу Бейльштейна, окрашивание пламени в зеленый цвет говорит нам о наличии брома в продукте. Выход вещества составил 51 %. $T_{пл} = 120$ градусов.

Успешно введя защитную группу, мы приступили к реакции галогенирования. Галогенирование проводили бромид броматной смесью в присутствии концентрированной соляной кислоты при перемешивании. В круглодонной колбе смешали гидразон, бромид броматную смесь, добавили HCl концентрированную и все время сопровождалось перемешиванием. Продукт высушили и продолжили проводить цепочку реакций.

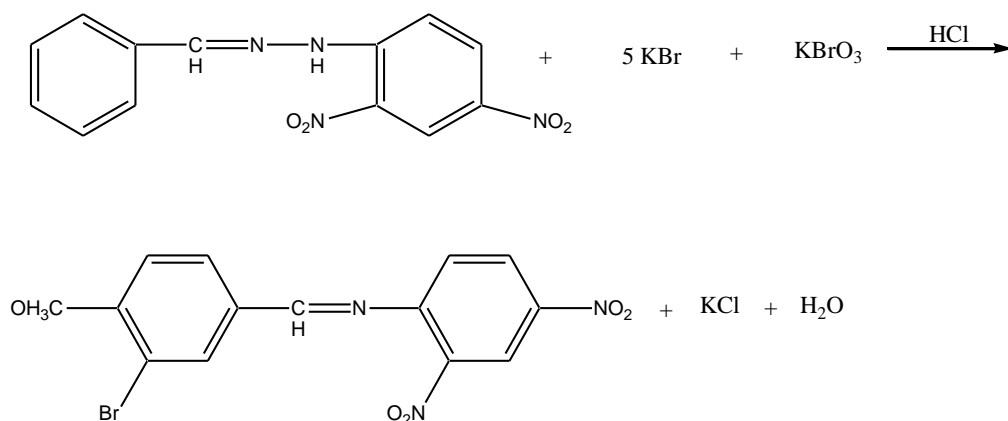


Рис. 3. Галогенирование гидразона на основе анисового альдегида

Затем так же в круглодонной колбе проводили реакцию. В получившуюся смесь добавили $N_2H_4 \cdot H_2O$ и NaOH, затем прикапывали ДМФА. Реакцию проводили в течении трех часов при $t = 70$ °С. Реакция сопровождалась постоянным перемешиванием. Затем продукт отфильтровывали и перекристаллизовывали изoproпанолом, выход продукта составил 51 %.

Для снятия гидразоновой группы применяются разные вариации, чаще всего используется гидразин и раствор NaOH. Нами осуществлена эта реакция, при добавления гидразинсульфата и избытка NaOH при перемешивании в среде ДМФА, мы наблюдали образование двух пятен: одно соответствует динитрофенилгидразину, а другое неизвестному веществу. Динитрофенилгидразин выпадал в осадок, который мы отфильтровывали, фильтрат упаривали, полученное вещество является 3-бром-4-метоксианисовым альдегидом с выходом 50%.

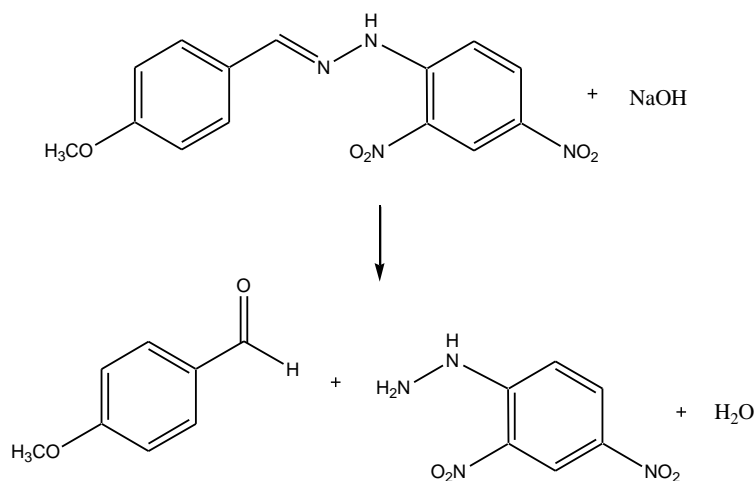


Рис. 4. Снятие защитной группы

ЛИТЕРАТУРА

1. Lavallée P., Ruel R., Grenier L., Bissonnette M. Mechanistic rationalization of an apparently non-stereospecific intramolecular Diels-Alder reaction // *Tetrahedron Lett.* 1986. Vol. 27. P. 649–768.
2. Hanessian S. Design and Implementation of Tactically Novel Strategies for Stereochemical Control Using the Chiron Approach // *Aldrichimica Acta.* 1989. Vol. 22. P. 3–14.
3. Литвиненко Л. М., Кириченко А. И. Роль основности и стереоспецифичности при нуклеофильном катализе третичными аминами // *Докл. АН СССР.* 1967. Т. 176. С. 97–100.

Подходы к получению эфиров антралиловой кислоты

Танакова А. В., студ. 4 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
anastasia300101@gmail.com

Антралиловая кислота (рис.1) – это ароматическая аминокислота, которая является биологически активным веществом, продуктами жизнедеятельности микроорганизмов и участвует в метаболизме растений. Также антралиловая кислота является витамином L_1 , способствующим лактации у крыс.

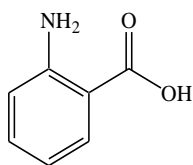


Рис. 1. Антралиловая кислота

Кроме того, кислота является промежуточным продуктом при синтезе душистых веществ и азокрасителей. А производные кислоты можно обнаружить в составе эфирных масел и экстрактов. Для них выявлено наличие широкого спектра фармакологического действия, поэтому различные производные антралиловой кислоты активно исследуются в качестве фармацевтических препаратов широкого спектра действия. Также эфиры антралиловой кислоты используются в парфюмерной и пищевой промышленности и для получения химических средств защиты растений [1]. Таким образом, антралиловая кислота и ее производные имеют широкое применение в разных отраслях. Поэтому получение антралиловой кислоты и ее производных имеет высокую значимость.

Как было сказано выше, нашим объектом изучения стала антралиловая кислота. Поскольку молекула антралиловой кислоты содержит два нуклеофильных функциональных центра: кислород в карбоксильной группе и азот в аминогруппе, мы поставили задачу определить условия селективного протекания по одному из них, что будет приводить к синтезу сложных эфиров.

Взаимодействие антралиловой кислоты с йодистым этилом в присутствии ДМФА. Мы решили опробовать реакцию Вильямсона, для начала взяв в качестве исходного вещества йодистый этил (рис. 2). Собрали установку, состоящую из одnogорлой круглодонной колбы, снабженную обратным холодильником и колбонагревателем. В колбу поместили навеску антралиловой кислоты небольшое количество гидроксида натрия и растворили 5 мл ДМФА далее добавили йодистый этил. Нагревали в течение двух часов при интенсивном перемешивании и при контроле реакции методом ТСХ. По данным ТСХ наблюдали два пятна. По-видимому, соответствующие продукту О-алкилирования и N-алкилирования. К сожалению, продукты разделить не удалось, поэтому мы считаем, что на данном этапе работы реакция Вильямсона не может быть использована для получения целевых эфиров.

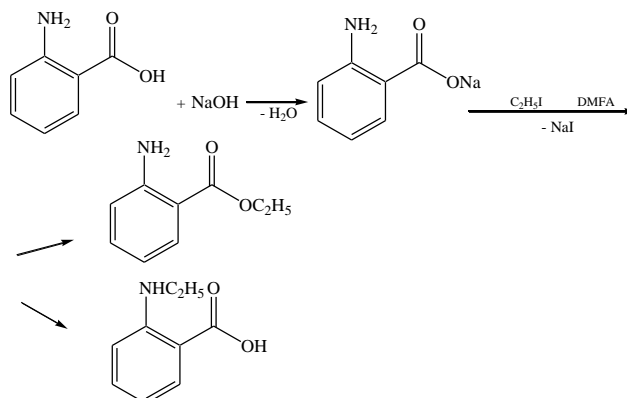


Рис. 2. Реакция антралиловой кислоты с йодистым этилом в присутствии ДМФА

Взаимодействие антралиловой кислоты с хлоргидрином в присутствии воды. Второй проведенной нами реакцией стало взаимодействие антралиловой кислоты с хлоргидрином (рис. 3). Для этого мы собрали установку аналогичную предыдущему опыту. Реакцию проводили в воде в качестве растворителя. Навеску гидроксида натрия и антралиловой кислоты перемешивали, после чего добавляли хлоргидрин. Смесь нагревали в течение трех часов при перемешивании и контролировали методом ТСХ. Даже по истечению трех часов, нового пятна не появлялось, а выделенный продукт имел аналогичную температуру плавления. Это позволяет сделать вывод, что реакция не прошла.

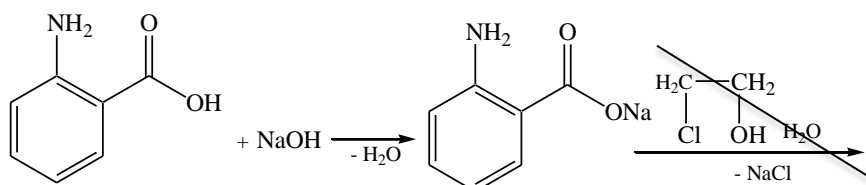


Рис. 3. Реакция взаимодействия антралиловой кислоты с хлоргидрином в присутствии воды

Взаимодействие антралиловой кислоты с хлоргидрином в присутствии ДМФА. Получив неудовлетворительный результат при проведении реакции с водой, мы решили модифицировать эту реакцию используя ДМФА, поскольку ДМФА часто используется для реакций алкилирования (рис. 4). Установка, условия реакции и навески использовались аналогичные предыдущему опыту, за исключением растворителя – ДМФА. Мы растворили навеску антралиловой кислоты и гидроксида натрия в небольшом количестве ДМФА и добавили хлоргидрин. Нагревали в течение часа при температуре 130–140 °С. Также как в вышеописанном случае, реакцию осуществить не удалось.

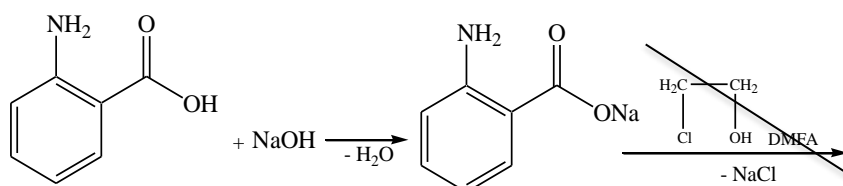


Рис. 4. Реакция взаимодействия антралиловой кислоты с хлоргидрином в присутствии ДМФА

Реакции протекают медленно и протекают по двум реакционным центрам. Поэтому мы считаем данное направление неперспективным и намерены поискать новые пути.

Применение трихлорацетильной защитной группы. Реакции получения сложных эфиров протекают через получение хлорангидрида. В данном случае это невозможно так как будет наблюдаться реакция хлорангидрида со свободной аминогруппой. Поэтому кажется актуальным применить защитную группировку. Проанализировав литературу, мы выбрали несколько возможных защитных групп и наше внимание пало на трихлорацетильную группу, которая эффективно связывает аминогруппу и легко снимается при гидролизе.

Известно, что обычно реакция ацилирования протекает либо с хлорангидридом либо ангидридом. Но поскольку трихлоруксусная кислота является очень сильным электрофилом, была надежда, что реакция может пройти и без предварительного получения более активных производных.

Взаимодействие анраниловой кислоты с трихлоруксусной кислотой

Для проверки этого предположения, мы осуществили реакцию взаимодействия анраниловой кислоты в среде трихлоруксусной кислоты при высокой температуре (рис.5). Так навеску анраниловой кислоты мы помещали в избыток трихлоруксусной кислоты. Проводили нагревание при высоких температурах в течение девяти часов, при непрерывном перемешивании и при контроле реакции методом ТСХ. После чего нашу смесь вылили в лед. Осадок отфильтровывали и перекристаллизовывали из изопропилового спирта. Выход составил 50%. $T_{пл}$ (продукта)=153–154°C.

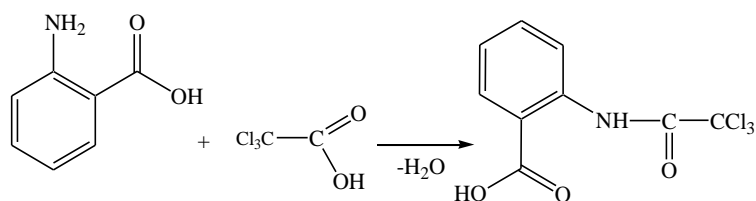


Рис. 5. Реакция анраниловой кислоты с трихлоруксусной кислотой

Взаимодействие анраниловой кислоты с хлорангидридом трихлоруксусной кислоты. Вторым вариантом заключался в предварительном получении хлорангидрида трихлоруксусной кислоты, как более активного производного и взаимодействия с ним. Плюсом является проведение реакции в более мягких условиях, минусом является проведение дополнительной стадии и достаточно высокая токсичность трихлорангидрида.

Для следующей реакции мы собрали установку, идентичную прошлой, за исключением, что мы использовали капельную воронку, в которую поместили трихлоруксусную кислоту. В колбу поместили навеску анраниловой кислоты и полученный нами хлорангидрид уксусной кислоты. При перемешивании и нагревании из капельной воронки прикапывали трихлоруксусную кислоту (рис.7). Реакцию контролировали методом ТСХ. Полученную нами смесь вылили в лед, отфильтровали осадок и перекристаллизовали из изопропилового спирта. Выход составил 59%. $T_{пл}$ (продукта)= 153–154°C.

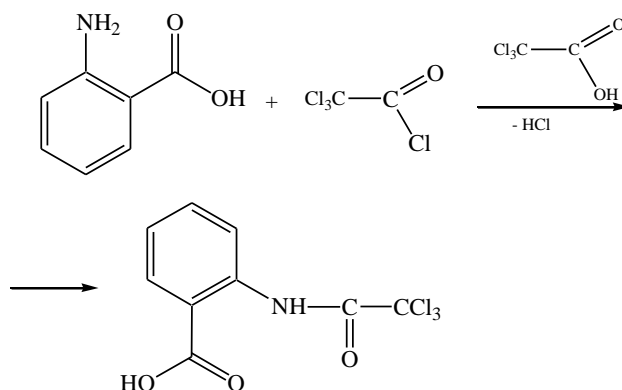


Рис. 7. Реакция анраниловой кислоты с хлорангидридом уксусной кислоты в присутствии трихлоруксусной кислоты

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент Польши N 64836, кл.12 о 14, 1972. 2. Исагулянц В.И. Синтетические душистые вещества. – Ереван, Изд-во АН Армянской ССР, 1946, с. 590.
2. Лебедев Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1971. 343 с.

Некоторые термодинамические характеристики ортованадата железа (III)

Уваров А. А., студ. 2 курса

Науч. рук. – Литова Н. А., канд. хим. наук, доц.

Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново
al.uvarov.isuct@yandex.ru

Аннотация: в работе теоретически рассчитаны термодинамические параметры процесса ортованадата железа (III) плавления и испарения, определена нормальная температура плавления вещества, рассмотрены тепловые эффекты, рассчитаны параметры тройной точки

Ванадаты элементов I–III групп используются для получения люминофоров с белым свечением и со свечением в любом диапазоне видимого света, для применения в ртутных лампах высокого и низкого давления [1]. В этих целях необходимо иметь теоретические данные о термодинамических параметрах соединений, которые могут быть потенциально использованы в изготовлении частей технологических машин, а также о их поведении при различных температурных показателях.

Разные фазы одного и того же вещества могут находиться в равновесии, соприкасаясь друг с другом. Такое равновесие наблюдается лишь в ограниченном интервале температур, причем каждому значению температуры T соответствует свое давление P , при котором возможно равновесие [2]. Исследование термодинамических характеристик веществ является важным пунктом в развитии теории фазовых переходов, выработки оптимальных параметров работы с веществом [3].

Целью данной работы является изучение термодинамических параметров (характеристик) кристаллического ортованадата железа (III), систематизации информации о данном веществе.

Исходя из цели, поставлены следующие задачи: теоретически вычислить dT/dP для процесса плавления при температуре тройной точки, построить график зависимости давления насыщенного пара от температуры и провести анализ термодинамических величин на его основе.

По теоретической зависимости давления насыщенного пара от температуры и плотности ортованадата железа (III) в твердом и жидком состояниях в тройной точке (т.т.) составили характеристику термодинамических параметрах вещества.

Теоретическое давление насыщенного пара от температуры и плотности вещества рассчитывали исходя из формулы $P = \frac{\rho RT}{M}$, полученные результаты занесены в таблицу 1. $\rho_{\text{ТВ}} = 3082 \text{ кг/м}^3$, $\rho_{\text{Ж}} = 2477 \text{ кг/м}^3$.

Таблица 1

Зависимости давления насыщенного пара от температуры и плотности

Твердое состояние				Жидкое состояние			
T, K	P, Па	lgP	$10^3/T$	T, K	P, Па	lgP	$10^3/T$
1062	159337.3	5.202317	0.94162	1183	171444.6	5.234124	0.845309
1081	162188	5.210019	0.925069	1195	173183.7	5.238507	0.83682
1104	165638.8	5.219162	0.905797	1237	179270.5	5.253509	0.808407
1121	168189.4	5.225799	0.892061	1258	182313.9	5.26082	0.794913
1147	172090.3	5.235756	0.87184	1277	185067.4	5.26733	0.783085
1163	174490.8	5.241773	0.859845	1305	189125.3	5.27675	0.766284
1182	177341.5	5.24881	0.846024	1325	192023.8	5.283355	0.754717

На основании полученных теоретических значений построили графики зависимости $P = f(T)$ и $lgP = f\left(\frac{10^3}{T}\right)$.

Анализируя графики рисунков 1 и 2, с учетом погрешности теоретических вычислений, нашли координаты тройной точки:

$$lgP = 5.241465 \rightarrow P_{\text{т.т.}} = 174\,393.05 \text{ Па},$$

$$\frac{10^3}{T} = 0.8456665 \rightarrow T_{\text{т.т.}} = 1182.5 \text{ K}$$

Для расчета средней теплоты испарения и средней теплоты возгонки пользовались графиком зависимости $lgP = f\left(\frac{10^3}{T}\right)$, а также уравнением Клаузиуса-Клапейрона [4] в интегральном виде $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{T_{\text{ф.п.}} \cdot \Delta V_{\text{ф.п.}}}$, где

$\Delta H_{\text{ф.п.}}$ – мольная энтальпия равновесного фазового перехода, $\Delta V_{\text{ф.п.}}$ – разность мольных объемов фаз, которые находятся в равновесии, $T_{\text{ф.п.}}$ – температура фазового перехода.

В случаях испарения и возгонки уравнение можно упростить, считая, что мольным объемом конденсированной фазы (жидкости или твердого тела) по сравнению с мольным объемом пара можно пренебречь, и что пар подчиняется уравнению состояния идеального газа. В результате получаем уравнение:

$$\lg P = \frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{R} \cdot \frac{1}{T} + C = \frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{2,303 \cdot R \cdot 10^3} \cdot \frac{10^3}{T} + C', \text{ где } C, C' - \text{ константы интегрирования.}$$

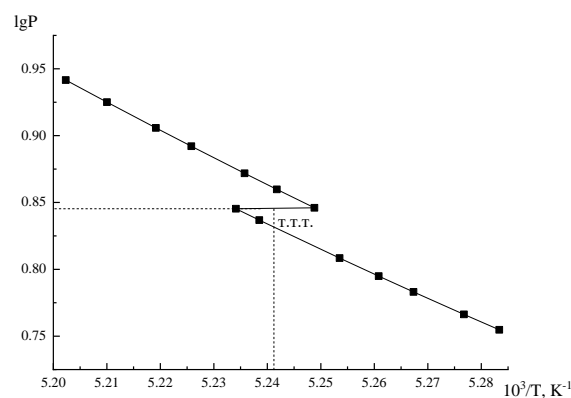
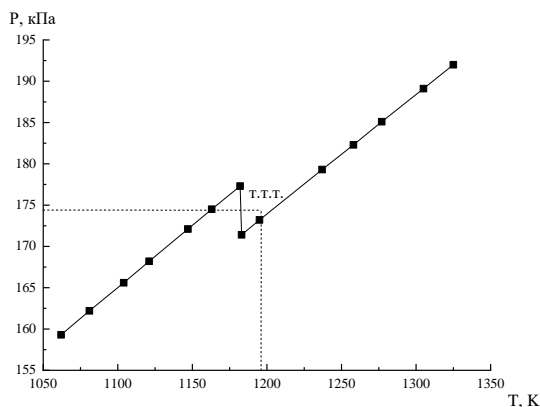


Рис. 8. Зависимость давления от температуры Рис. 9. Зависимость температуры от логарифма давления

Отсюда тангенс угла наклона для жидкого и твердого состояния:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\partial(\lg P)}{\partial\left(\frac{10^3}{T}\right)} = -\frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{2,303 \cdot R \cdot 10^3}$$

Теплота испарения и возгонки:

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{возг}} &= -2,303 \cdot R \cdot 10^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha \\ \Delta H_{\text{исп}} &= -2,303 \cdot R \cdot 10^3 \cdot \operatorname{tg} \beta \end{aligned}$$

Определили теплоты испарения и возгонки, значения которых приведены в таблице 2; рассчитали теплоту плавления ортованадата железа (III):

$$\Delta H_{\text{плав}} = \Delta H_{\text{возг}} - \Delta H_{\text{исп}}$$

Рассчитали нормальную температуру кипения вещества, использовали уравнение Клаузиуса-Клапейрона в интегральном виде, приняв P_{T_2} и T_1 – давление и температуру в расчетной теоретической тройной точке.

$$\begin{aligned} \lg\left(\frac{P_{T_2}}{P_{T_{\text{т.т.}}}}\right) &= \frac{\Delta H_{\text{исп}}}{2,3 \cdot R} \cdot \left(\frac{1}{T_{\text{т.т.}}} - \frac{1}{T_2}\right) \\ \lg\left(\frac{1,0133 \cdot 10^5}{174393,05}\right) &= \frac{-52827}{2,3 \cdot 8,314} \cdot \left(\frac{1}{1182,5} - \frac{1}{T_2}\right) \end{aligned}$$

Отсюда,

$$T_2 = T_{\text{н.т.к.}} = 1315,26 \text{ K}$$

Рассчитали $\frac{dT}{dP}$ процесса плавления при температуре теоретической тройной точки, использовали уравнение Клаузиуса-Клапейрона в дифференциальном виде: $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{плав}}}{T_{\text{т.т.}} \cdot \Delta V}$, где

$$\Delta V = V_{\text{ж}} - V_{\text{тв}} = M \cdot \left(\frac{1}{\rho_{\text{ж}}} - \frac{1}{\rho_{\text{тв}}}\right)$$

Значение $\frac{dT}{dP} > 0$, следовательно, плавление ортованадата железа (III) сопровождается увеличением объема, с повышением давления и температуры. Приняли, что энтальпия возгонки определена графическим методом, тогда термодинамические функции будут равны:

$$\Delta S_{\text{возг}} = \frac{\Delta H_{\text{возг}}}{T_{\text{т.т.}}}; \Delta G_{\text{возг}} = 0; \Delta F_{\text{возг}} = \Delta G_{\text{возг}} - P\Delta V = -RT; \Delta U = \Delta H - RT$$

Систематизируя полученные данные, составили таблицу теоретических термодинамических параметров ортованадата железа (III).

Таблица 2

Термодинамические характеристики ортованадата железа (III)

$P_{т.т.},$ Па	$T_{т.т.},$ К	$\frac{\Delta H_{плав},}{Дж}$ моль	$T_{н.т.к.},$ К	$\Delta G_{возг}$	$\frac{\Delta F_{возг},}{кДж}$ моль	$\frac{\Delta U,}{кДж}$ моль	$\frac{\Delta H_{возг},}{Дж}$ моль	$\frac{\Delta H_{исп},}{Дж}$ моль	$\frac{dT}{dP},$ К Па	$\frac{\Delta S_{возг},}{Дж}$ моль·К
174393,05	1182,5	108353,7	1315,26	0	-2,315	45695,41	55526,71	-52827	$2,1329 \cdot 10^{-8}$	46,96

В работе определены тепловые эффекты процессов плавления, возгонки и испарения вещества. По результатам теоретического исследования термодинамических параметров (характеристик) кристаллического ортованадата железа (III) сделали выводы о том, что: нормальная температура кипения вещества составляет 1315,26 К; по результатам значения энергии Гельмгольца, в данной термодинамической системе протекает необратимый самопроизвольный процесс; оптимальные параметры ортованадата железа (III) для протекания процесса плавления: $T = 1183$ К; $P = 175$ кПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уваров А. А. Физико-химические свойства и экологический аспект кристаллических ортованадата железа (III), метаванада-тов железа (III), меди (II) и свинца (II) / А. А. Уваров, И. А. Бутько, Н. А. Литова // Наука, технологии, общество: экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий. Сб. науч. трудов III Всерос. науч. конф. с международным участием. 16–18 ноября 2022 года. – Красноярск, 2022. С. 125–136.
2. Элементы физики твердого тела, физики атомного ядра и элементарных частиц. — Москва: Моск. гос. ун-т приборостроения и информатики. 75 с.
3. Карякин Н. В. Основы химической термодинамики: учеб. пособие для студентов вузов / Н. В. Карякин. – Москва: Академия, 2003. – 462 с.
4. Морачевский А. Г., Смирнова Н. А., Пиотровская Е. М. и др. Термодинамика равновесия жидкость-пар. – Л.: Химия, 1989. 344 с.

Квантово-химический расчет геометрии и параметров реакции образования транс-изомеров бис-иминодиацетата кобальта(III)

Феофанов М. С., студ. 1 курса

Науч. рук. — Вербицкий А. С., ассистент

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
fastfx@yandex.ru

Комплексы кобальта с иминодиуксусной кислотой являются объектом многих исследований в области координационной химии и катализа. Актуальность изучения этих комплексов обусловлена их потенциальным применением в качестве катализаторов в реакциях гидроформилирования олефинов [1], каталитического разложения производных бензола [2]. Изучение структуры и свойств этих комплексов может помочь в оптимизации их каталитической активности и селективности. Также комплексы кобальта обладают антибактериальной и противоопухолевой активностью [3], что делает их потенциально интересными для разработки новых лекарственных препаратов. Таким образом, изучение комплексов кобальта с иминодиуксусной кислотой имеет широкий спектр потенциальных применений и может помочь в разработке новых материалов и лекарственных препаратов, а также в расширении наших знаний о свойствах и взаимодействии кобальта с другими соединениями. В качестве объекта исследования методами компьютерной химии был выбран комплекс бис-иминодиацетат кобальта (III), так как данный комплекс имеет высокую реакционную способность и обладает достаточной стабильностью, чтобы быть изученным в эксперименте. Комплекс бис-иминодиацетата кобальта (III) теоретически может образовывать несколько геометрических изомеров. Рассматриваемые теоретически возможные изомеры представлены на рис. 1.

Расчеты электронной структуры изомеров транс-бис-иминодиацетата кобальта(III) производились с использованием программы квантово-химических вычислений Gaussian09 на кластерном суперкомпьютере МарГУ, методами теории функционала плотности (DFT) с использованием трехпараметрического функционала Беке и корреляционной функции Ли, Янга, Парра (B3LYP) [5]. Применение гибридного функцио-

нала обусловлено тем, что он широко используется для описания молекул органических соединений, а также для металлоорганических соединений [6], а так же хорошо сбалансирован между точностью и вычислительной сложностью, что делает его удобным для расчетов больших систем и систем с тяжелыми элементами [7]. В качестве базисного набора для описания структур комплекса бис-иминодиацетата кобальта (III) использован корреляционный набор Даннинга с функциями валентной поляризации aug-сс-pVTZ, включающих функции :7s,6p,4d,2f,1g [8]. Тестовые расчеты проведенные в ходе исследования показали наилучший результат сходимости расчетов геометрии для ранее изученных комплексов [9] при использовании базиса aug-сс-pVTZ, в сравнении с 6-31G(d,p)**, дальнейшее увеличение базиса не представляется выгодным, так как приведет к незначительному увеличению точности, при значительном увеличении машинного времени.

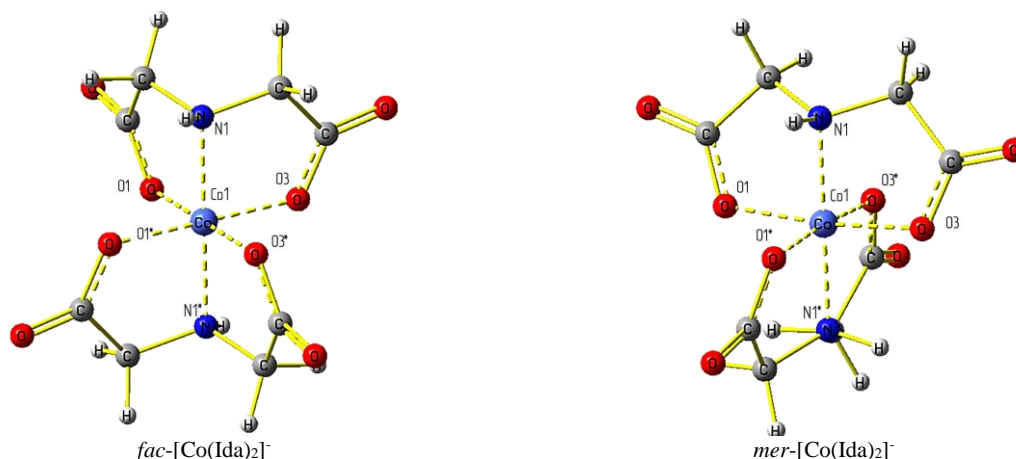


Рис. 1. Пространственное расположение анионов Ida в координационном полиэдре *транс*-изомеров $[\text{Co}(\text{Ida})_2]^-$

В основе расчета использовали модели, в которых катионы кобальта(III) координированы по вершинам октаэдра двумя атомами азота и четырьмя атомами кислорода двух тридентатных анионов Ida с *транс*-расположением атомов азота (рисунок 1). Для теоретически возможных *транс*-изомеров бис-иминодиацетатов кобальта(III) был произведен поиск геометрии координационных частиц соответствующей стационарной точке с минимальной энергией, а нахождение стационарной точки подтверждалось расчетом частот структуры. В таблице 1 представлены некоторые полученные расчетные значения длин химических связей и валентных углов *транс*-изомеров бис-иминодиацетатов кобальта(III) в сравнении с экспериментальными данными, полученными на основе РСА-анализа синтезированного кристаллического хелата состава $\text{K}[\text{Co}(\text{Ida})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [4].

Таблица 1

Сравнение некоторых расчетных длин связей и валентных углов изомеров в сравнении с данными РСА для *транс*- $[\text{Co}(\text{Ida})_2]^-$

Параметр	Расчетные данные		Экспериментальные данные [4]
	<i>fac</i> - $[\text{Co}(\text{Ida})_2]^-$	<i>mer</i> - $[\text{Co}(\text{Ida})_2]^-$	$\text{K}[\text{Co}(\text{Ida})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (структура хелата соответствует <i>fac</i> - $[\text{Co}(\text{Ida})_2]^-$)
Длины связей, Å			
Co(1)–O(1)	1,9141(6)	1,9270(1)	1,8817
Co(1)–O(3)	1,9141(3)	1,9190(3)	1,8882
Co(1)–N(1)	1,9516(4)	1,9270(1)	1,931
Валентные углы, град			
O(1)–Co(1)–O(3)	89,41(3)	173,48(9)	90,05
O(1)–Co(1)–N(1)	87,39(7)	86,76(5)	86,6
O(3)–Co(1)–N(1)	87,38(6)	86,75(9)	87,08
O(1)–Co(1)–N(1*)	92,59(6)	94,31(2)	93,4
O(3)–Co(1)–N(1*)	92,60(8)	92,17(4)	92,92
N(1)–Co(1)–N(1*)	179,99(0)	178,50(4)	180
O(1)–Co(1)–O(1*)	179,99(0)	90,00(7)	180
O(3)–Co(1)–O(3*)	179,99(8)	90,26452	180

Согласно полученным данным квантово-химический расчет геометрии координационного полиэдра изомера *fac*- $[\text{Co}(\text{Ida})_2]^-$ хорошо согласуется с данными РСА. Удлинение связей Co–N(1,1*) и o–

O(1,3,1*,3*) на 0,01 – 0,1 Å в расчетной модели в сравнении с данными РСА, объясняется, тем что представленные структуры соответствуют стационарной точке минимума энергии при отсутствии окружения (в вакууме). Как правило учет эффекта окружения осуществляется введением ресурсоемких континуальных моделей РСМ/COSMO, которыми в данном исследовании мы пренебрегли, так как в системах с сильным зарядом влияние сольватационных эффектов играет как правило менее значимую роль [11], что внесло незначительную системную ошибку.

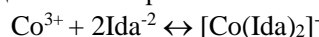
Полученные в результате поиска оптимальной геометрии значения минимальной энергии и дипольного момента представлены в таблице 2. Для каждой из структур был проведен частотный анализ и расчет термодинамических данных.

Таблица 2

Величины расчетной E_{\min} и дипольного момента изомеров комплекса бис-иминодиацетата кобальта (III)

Геометрический изомер	E_{\min} , ед. Хартри	Дипольный момент, Дебай
<i>fac</i> -[Co(Ида) ₂] ⁻	-2405,441167	0,0025
<i>mer</i> -[Co(Ида) ₂] ⁻	-2405,438852	0,0351

Расчет энтальпии реакции образования, свободной энергии Гиббса и отношения скоростей реакций образования *fac*-[Co(Ида)₂]⁻ и *mer*-[Co(Ида)₂]⁻ бис-иминодиацетата кобальта(III) (таблица 3) производился с использованием следующей схемы процесса хелатирования катионов кобальта(III) анионами Ида:



Для определения отношения скоростей реакций ($k^{9\ddagger}$) образования *fac*-[Co(Ида)₂]⁻ и *mer*-[Co(Ида)₂]⁻ бис-иминодиацетата кобальта(III) использовали следующие математические соотношения:

$$\vartheta_{\text{Структуры}}^{\ddagger} = \frac{k_B * T}{hC} * e^{-\Delta G^{\ddagger}/RT}$$

$$k^{\vartheta^{\ddagger}} = \left(\frac{\vartheta_{\text{Структуры1}}^{\ddagger}}{\vartheta_{\text{Структуры2}}^{\ddagger}} \right)$$

где $\vartheta_{\text{Структуры}}^{\ddagger}$ – скорость теоретической реакции образования комплекса.

Таблица 3

Результаты расчета $\Delta H_{\text{г}}^{\ddagger}$, ΔG^{\ddagger} , изомеров комплекса бис-иминодиацетата кобальта (III)

Геометрический изомер	$\Delta H_{\text{г}}^{\ddagger}$, ккал/моль	ΔG^{\ddagger} , ккал/моль	$\vartheta_{\text{Структуры}}^{\ddagger}$, с ⁻¹	$k^{9\ddagger}$
<i>fac</i> -[Co(Ида) ₂] ⁻	-172,93	-143,24	6,15(64)	7,92·10 ⁹
<i>mer</i> -[Co(Ида) ₂] ⁻	-192,71	-156,74	7,76(73)·10 ⁻¹⁰	

Для *fac*-[Co(Ида)₂]⁻ и *mer*-[Co(Ида)₂]⁻ согласно расчетным данным при условии постоянства температуры и давления протекание реакции термодинамически благоприятно. Низкие величины расчетных дипольных моментов могут быть объяснены симметричным геометрическим строением комплекса. Незначительное повышение величины дипольного момента *mer*-[Co(Ида)₂]⁻ может быть объяснено напряженностью связей С-N-C лиганда, что приводит к искажению симметрии. Расчетная внутренняя энергия *fac*-[Co(Ида)₂]⁻ оказывается немного меньше, чем у *mer*-[Co(Ида)₂]⁻. Разница расчетной внутренней энергии *fac*- и *mer*- изомеров комплекса бис-иминодиацетата кобальта(III) составляет 0,00231489 ед. Хартри, что соответствует 0,145 ккал/моль. Это объясняет, почему в РСА-исследованиях [4,10] комплекса бис-иминодиацетата кобальта(III) структура аниона соответствует геометрическому изомеру *fac*-[Co(Ида)₂]⁻. Однако разница в энергиях достаточно мала, чтобы исключить существование равновесной смеси двух изомерных форм в растворе и предположить перегруппировку *mer*-[Co(Ида)₂]⁻ в *fac*-[Co(Ида)₂]⁻ в процессе выделения соединения в кристаллическом виде. Термодинамический анализ указывает на то, что скорость теоретической реакции образования *fac*-[Co(Ида)₂]⁻ в 7,92·10⁹ раз превышает скорость образования *mer*-[Co(Ида)₂]⁻. Таким образом, можно заключить, что согласно расчетным данным наиболее вероятной пространственной геометрией аниона комплекса бис-(иминодиацетата) кобальта (III) является *fac*-[Co(Ида)₂]⁻, что находит подтверждение в экспериментальных данных, полученных методом РСА кристаллического комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hood D. M., Johnson R. A., Carpenter A. E., Younker J. M., Vinyard D. J., Stanley G. G. Highly active cationic cobalt(II) hydroformylation catalysts // *Science*. 2020. P. 542–548.
2. Tao L.-M., Li C.-H., Chen J., Liu H. Cobalt(III)-Catalyzed Oxidative Annulation of Benzaldehydes with Internal Alkynes via C-H Functionalization in Poly(ethylene glycol) // *Journal of Organic Chemistry*. 2019. P. 6807–6812.
3. Смешаннолигандные комплексы кобальта (III) с этилендиамином и этилендиаминтетрауксусной кислотой в водных растворах / Н. В. Щеглова, А. С. Печникова, А. И. Шевченко [и др.] // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17. С. 56–59.
4. Junk P. C., Smith M. Crystal and molecular structure of potassium trans-bis(iminodiacetato)-cobaltate(III)-2H₂O. // *J. Coord. Chem.*, 2002, V. 55(9). P. 1091–1096.
5. Lee C. T., Yang W. T., Parr R. G. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density // *Phys. Rev. B*. 1988. 37. P. 785.
6. Юрнев П. В., Щербинин А. В., Степанов Н. Ф. Применимость методов TD DFT для расчета электронного спектра поглощения гексаамминорутения (III) в водном растворе // *Журнал физической химии*. 2010. Т. 84. №. 1. С. 44–48.
7. Бажанова З. Г., Хренова М. Г., Немухин А. В. Расчеты взаимодействий в биомолекулярных системах: сравнение квантовых и классических подходов // *Вычислительные методы и программирование*. 2011. Т. 12. С. 298–302.
8. Piris M. Global method for electron correlation // *Physical review letters*. 2017. Vol. 119. №. 6. P. 344–357.
9. Вербицкий А. С., Петухова Т. В. Квантово-химическое моделирование комплексов Co (III) с диэтилентриамином Современные проблемы медицины и естественных наук : Сборник статей Международной научной конференции, Йошкар-Ола, 25–29 апреля 2016 года. Том Выпуск 5. – Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2016. С. 271–275.
10. Corradi A. B., Palmieri C. G., Nardelli M., Pellinghelli M. A., Tani M. E. V. Crystal and molecular structure of potassium cis-bis(iminodiacetato)cobaltate(III)-2.5 water // *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, V. 6, P. 655–658.
11. Klamt A. The COSMO and COSMO-RS solvation models // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 2011, Vol. 1. P. 699–709.

Сорбция метиленового синего энтеросорбентами на основе коллоидного диоксида кремния

Фирстова Л. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смотрина Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
firstova.lyudmila.chem@mail.ru

В настоящее время наблюдается активное развитие рынка фармацевтических препаратов, в том числе и препаратов адсорбционного и дезинтоксикационного действия – энтеросорбентов [1]. Можно выделить множество видов сорбентов с различными структурами и механизмами воздействия на организм. По числу клинических исследований и научных публикаций большой интерес представляют энтеросорбенты на основе высокодисперсного диоксида кремния, которые благодаря большой удельной поверхности (до 400 м²/г) и скорости связывания с бактериями и токсинами оказывают быстрый терапевтический эффект даже при приеме умеренных терапевтических доз [2].

Цель работы состояла в экспериментальном изучении адсорбционных свойств энтеросорбентов на основе коллоидного диоксида кремния. В качестве адсорбционного маркера, моделирующего токсины со средним размером частиц, был взят краситель метиленовый синий [3]. Объектами исследования являлись препараты «Полисорб МП» и «Альфасорб». Выбор препаратов обусловлен их доступностью и многоцелевым назначением.

«Полисорб МП» производства компании АО «Полисорб» – неорганический, полифункциональный энтеросорбент нового поколения на основе высокодисперсного кремнезема. Легкий белый порошок с размерами частиц от 5 до 20 нм и химической формулой SiO₂.

«Альфасорб» производства компании ООО «Фармацевтическая фабрика» – универсальный энтеросорбент нового поколения, используемый как биологически активная добавка к пище. Представляет собой комплекс диоксида кремния коллоидного и янтарной кислоты. Выпускается в виде белого порошка, без запаха. В 1 г сорбента содержится 40 мг янтарной кислоты.

Для спектрофотометрического определения вещества-маркера в растворе был измерен электронный спектр поглощения раствора с концентрацией 0,001 г/л в видимой области. Максимумы поглощения были зафиксированы на длинах волн 617 и 666 нм, на которых построены градуировочные графики, используемые для определения концентрации красителя в растворе по достижении адсорбционно-десорбционного равновесия.

Сорбционную емкость препаратов по отношению к метиленовому синему изучали из растворов в интервале концентраций ~ 0,001 – 1 г/л.

Изотермы адсорбции приведены на рис. 1. Можно видеть, что наибольшей сорбционной емкостью в условиях равновесия обладает «Полисорб МП».

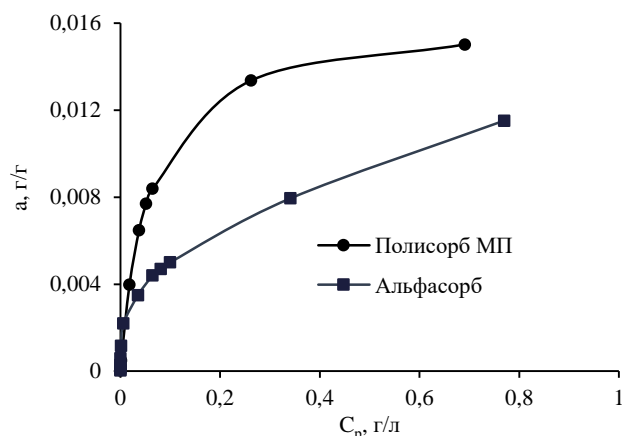


Рис. 1. Изотермы сорбции метиленового синего препаратами «Полисорб МП» и «Альфасорб»

Для анализа сорбционных данных была выбрана теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра [4], широко используемая при описании изотерм адсорбции растворенных веществ на поверхности твердых адсорбентов. Для проверки применимости теории были рассчитаны константы уравнения графическим способом (табл. 1). Обнаружено, что для описания полученных экспериментальных результатов модель Ленгмюра не может быть использована в полном объеме, поскольку допущения об однородности поверхности и отсутствии взаимодействия молекул по всей видимости применимы лишь на отдельных участках поверхности адсорбентов с одинаковой энергией.

По результатам расчета степени извлечения показано, что более эффективным для сорбционного извлечения токсикантов, моделируемых метиленовым синим, является препарат «Полисорб МП».

Для изучения кинетики были использованы растворы маркерного вещества с концентрацией 1 г/л со значениями pH, моделирующими различные среды в организме человека. Известно, что в желудке pH в норме составляет 1-2, а в кишечнике около 7-8. Необходимые значения pH создавали растворами HCl с концентрацией 0,1 моль/дм³ и боратным буферным раствором с pH 8,2.

Кинетические характеристики сорбентов можно устанавливать разными способами [5]. В данной работе были изучены зависимости величины сорбции от времени контакта раствора и твердой фазы в статических условиях. Для этого точную навеску сорбента ~1 г заливали 100 см³ раствора метиленового синего. Концентрацию раствора через определенные промежутки времени определяли спектрофотометрически. Кинетические кривые приведены на рис. 2.

Таблица 1

Константы уравнения Ленгмюра

Сорбент	K^* , л/г	a_{∞}^* , г/г	R^2
«Полисорб МП»	17,6	0,016	0,979
«Альфасорб»	6,6	0,013	0,978

* K – константа Ленгмюра; a_{∞} – предельная адсорбция

Скорость достижения сорбционного равновесия является важной характеристикой любого энтеросорбента. Из рис. 2 видно, что равновесие в системах наступает в течение 25-30 минут, что указывает на потенциально быстрое обеспечение терапевтического эффекта при приеме исследуемых препаратов. Сорбционная емкость мало зависит от pH, соответствующих отделам желудочно-кишечного тракта, т.е. препараты на основе коллоидного диоксида кремния в равной мере эффективны как в среде желудка, так и кишечника.

Аппроксимация экспериментальных данных с использованием различных кинетических моделей позволяет установить механизм протекания сорбции и выявить лимитирующие стадии [6]. Для описания кинетики начальной стадии сорбции широко используют диффузионные модели, позволяющие оценить вклады внутри- и внешне-диффузионного лимитирования. При этом определение наиболее медленной стадии проводится на основе представления кинетических кривых в координатах $-\ln(1-F)$ от t или F от $t^{1/2}$ [7]. Линеаризация кинетических кривых в указанных координатах показала, что сорбция красителя не может быть однозначно описана уравнениями внешней и внутренней диффузии; полученные результаты говорят в пользу смешанно-диффузионного механизма сорбции и не позволяют однозначно выявить лимитирующую стадию.

Для оценки вклада химической реакции в скорость сорбционного процесса кинетические кривые аппроксимировали уравнениями псевдо-первого (1) и псевдо-второго порядков (2):

$$\lg(q_e - q_t) = \lg q_e - \frac{kt}{2,303} \quad (1)$$

где q_t – сорбционная емкость за время t , г/г; q_e – сорбционная емкость при равновесии, г/г; k – константа скорости адсорбции, мин^{-1} .

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (2)$$

где k_e – константа скорости адсорбции, $\text{г} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$.

Кинетические кривые в координатах уравнений (1) и (2) приведены на рис. 3 и 4 соответственно.

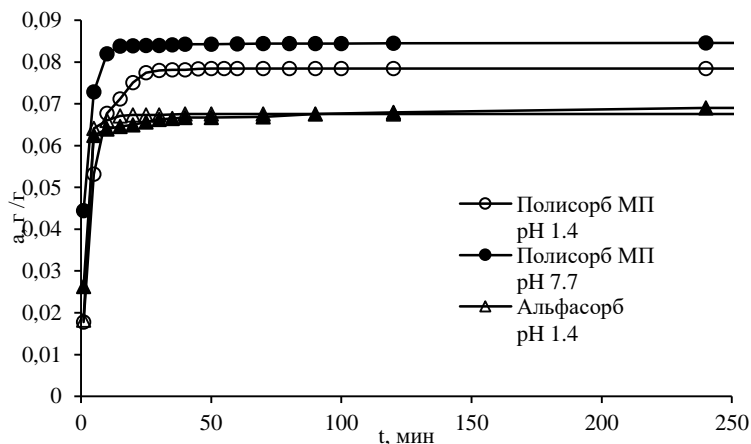


Рис. 2. Кинетические кривые сорбции метиленового синего энтеросорбентами «Полисорб МП» и «Альфасорб» при pH 1,4 и 7,7

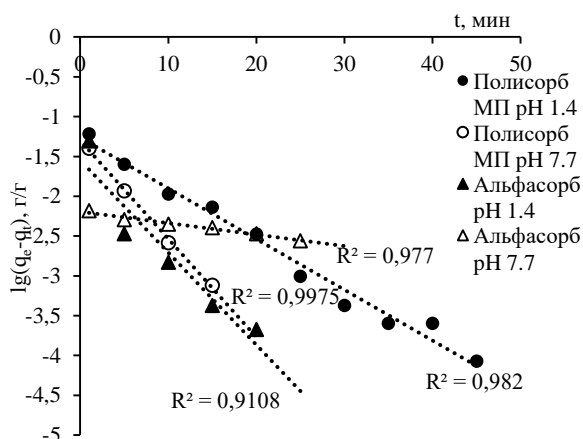


Рис. 3. Кинетические кривые в координатах уравнения (1)

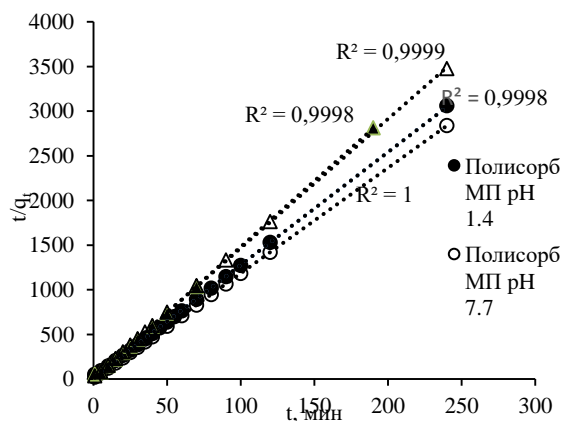


Рис. 4. Кинетические кривые в координатах уравнения (2)

Высокие значения величин достоверности аппроксимации ($R^2 > 0,9$) говорят в пользу применимости как модели псевдо-первого (для неравновесной части кинетической кривой), так и псевдо-второго порядков для описания химической стадии как лимитирующей сорбционный процесс.

Результаты обработки экспериментальных данных позволяют заключить, что механизм сорбции в исследуемой системе имеет сложный характер, зависящий от структуры и свойств сорбента и сорбата, а также типа взаимодействия между ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кормишина А. Е. Фармацевтический рынок лекарственных средств адсорбционного действия: состояние и перспективы / А. Е. Кормишина, П. Г. Мизина, И. Л. Соловьева // Медицинский вестник Башкортостана. – 2018. Т.13, № 6. С. 55–62.
2. Конорев М. Р. Клиническая фармакология энтеросорбентов нового поколения / М. Р. Конорев // Вестник фармации. 2013. Т. 4, № 62. С. 79–85.
3. Roland T. United States Pharmacopeial Convention. The United States Pharmacopeia / T. Roland // United States Pharmacopeial Convention. 2015. Vol. 1, № 2. P. 5612.
4. Волков В. А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы / В. А. Волков. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. 672 с.
5. Ковалева О. В. Исследование закономерностей кинетики сорбции дибутилнафталинсульфоната натрия полиэлектролитами / О. В. Ковалева, Г. В. Славинская // Сорбционные и хроматографические процессы. 2009. Т.9, № 4. С. 521–528.

6. Бураков А. Е. Изучение кинетики процесса жидкофазной адсорбции органических веществ на гибридных наноструктурированных углеродных сорбентах / А. Е. Бураков, А. Е. Кучерова, И. В. Романцова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т.16, № 4. С. 611–614.

7. Кинетические модели при описании сорбции жирорастворимых физиологически активных веществ высокоупорядоченными неорганическими кремнийсодержащими материалами / Е. В. Бородина, С. И. Карпов, О. О. Крижановская [и др.] // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т.14, № 5. С. 784–794.

Аспекты хромато-масс-спектроскопического анализа хлорорганических веществ

Хазиев А. Р., студ 5 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
khaziyev_a@mail.ru

В связи с появлением новых доступных технологий в отрасли добычи и транспортировки нефти происходит интенсивная химизация, результатом которой является установление системы оценок возможностей применения химических реагентов во избежание внештатных ситуаций, приводящих к технологическим потерям углеводородного сырья, непригодного к последующей продаже. Уменьшение нормы содержания хлорорганических соединений (ХОС) в химреагентах ставит перед производителями и нефтяными компаниями ряд актуальных задач. Возникает необходимость создания методик определения хлорорганических соединений в реагентах, а также изучение процессов попадания ХОС в нефть в результате операций по интенсификации процессов нефтедобычи [1, 2].

В данной работе рассмотрен анализ экстракции хлорорганических соединений методами газовой хроматографии и масс-спектрометрией. В качестве оборудования использовались хромато-масс-спектрометрический комплекс К5000.2, оснащенный микроэлектронзахватным детектором и дозатором автоматическим жидкостным (ДАЖ-2М). Также комплекс снабжен генератором водорода «Кристалл Ультра». В качестве газа носителя использовался азот нулевой марки А. После изучения методических рекомендаций, мы подобрали капиллярную колонку HP-FFAP 50м-0,32мм.

Температура микроэлектронзахватного детектора установили на 350°C. Расход поддувного газа-30 мл/мин. Масс-спектрометрический детектор настроен на температуру источника ионов около 200°C и температурой переходной линии-200°C. Термостат колонки работает в режиме двух изотерм: первая изотерма при 45°C на протяжении 5 минут, вторая при 180°C в течении 10 минут. Программируемая скорость повышения температуры-10°C/мин. Поток газа через капиллярную колонку составляет 1,2 мл/мин. Температура капиллярного испарителя установлена на 220°C. Деление потока 1:10. Таким образом, сбросной газ составляет 12 мл/мин.

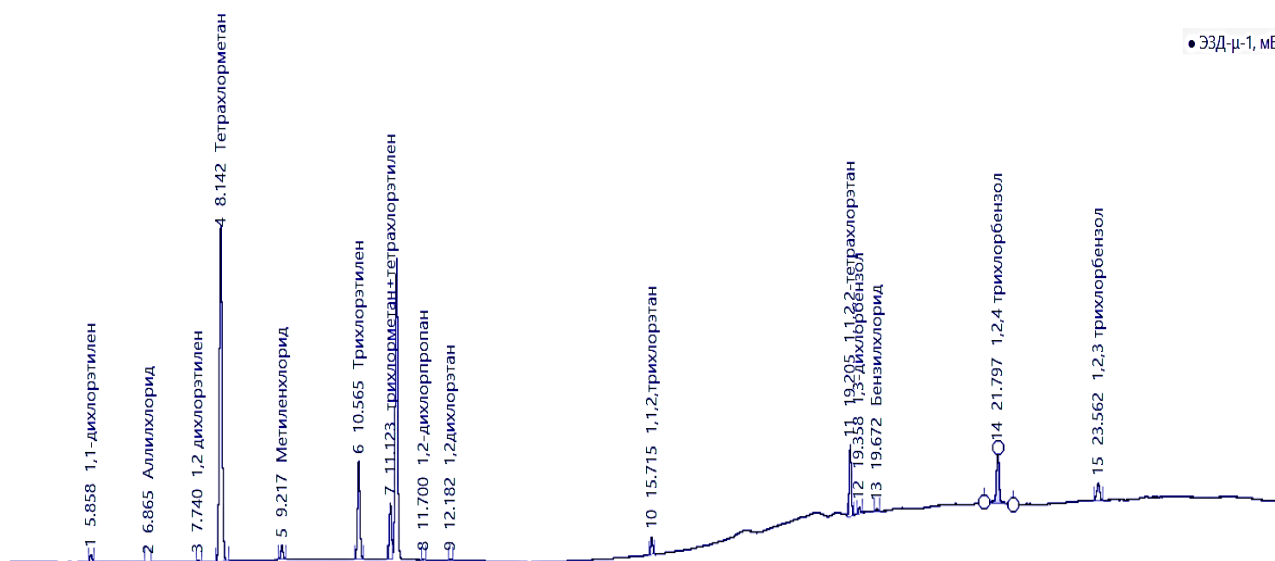
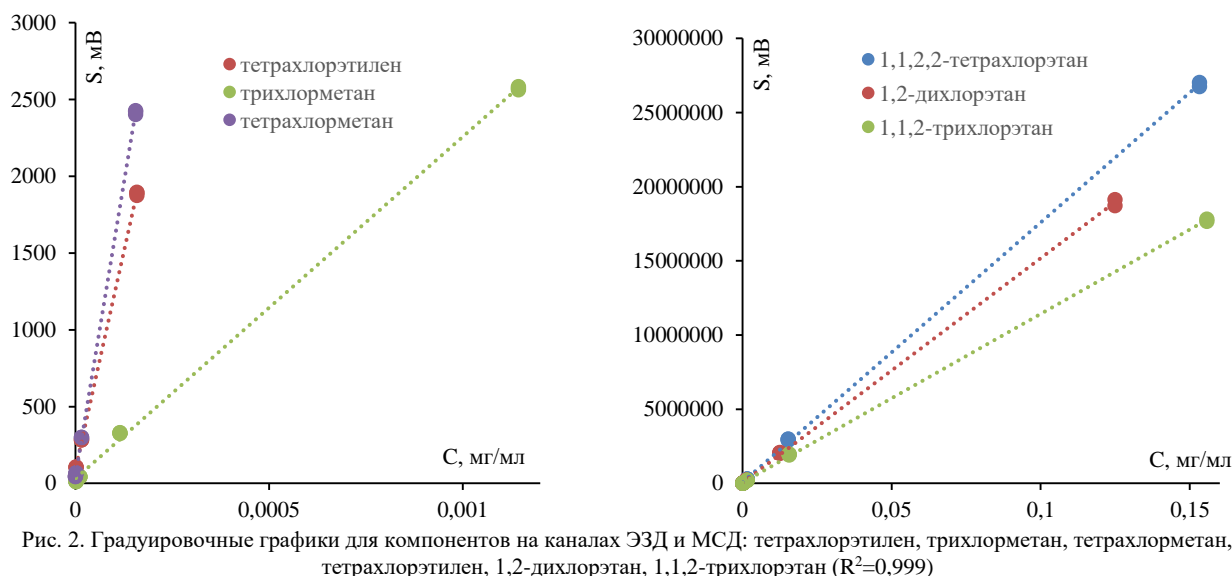


Рис. 1. Идентификация компонентов на детекторе ЭЗД



В качестве анализа использовали модельную смесь из 17 хлорсодержащих соединений, таких как метилен хлористый, тетра хлорэтан, аллилхлорид, 1,3-дихлорбензол и т.д. Смесь также включает ароматические галогенуглеводороды, регистрирующиеся только масс-спектрометре, так как они не являются акцепторами электронов. Первоначальный раствор, приготовленный в изооктане, содержит все компоненты в концентрации 1 мг/мл (рис. 1). При заданном режиме хроматографа нами был построен градуировочные графики зависимости концентрации компонента от отклика детекторов ЭЗД и МСД. Концентрации растворов: 0,001 мг/мл, 0,1 мкг/мл, 0,01 мкг/мл, 0,001 мкг/мл, 0,0001 мкг/мл, 0,00001 мкг/мл (рис. 2).

Экстрагирование образца производили из воды. В делительную воронку залили 20 мл дистиллированной воды, добавили 20 мкл раствора для создания концентрации 0,001 мкг/мл. Затем добавили ПАВ для разрушения эмульсии и 20 мл гексана. После перемешивания и отстаивания, выделили верхний слой гексана и профильтровали. Такой же объем фильтрата 1 мкл ввели в хроматограф. По известным данным посчитали степень извлечения компонентов и коэффициент распределения.

Компонент	Коэффициент распределения (ЭЗД)	Степень и звлечения (ЭЗД)	Коэффициент распределения (МСД)	Степень извлечения (МСД)
аллилхлорид	0,05	0,956	0,04	0,963
1,2 дихлорэтилен	0,05	0,949	0,05	0,948
тетра хлорметан	0,02	0,981	0,07	0,939
метиленхлорид	0,01	0,986	0,06	0,945
трихлорэтилен	0,08	0,924	0,09	0,917
трихлорметан	0,06	0,947	0,06	0,942
тетра хлорэтилен	0,02	0,979	0,12	0,896
1,2-дихлорпропан	0,31	0,765	0,44	0,693
1,2-дихлорэтан	0,12	0,893	0,13	0,887
1,1,2-трихлорэтан	0,11	0,903	0,14	0,880
1,1,2,2-тетра хлорэтан	0,12	0,894	0,16	0,863
1,3-дихлорбензол	0,10	0,913	0,17	0,858
бензилхлорид	0,05	0,952	0,16	0,863
1,2,4-трихлорбензол	0,11	0,899	0,17	0,856
1,2,3 трихлорбензол	0,11	0,905	0,14	0,880
2-хлортолуол	-	-	0,76	0,567
3-хлортолуол	-	-	0,16	0,864
хлорбензол	-	-	0,15	0,866

Таким образом, полученные степени извлечения компонентов на двух каналах практически соотносятся. Также линейность детектора МСД на несколько порядков превышает линейность ЭЗД, что делает его более выгодным в использовании. Некоторые компоненты в смеси, не обладающие сродством к электрону, могут быть обнаружены только на канале МСД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Е. А. Определение хлора в нефти. Обзор аналитических методов – [сайт]: <https://www.epcprof.ru/upload/iblock/308/308ab3dbfc4be5d2d9b41469f47c7a0c.pdf>.

2. Крикун А. Н., Лестев А. Е. Актуальные вопросы определения хлорорганических соединений в химреагентах, применяющихся в процессах добычи и транспортировки нефти /А. Н. Крикун, А. Е. Лестев // Нефтегазохимия. 2020. № 3–4. С. 40–43.

Изучение сорбционных свойств сорбента “Полифепан” к ионам Cu^{2+}

Шамова Д. Э., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
aksmi@yandex.ru

Соединения меди, относящейся к тяжелым металлам, участвуют во многих биологических процессах, являясь необходимыми для функционирования животных, растений и человека. Однако, при превышении предельно допустимой концентрации соединения меди (II) проявляют токсическое действие, оказывая разрушительное воздействие на живой организм. Важным и, пожалуй, наиболее часто применяемым в медицинской практике неинвазивным методом терапии интоксикационного синдрома является энтеросорбция, основанная на пероральном приеме сорбента и последующем связывании (путем сорбции, ионного обмена, комплексообразования) и выведении из ЖКТ разных видов экзогенных токсических агентов, а также некоторых промежуточных и конечных продуктов обмена веществ [1, 2].

Настоящая работа посвящена изучению сорбции ионов меди (II) энтеросорбирующим средством “Полифепан”, основа которого представлена лигнином гидролизным. Лигнин представляет собой природный сетчатый полимер, являющийся отходом предприятий целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности, обладающий сорбционной способностью в отношении органических веществ и ионов металлов. Структурные единицы гидролизного лигнина представлены изолированными волокнистыми частицами с высокоразвитой поверхностью, представляющих собой агрегаты упорядоченных фрагментов остаточных структур древесины с размерами от 100 до 700 мкм. [3]

Сорбцию ионов Cu^{2+} проводили в статических и динамических условиях из растворов сульфата меди (II) с начальными концентрациями ионов меди в растворе (C_0), лежащими в диапазоне от 10^{-6} до 1 моль/л. Значения концентраций ионов меди (II) до и после внесения сорбента использовали для расчета величин сорбции. Время экспозиции энтеросорбента в исследуемых растворах составляло 24 ч. Термостатирование системы с точностью $\pm 0,1^\circ\text{C}$ осуществляли с использованием термостата TW-2 (ООО “БИОЛАЙТ ЛТД”). Концентрацию ионов меди (II) в растворе определяли фотометрически согласно [4] (рис. 1, 2). Экспериментальные данные обрабатывали посредством пакетов прикладных программ Excel и Statistica 6.0.

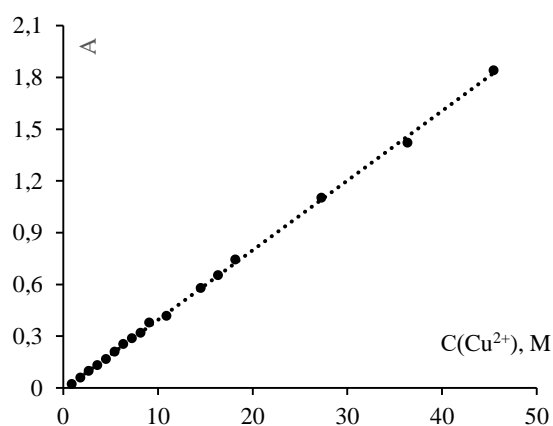


Рис. 1. Зависимость оптической плотности (A) от концентрации ионов меди (II) в растворе

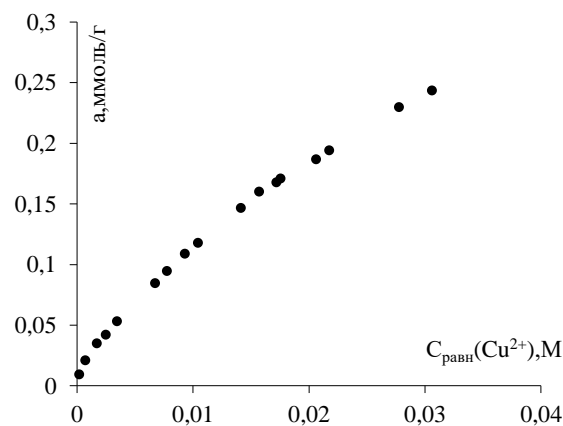


Рис. 2. Изотерма сорбции ионов Cu^{2+} энтеросорбентом “Полифепан” из водных растворов ($t=20^\circ\text{C}$)

Одним из информативных методов изучения сорбционных процессов является метод построения изотерм сорбции. Как оказалось, экспериментальные изотермы сорбции адекватно аппроксимируются прямой линией в Ленгмюровских координатах ($C_{\text{равн.}}/a$ от $C_{\text{равн.}}$, где $C_{\text{равн.}}$ — равновесная концентрация сорбиру-

емого иона; a — значение сорбции, отвечающее $C_{\text{равн.}}$ с высокими коэффициентами детерминации, что позволило оценить такие количественные характеристики, как константа Ленгмюра (K_L), характеризующая сорбционно-десорбционное равновесие в системе, предельная сорбция ($a_{0,Cu^{2+}}$), а также удельная поверхность в набухшем состоянии. Удельную поверхность сорбента в набухшем состоянии ($S_{уд.,Cu^{2+}}$) рассчитывали в предположении о том, что площадь частицы сорбата определяется площадью гидратированного иона, что требует учета размера молекулы воды, по формуле:

$$S_{уд.,Cu^{2+}} = \pi \cdot a_{0,Cu^{2+}} \cdot N_A \cdot (r_{Cu^{2+}} + 2 \cdot r_{H_2O})^2,$$

где $r_{Cu^{2+}}$ — кристаллографический радиус иона Cu^{2+} ; r_{H_2O} — “условный” радиус молекулы воды. Оцененное в рамках модели Ленгмюра значение предельной сорбции ионов меди (II) энтеросорбентом “Полифепан” составило порядка 3 ммоль/г в диапазоне pH от 5 до 6 при температуре 20°C. Кроме того, значение параметра E_{ef} , полученное при линеаризации уравнения Дубинина-Радускевича

$$\ln a = \ln a_0 - \left(\frac{RT}{E_{ef}} \right)^2 * \left(\frac{C_0}{C_{\text{равн.}}} \right)^2$$

в координатах $\ln a$ от $\left(\frac{C_0}{C_{\text{равн.}}} \right)^2$, свидетельствует о преобладающем вкладе физической сорбции ионов Cu(II) в сорбционный процесс.

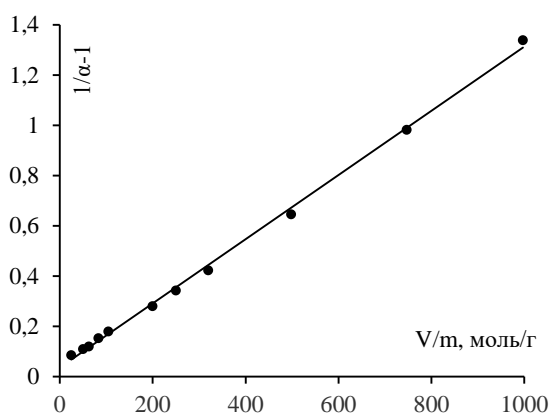


Рис. 3. Зависимость сорбции ионов Cu(II) из водных растворов от модуля раствор/сорбент в координатах $1/\alpha - 1$ от V/m .

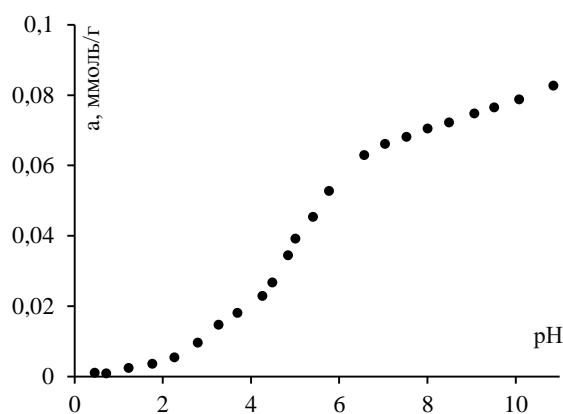


Рис. 4. Зависимость величины сорбции от pH ($C(Cu(II))=1,8 \cdot 10^{-4}$ М, $t=22^\circ\text{C}$)

Для оценки оптимального расхода энтеросорбента нами было оценено влияние величины модуля раствор/сорбент (V/m , где V — объем раствора в мл, m — масса навески сорбента в г) на сорбцию ионов меди (II). Было показано, что с ростом модуля раствор/сорбент наблюдается рост значений сорбции ионов меди (II) из раствора, а также высокие значения коэффициента детерминации линейной зависимости в координатах $1/\alpha - 1$ от модуля (α — степень извлечения) (рис. 3.). В ряде случаев значительное влияние на сорбционную способность оказывает кислотность среды (pH). Экспериментально было показано значительное увеличение сорбционной способности энтеросорбента “полифепан” с ростом pH раствора. Так, в диапазоне pH от 0,90 до 1,20 величина сорбции ионов меди (II) составляет порядка 0,002 ммоль/г, а при $pH \approx 9,0$ — порядка 0,07 ммоль/г при исходной концентрации ионов Cu(II) $2 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Увеличение сорбционной способности лигнина с ростом pH связан, по нашему мнению, в частности, с ростом доли ионизированных фенольных гидроксильных групп в структуре сорбента, что приводит к росту набухания аморфных участков и, соответственно к росту числа доступных центров сорбции, а также к дополнительному вкладу ионного обмена в суммарный сорбционный процесс (рис.4.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Щекина М. И., Панчук М. С. Аспекты применения энтеросорбентов при интоксикации различного генеза в амбулаторной практике // Медицинский совет. 2013. №3–1. С. 67–71.
2. Конорев М. Р. Клиническая фармакология энтеросорбентов нового поколения / М. Р. Конорев // Вестник фармации. 2013. № 4. С. 79–85.
3. Марченко Т. А. Топологическая структура макромолекул листовых лигнинов: Автореф. дисс. ... канд. хим. наук/ Архангельский государственный технический ун-т. Архангельск, 2002. 18 с.
4. ГОСТ 4388-72. Вода питьевая Методы определения массовой концентрации меди. — М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.

Получение амидов 4-метоксикоричной кислоты

Шарифуллина Я. Р., студ. 4 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола
y.sharifullina.r@gmail.com

4-метоксикоричная кислота – это производное коричной кислоты, структура которой состоит из бензольного кольца, сопряженной двойной связи и карбоксильной группы. Она содержится в некоторых видах растений, таких как шалфей и эфедра. Известно, что в молекуле 4-метоксикоричной кислоты имеется 3 зоны химической реакции: ароматическое кольцо и реакция электрофильного замещения, сопряженная двойная связь и возможные реакции присоединения, карбоксильная группа и возможные реакции нуклеофильного замещения. Поскольку мы имеем большой выбор синтетических направлений реакций, мы решили в качестве главной цели выбрать получение производных карбоновых кислот, а именно амидов 4-метоксикоричной кислоты.

Амиды 4-метоксикоричной кислоты являются производными пара-метоксикоричной кислоты, в которых смещения атома водорода -NH на атомы алифатического или ароматического amino- или аминокетонного радикала. Амиды пара-метоксикоричной кислоты также имеют выраженные противовоспалительные и антибактериальные свойства, поэтому они могут использоваться в фармацевтической и косметической промышленности. Анализируя литературные источники, мы нашли методику получения параклоркоричной кислоты. Методика заключалась в двухчасовом кипячении пара-хлорбензальдегида и малоновой кислоты в пиперидине, с последующей обработкой соляной кислотой. Изучив методику, пришли к выводу, что нужно ее модифицировать. Поскольку в нашем доступе не было пиперидина и параклорбензальдегида, мы модифицировали синтез. Так, мы добавили более слабое основание пиридин, являющийся растворителем в данной реакции, увеличили время проведения и заменили параклорбензальдегид на анисовый альдегид.

Собрали установку, состоящую из круглодонной колбы и обратного холодильника. В колбу поместили малоновую кислоту, прилили эквивалентное количество анисового альдегида и пиридина. Довели до кипения систему и продолжили кипятить 8 часов. Реакцию контролировали методом ТСХ, система которой состояла из ацетона и четыреххлористого углерода в соотношении 1:4, растворитель – ацетон. В результате после 8 часов реакция прошла, было выявлено новое пятно на хроматографической пластинке.

После того, как продукт остыл, его перенесли в стакан емкостью 200 мл. Заранее приготовили раствор, состоящий из 30 мл дистиллированной воды и 10 мл концентрированного хлороводорода. Прилили два раствора вместе, выпавший осадок отфильтровали на воронке Шотта, промывая несколько раз дистиллированной водой. Осадок высушили и провели перекристаллизацию с изопропанолом. По итогу была получена 4-метоксикоричная кислота, выход которой составил 62%. $R_f(\text{прод.}) = 0,66$. $T_{\text{пл}} = 172-173^\circ\text{C}$.

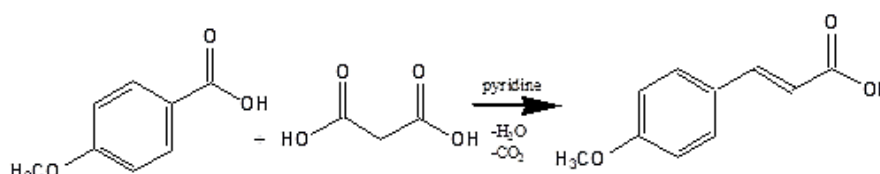


Рис. 1. Получение 4-метоксикоричной кислоты

После получения 4-метоксикоричной кислоты мы сосредоточились на получении амидов 4-метоксикоричной кислоты. Основным способом получения амидов является превращение кислоты в соответствующий хлорангидрид и последующее взаимодействие с аммиаком или амидом. В рамках нашей работы мы решили реализовать эти способы и получить соответствующие амиды. Начали с реакции взаимодействия с газообразным аммиаком.

Синтез проводился в два этапа через промежуточный продукт – хлорангидрид. Поместили 0,3 г 4-метоксикоричной кислоты, прилили 5 мл тионилхлорида в колбу с обратным холодильником, доступ водяных паров предотвратили хлоркальциевой трубкой. Довели до кипения и продолжали кипятить в течение 2 часов.

После получения хлорангидрида провели перегонку с целью удаления тионилхлорида. Поместили смесь в колбу Вюрца, снабженный термометром, соединили с обратным холодильником, конец которого

соединен последовательно с аллонжем и приемником. Перегонку проводили на воздушной бане при 76-77°C. Смесь после перегонки остудили до комнатной температуры.

После пропустили газообразный аммиак через нашу смесь. Осадок отфильтровали на воронке Шотта и перекристаллизовали изопропанолом. В результате был получен амид 4-метоксикоричной кислоты с выходом 65%. $R_f(\text{исх.}) = 0,67$, $R_f(\text{прод.}) = 0,92$. $T_{\text{пл}} = 157-158^\circ\text{C}$.

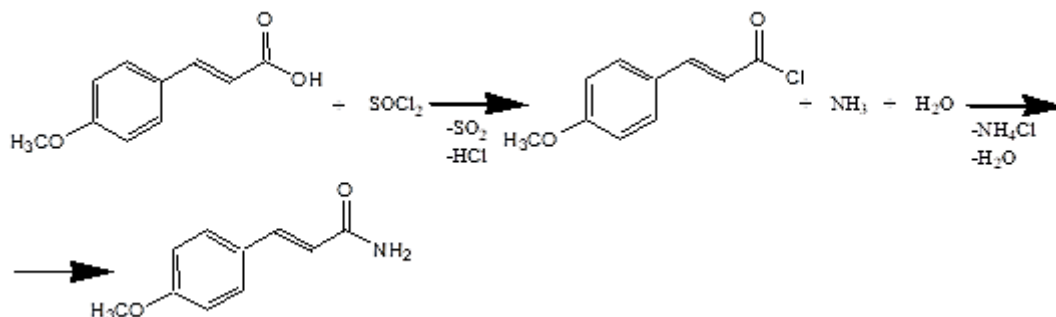


Рис. 2. Получение амида 4-метоксикоричной кислоты

Далее провели реакцию получения анилида 4-метоксикоричной кислоты. Хлорангидрид 4-метоксикоричной кислоты является электрофильным агентом, который может реагировать с анилином. При этом образуется новое соединение. Реакция между хлорангидридом и анилином является замещающей реакцией, в которой гидроксильная группа 4-метоксикоричной кислоты (-COOH) замещается аминогруппой анилина (-NH₂). Предварительно получали хлорангидрид 4-метоксикоричной кислоты и проводили перегонку, как описано выше.

Анилин до начала эксперимента перегнали простой перегонкой с целью ее очистки. Затем при интенсивном перемешивании добавили очищенный анилин в полученную смесь. Реакция сопровождалась с выделением теплоты. После того, как смесь остыла, осадок отфильтровали и высушили. Полученный продукт перекристаллизовали изопропанолом. Выход продукта составил 78%. Также измерили температуру плавления и провели тонкослойную хроматографию, результаты которых составили $T_{\text{пл}} = 170-171^\circ\text{C}$, $R_f(\text{исх.}) = 0,66$, $R_f(\text{прод.}) = 0,75$.

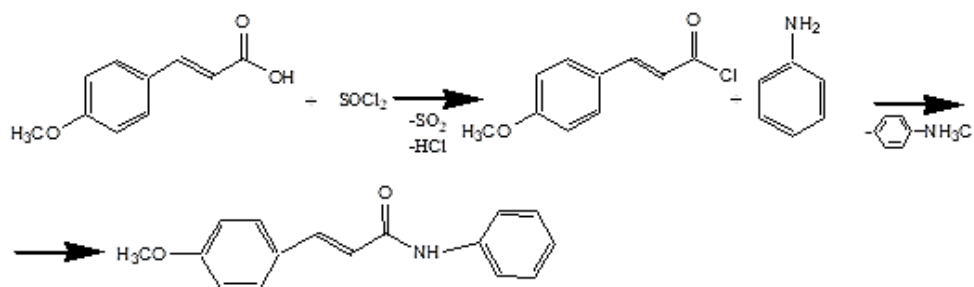


Рис. 3. Получение анилида 4-метоксикоричной кислоты

Следующим экспериментом стало взаимодействие хлорангидрида 4-метоксикоричной кислоты с броманилином. Реакция осуществлялась в 3 этапа. На 1 этапе получали броманилин. Брали навеску 4-метоксикоричной кислоты, добавляли избыток соляной кислоты и охлаждали систему до 0°C. Затем при перемешивании по каплям добавляли эквивалентное количество нитрита натрия, поддерживая температуру 0°C. После добавляли металлическую медь в качестве катализатора и медленно прикапывали эквивалентное количество бромоводорода. Смесь нагревали на кипящей водяной бане в течение 3 часов. Охладили до комнатной температуры и отфильтровывали осадок. Высушенный осадок перекристаллизовали в изопропанол. Затем, как уже известно, получили хлорангидрид из 4-метоксикоричной кислоты при взаимодействии с хлористым тиоилом. Следующим шагом была перегонка для удаления растворителя при тех же условиях, как упоминалось ранее. На 3 этапе полученный броманилин взяли в эквивалентном количестве и растворили в небольшом количестве пиридина и затем добавили к хлорангидриду. Полученный продукт, предварительно отфильтрованный и высушенный, перекристаллизовали в изопропанол.

Выход пара-броманилида 4-метоксикоричной кислоты составил 50%. $T_{пл} = 179-180^{\circ}\text{C}$, $R_{f(исх.)} = 0,66$, $R_{f(прод.)} = 0,90$.

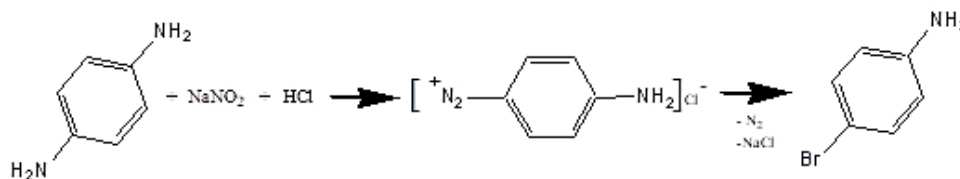


Рис. 4. Получение пара-броманилина

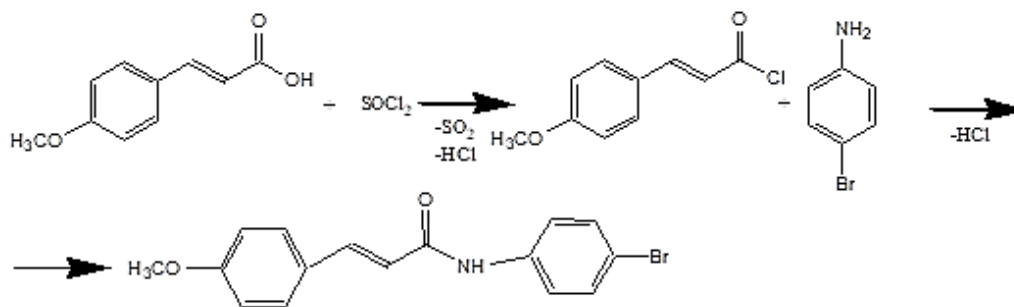


Рис. 5. Получение пара-броманилида 4-метоксикоричной кислоты

Последним нашим шагом стало получение нитрила 4-метоксикоричной кислоты. Нитрил является производным 4-метоксикоричной кислоты, которое широко используется в фармацевтической и химической промышленности.

В начале мы снова осуществили получение амида 4-метоксикоричной кислоты в точности, как описано выше, т. е. получили хлорангидрид 4-метоксикоричной кислоты, провели перегонку при $76-77^{\circ}\text{C}$, и пропустили через нашу смесь газообразный аммиак. В полученный амид мы добавили окситрихлорид фосфора (V) и кипятили 2 часа на воздушной бане. После кипячения вылили смесь в лед, для выделения осадка и избавления примесей. Затем осадок отфильтровали, перекристаллизовали в изопропанол, а также провели метод тонкослойной хроматографии и измерили температуру плавления. Выход продукта составил 55%. $T_{пл} = 82-83^{\circ}\text{C}$, $R_{f(исх.)} = 0,69$, $R_{f(прод.)} = 0,87$.

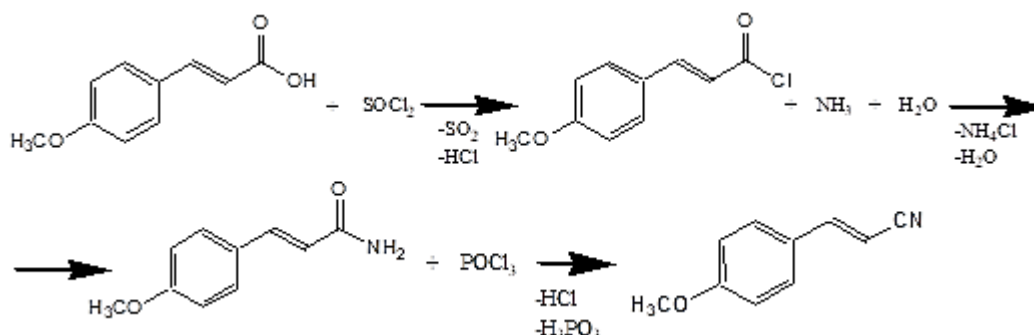


Рис. 6. Получение нитрила 4-метоксикоричной кислоты

Таким образом, в рамках нашей работы нами получены следующие вещества:

1. 4-метоксикоричная кислота с выходом 62%.
2. Амид 4-метоксикоричной кислоты с выходом 65%.
3. Анилид 4-метоксикоричной кислоты с выходом 78%.
4. Пара-броманилида 4-метоксикоричной кислоты 50%.
5. Нитрил 4-метоксикоричной кислоты с выходом 55%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нифантьев И. Э., Ивлеченко П. В. Практикум по органической химии. Москва, 2006. С. 73.

Определение восстановителя в растворах химического никелирования

Щеглова Н. В., Петухова Т. В., Фокин А. С., Михайлов Д. А., Власова Е. Б., Пономарёва И. Г.

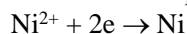
Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ecoanalit@marsu.ru

Никель-фосфорные покрытия, полученные в результате процессов химического никелирования, широко используются для придания изделиям различных функциональных свойств: защитно-декоративных, коррозионной стойкости, твердости и износостойкости, магнитных. Химическое восстановление металла представляет собой процесс осаждения компактного металлического покрытия на поверхности изделия в результате взаимодействия находящихся в растворе катионов металла и восстановителя. При этом, вне зависимости от рельефа поверхности, получаемые покрытия однородны по составу, как в углублениях, так и на выступах, чего невозможно добиться гальваническим осаждением металла. В качестве восстановителей в процессах химического никелирования применяют гипофосфит натрия, борогидрид натрия и его производные, гидразин, формальдегид. Осаждение никеля гипофосфитом натрия сопровождается формированием никель-фосфорных сплавов, которые представляют собой твердый раствор замещения фосфора в гексагональном α -Ni с сильным искажением периодичности решетки. В результате нагрева такого сплава происходит распад твердого раствора с образованием равновесной двухфазной эвтектической системы, состоящей из никеля с небольшим содержанием фосфора и интерметаллического фосфида Ni₃P. Никель-фосфорные сплавы, в которых содержание фосфора зависит от состава раствора и колеблется от 4–6% для щелочных до 8–10% для кислых растворов, обеспечивают образование покрытий, обладающих рядом ценных свойств. Например, сцепление никель-фосфорных покрытий сильнее сцепления электролитического никеля, так как осаждение происходит равномерно как внутри, так и снаружи детали с заполнением всех микроуглублений и неровностей поверхности [1–3].

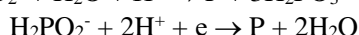
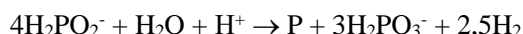
Химическое никелирование – автокаталитический топохимический процесс, для инициирования которого необходимо наличие на покрываемой поверхности катализатора, в качестве которого могут быть металлы основы (железо, титан, алюминий) или активаторы (палладий), а по мере восстановления никеля само никелевое покрытие провоцирует свой рост на покрываемой детали [4]. Химическое никелирование с восстановителем гипофосфитом натрия включает реакции гетерогенного гидролиза гипофосфита, при котором восстановитель в адсорбированном состоянии на каталитической поверхности отдает электроны:



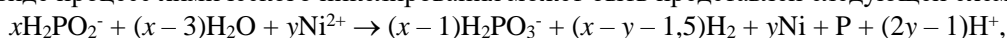
и сопряженный процесс восстановления никеля на этой поверхности:



Одновременно с выделением водорода и металлического никеля на свежесформированной каталитической поверхности происходит выделение элементарного фосфора в результате нескольких параллельных реакций:



Поэтому суммарная окислительно-восстановительная реакция оказывается довольно сложной и в общем виде процесс химического никелирования может быть представлен следующей схемой:

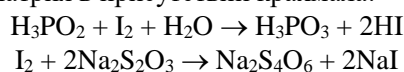


Химическое никелирование протекает при $\Delta\text{pH} = 4-7$ и при $\Delta\text{pH} = 8-11$, поэтому растворы, в которых происходит осаждение никель-фосфорного покрытия, делятся на кислые и щелочные. Кислые растворы по сравнению со щелочными имеют ряд преимуществ: они более стабильны, имеют более высокую скорость осаждения и обладают более высокими защитными свойствами. Кислые растворы используют главным образом при нанесении покрытий на черные и некоторые цветные металлы (медь, латунь, бронза), особенно когда покрытие должно обладать высокой твердостью, износостойкостью и коррозионной устойчивостью. В растворах с $\text{pH} > 5,5$ начинает преобладать реакция гидролиза катионов никеля(II), при этом частицы малорастворимого гидроксида никеля(II) становятся центрами разложения рабочего раствора и может произойти «саморазряд» ванны - выделение металлического никеля во всем объеме раствора. Поэтому щелочные растворы кроме солей никеля и гипофосфита натрия содержат комплексообразующие реагенты, что позволяет вести процесс осаждения длительное время [5].

Химическое никелирование может выполняться в одноразовом и многократном режимах. В первом случае процесс никелирования ведется в ограниченном объеме раствора без корректировки по основным компонентам, при этом скорость реакции постоянно снижается по мере расхода восстановителя. Более прогрессивным является непрерывный многократный процесс, когда проводится периодическая или непрерывная корректировка раствора по расходуемым реагентам, что увеличивает срок службы раствора и

снижает расход реактивов. Для поддержания устойчивой работы раствора при многократном режиме химического никелирования необходимо непрерывно контролировать определенные параметры раствора, такие как температура, кислотность, соотношение концентрации основных компонентов. Это обусловлено тем, что инициируемый металлом-катализатором процесс может развиваться с непредсказуемой пространственно-временной самоорганизацией с образованием осадка и на целевой поверхности, и в объеме электролита, что приводит к дестабилизации (саморазложению) раствора.

Для количественного определения скорости расхода гипофосфита натрия в растворе химического никелирования могут быть использованы различные способы анализа, разработанные для оценки содержания этого сильного восстановителя. В литературе представлены различные варианты определения гипофосфитов, в том числе ванадатометрическое потенциометрическое титрование гипофосфита и фосфита в их смесях, иодометрическое титрование, перманганатометрическое или цериметрическое титрование катионов железа(II), образующихся при восстановлении гипофосфит-ионов катионами железа(III) [6–8]. Наиболее простым, не требующим дорогостоящего оборудования, способом определения гипофосфит-ионов в растворах химического никелирования является обратная иодиметрия, основанная на окислении фосфорноватистой кислоты избытком иода в сильнокислой среде и титровании непрореагировавшего иода стандартным раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала:



Этот способ наиболее часто рекомендуется производителями растворов-концентратов для химического никелирования при проведении процедур корректировки растворов технологических ванн.

В работе представлены результаты исследования метрологических характеристик иодиметрического способа определения гипофосфита натрия. Для проведения анализа стандартный раствор восстановителя готовили растворением точной навески одноводного кристаллического гипофосфита натрия в дистиллированной воде. К аликвоте стандартного раствора гипофосфита натрия в конической колбе добавляли 6 М раствор соляной кислоты, 0,05 М раствор иода, приготовленный из фиксаля, плотно закрывали колбу пробкой и выдерживали в темном месте в течение 30 минут. Далее добавляли дистиллированную воду и титровали 0,1 М стандартным раствором тиосульфата натрия до изменения коричневой окраски раствора в желтую. После добавления 1 мл 1 %-ного прокипяченного раствора крахмала дотитровывали интенсивно-синий раствор до обесцвечивания. По результатам титрования в пятикратной повторности рассчитывали содержание гипофосфита натрия в исходном растворе. Согласно полученным данным 30-минутное выдерживание раствора является недостаточным для полного окисления гипофосфита натрия и приводит к заниженным результатам его количественного определения. Увеличение времени реакции окисления способствует повышению правильности титриметрического определения восстановителя в растворе (рисунок 1.) Экстраполяцией графика зависимости определяемого содержания гипофосфита натрия от продолжительности реакции с иодом установлено, что минимальное время, необходимое для полного окисления восстановителя, составляет не менее полутора часов.

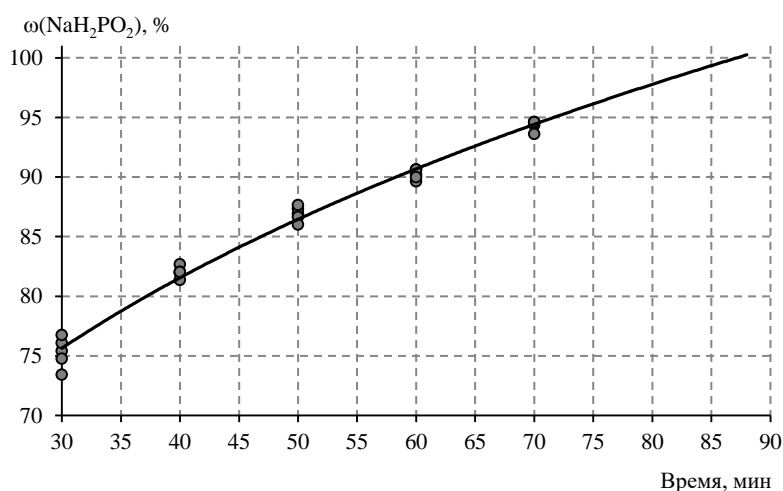
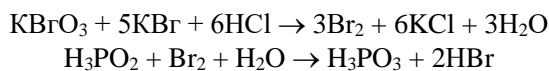


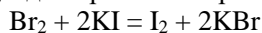
Рис. 1. Зависимость содержания гипофосфита натрия от продолжительности реакции с иодом

Проверку правильности результатов иодиметрического определения гипофосфитов в растворе проводили сравнением с результатами, полученными при использовании методики, регламентирующей определение гипофосфита натрия в промышленно выпускаемом химическом реактиве [9]. Метод основан на

окислении гипофосфит-ионов молекулярным бромом, образующемся в бромид-броматной смеси при подкислении:



В соответствии с методикой для полного окисления гипофосфита бромом анализируемый раствор выдерживали в течение 60 минут, после чего проводили процедуру иодометрического титрования. При этом проводили добавление раствора иодида калия, колбу для титрования закрывали пробкой, смоченной раствором KI и выдерживали раствор 10 минут для протекания реакции замещения:



Выделившийся иод оттитровывали стандартным раствором тиосульфата натрия с использованием крахмала в качестве индикатора. На основании полученных результатов титрования установлено, что применение методики с окислением гипофосфита бромом обеспечивает максимальную правильность определения восстановителя в растворе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скопичев В. Д. Ресурсо- и энергосберегающие технологии автокаталитического осаждения покрытий на основе сплава никель-фосфор: Дис. ... докт. техн. наук: 05.17.03. Москва. 2016. 477 с.
2. Гамбург Ю. Д. Химическое никелирование (получение никель-фосфорных покрытий путем электрокаталитического восстановления гипофосфитом) М.: РАН. 2020. 82 с.
3. https://www.zctc.ru/sections/chem_nickl
4. Жирухин Д. А., Архипов Е. А., Москвин В. И., Смирнов К. Н., Ваграмян Т. А. Низкотемпературный электролит для нанесения покрытий сплавом никель-фосфор // Успехи в химии и химической технологии. 2018. Т. 32. № 13. С.22.
5. Рябинина Е. И. Кинетика анодного окисления гипофосфит-иона и осаждение сплавов системы Ni-P в присутствии органических добавок: Дис. ... канд. хим. наук: 02.00.05. Воронеж. 2003. 143 с.
6. Романова Н. В., Демиденко Н. В. Фосфорноватистая кислота и ее соли // Успехи химии. 1975. Т. 26. № 12. С. 2150.
7. МУК 4.1.249-96. Фотометрическое измерение концентраций натрия гипофосфита в воздухе рабочей зоны. М.: Минздрав РФ. 2000. 4 с.
8. <http://www.galvanicus.ru>
9. ГОСТ 200-76. Натрий фосфорноватистоокислый 1-водный. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов. 2001. 8 с.

Получение амида орто-аминобензойной кислоты

Яндулов К. В., студ. 4 курса

Науч. рук. — Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

Антралиловая кислота (орто-аминобензойная кислота) относится к классу ароматических аминокислот. Данное вещество имеет важное значение при синтезе различных азокрасителей, таких как индиго и метиловый красный. Антралиловая кислота содержит в себе одновременно аминогруппу и карбоксильную группы, что делает возможным производить синтез широкого спектра веществ, одним из которых является амид орто-аминобензойной кислоты.

Как было сказано ранее, антралиловая кислота имеет две функциональные группы: карбоксильную и аминогруппу. Нами планировалось синтезировать амид путем взаимодействия хлорирующих агентов с карбоксильной группой и дальнейшим аминированием полученного хлорангидрида, но данный путь синтеза осложняется реакцией нуклеофильного замещения по аминогруппе, что отрицательно сказывается на выходе продукта.

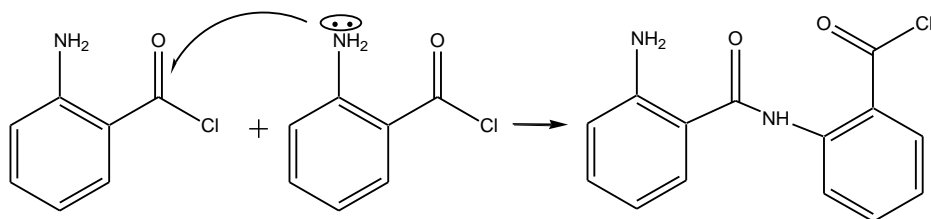


Рис. 1. Реакция нуклеофильного замещения у ацильного атома углерода

Чтобы этого избежать, было принято решение ввести защитную группу. В первой части работы мы проводили реакцию антраиловой кислоты с фталевым ангидридом [1] в ксилоле при температуре кипения растворителя (144°C) в течение 8 часов.

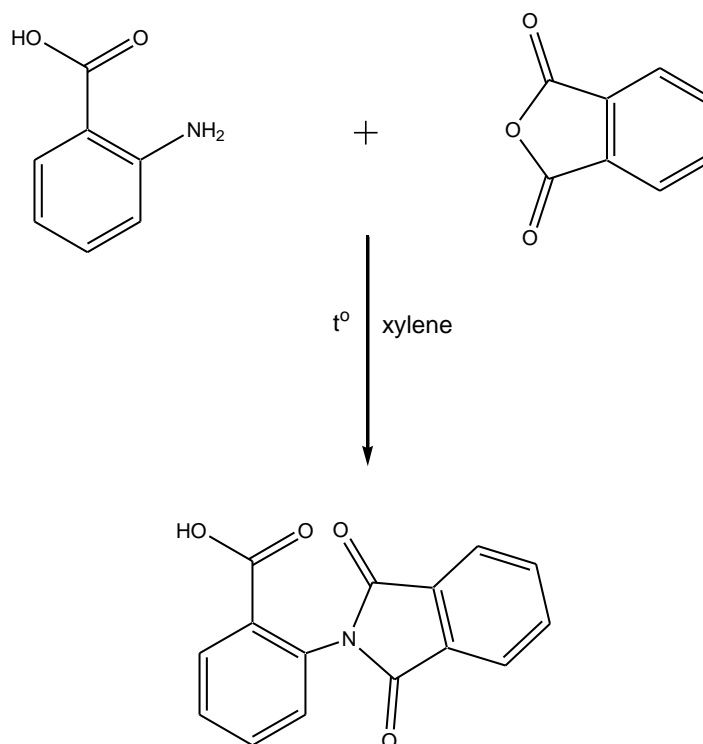


Рис. 2. Синтез фталимида орто-аминобензойной кислоты

Для осуществления реакции брали эквимолярное соотношение веществ (1:1). Далее полученную смесь отфильтровали на воронке Бюхнера и оставили сушить. После высушивания вещество перекристаллизовали из изопропилового спирта. В результате было получено кристаллическое вещество коричневого цвета.

Таблица 1

Характеристики синтезированного вещества

Название	T _{пл} (теор.), °C	T _{пл} (практ.), °C	Выход, %
Фталимид орто-аминобензойной кислоты	218 – 220	218 – 219	85

Реакцию получения хлорангида проводили в толуоле при температуре кипения растворителя (111°C) на воздушной бане в течение трех часов. В круглодонную колбу на 250 мл поместили ксилол, пентахлорид фосфора и орто-фталимид бензойной кислоты. Во втором варианте синтеза в качестве растворителя и реагента брали тионилхлорид [2].

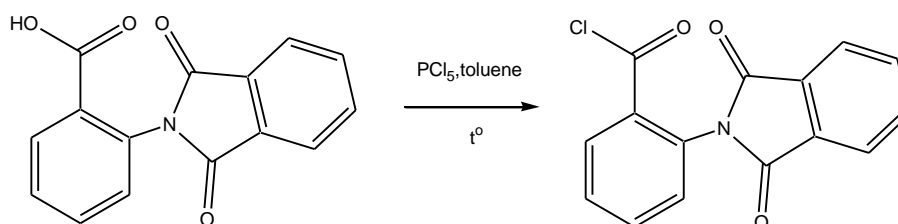


Рис. 3. Синтез хлорангида фталимидного производного орто-аминобензойной кислоты

Таблица 2

Условия синтеза

Хлорирующий агент		PCl ₅	SOCl ₂
Условия синтеза	Растворитель	Толуол	SOCl ₂
	Температура, °C	110	76

Следующим этапом было получение амида фталимидного производного орто-аминобензойной кислоты.

Амид получали путем взаимодействия свежеполученного хлорангидрида орто-фталимида бензойной кислоты с газообразным аммиаком. Аммиак получали с помощью нагревания концентрированного аммиачного раствора. Полученное вещество отфильтровали на воронке Бюхнера и промыли большим количеством воды для удаления непрореагировавшего хлорангидрида и солей. В результате получилось кристаллическое вещество белого цвета.

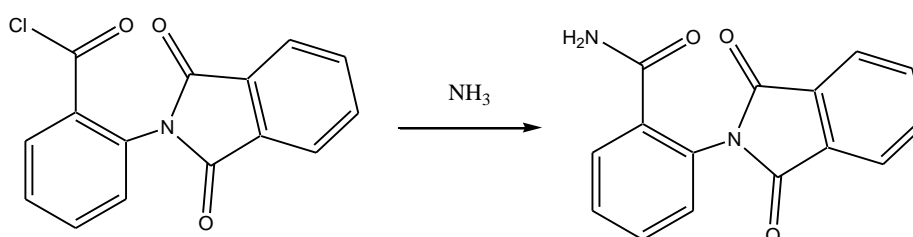


Рис. 4. Синтез амида фталимидного производного орто-аминобензойной кислоты

Завершающим этапом работы было снятие фталимидной защиты. Методика снятия защиты предполагает обработку вещества гидразином, который представляет собой крайне токсичное соединение для человека и животных, что требует дополнительных средств защиты и оборудования. Вследствие этого мы попробовали получить гидразин путем взаимодействия гидразинсульфата с избытком гидроксидом натрия в ДМФА. В этот же раствор поместили амид орто-фталимида бензойной кислоты, который сразу же вступил в реакцию с выделяющимся гидразином, что препятствовало второму накоплению в воздухе рабочей зоны. Вещества брали в эквимолярном соотношении (1:1). Реакцию проводили в круглой одногорлой плоскодонной колбе, помешивая, при комнатной температуре в течение 3 часов.

Экстрагирование проводили хлористым метиленом, после чего оставили выпариваться на несколько дней – в результате получили кристаллическое вещество белого цвета. Идентификацию вещества проводили тонкослойной хроматографией. Вещество плавилось при температуре 111–112°C.

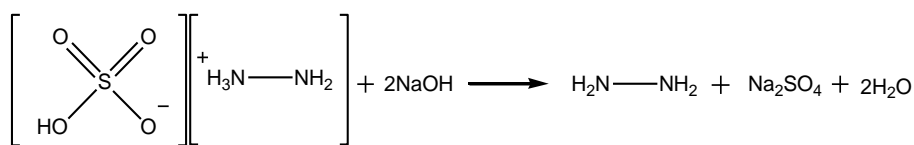


Рис. 5. Получение гидразина

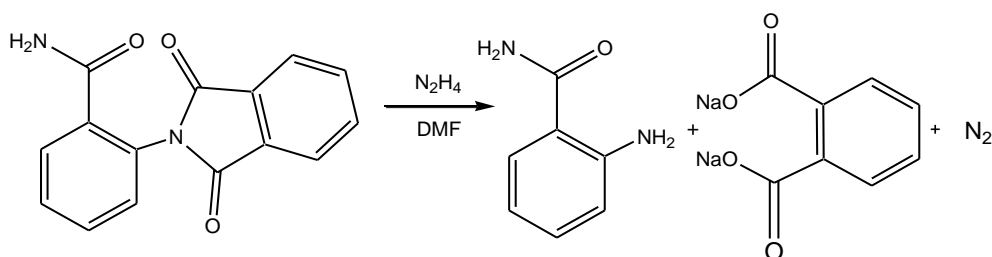


Рис. 6. Снятие фталимидной защиты

Таблица 3

Условия синтеза

Хлорирующий агент	T _{пл} (теор.), °С	T _{пл} (практ.), °С	Выход, %
PCl ₅	–	221 – 222	43
SOCl ₂			78

ЛИТЕРАТУРА

1. Шайдурова А. Д., Серебряков Е. А. Подходы к получению амида антраниловой кислоты // Современные проблемы медицины и естественных наук. 2019. С. 258–260.
2. Осипов В. Н. и др. Способ получения n-((гидроксиамино)-оксоалкил)-2-(хиназолин-4-иламино)-бензамидов.
3. Браун Д. С., Браун Д. Р. Производные амида, способ их получения и фармацевтическая композиция на их основе: заяв. пат. 2001111320/04А РФ. 2003.

Агрегативно кинетическая устойчивость остаточных продуктов переработки нефти при высоких температурах

Яппаров Р. Т., студ. 2 курса

Науч. рук. – Мухамедзянова А.А., д-р техн. наук, доц.

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа
rs1str2@mail.ru

В настоящее время у большинства нефтеперерабатывающих предприятий России и СНГ основным курсом развития является модернизация производства и углубление переработки сырья [1]. Это связано с сокращением запасов традиционных легких нефтей и увеличением количества более тяжелых нефтей и получаемых при ее переработке остатков.

При этом на нефтеперерабатывающих производствах образуется значительное количество тяжелых нефтяных остатков, например, гудрона, крекинг-остатков и т.д. Причем, с утяжелением нефтяного сырья, количество тяжелых остатков будет только нарастать [2].

Наиболее востребованным в процессе термической переработкой тяжелых нефтяных остатков является замедленное коксование; этот процесс позволяет довести переработку нефти с получением продукции на нефтеперерабатывающем заводе до 98% [3]. В 2020 году общая сырая мощность установок замедленного коксования в России составила около 13,6 млн тонн [4]. При помощи данного процесса возможно не просто увеличивать объем выпускаемых светлых (бензин, керосин, дизельное топливо) и темных (судовые и котельные топлива) нефтепродуктов, но и расширить ассортимент товарной продукции углеродными материалами, такими как нефтяной кокс, коксующая добавка, нефтяной пек [5].

Технологичность нефтяных остатков во многом определяется их коллоидными свойствами. Так, например, наличие в сырье термических процессов неустойчивых дисперсных частиц или их интенсивное образование в процессе крекинга приводит к быстрому закоксовыванию реакционных змеевиков трубчатых печей и ухудшению качества котельных топлив, коксов. Ввиду исключительной важности проблемы направленного регулирования коллоидной устойчивости нефтяных дисперсных систем (НДС) большое теоретическое и практическое значение имеют исследования по выяснению влияния химического состава и молекулярной структуры нефтяных остатков на их склонность к расслоению на фазы, и особенно в условиях температур крекинга, когда в сырье начинают протекать необратимые химические изменения [6].

Решение указанных задач позволит научно обоснованно подбирать состав сырья и выбирать оптимальные условия проведения процессов термодеструктивной переработки нефтяных остатков с целью увеличения длительности непрерывной работы печей установок термического крекинга и замедленного коксования, а также получения высококачественных остаточных нефтепродуктов, обладающих заданными свойствами.

Целью настоящей работы является установление влияния надмолекулярной структуры и агрегативной устойчивости сырья коксования на склонность к расслоению при высокотемпературном нагреве в змеевиках трубчатых печей и на условия формирования микроструктуры нефтяного углерода.

Высокотемпературная коллоидная устойчивость нефтяных остатков исследовалась в статических (термообработка) и динамических (термический крекинг на пилотной установке) условиях. Эксперименты по изучению высокотемпературной устойчивости остатков в статических условиях проводились на лабораторной установке (термостат фирмы «Foster»), схема которой приведена на рис. 1, при температуре 420°C и меняющемся времени термообработки. Исследуемый нефтепродукт загружали в количестве 15 г в специальные реакторы из пирексового стекла. При достижении в термостате заданной температуры реакторы помещались в нагревательные гнезда. Время разогрева сырья до температуры опыта не превышало 5 мин, температура контролировалась с помощью самопишущего потенциометра. Выбранная температура изучения термоустойчивости позволяла проводить эксперименты продолжительностью не более 1,5 ч. При этом сравнительно низкая скорость термодеструктивных превращений в сырье давала возможность установить различия между испытуемыми остатками по их склонности к карбоидообразованию. По истечении заданного времени термообработки реактор вынимали из гнезда и охлаждали холодной водой для прекращения реакции. После отделения от крекинг-остатка нерастворимых в бензоле (карбоидов) его анализировали на содержание групповых химических компонентов. Критерием высокотемпературной коллоидной устойчивости нефтяных остатков служило время до начала образования в продуктах термодеструкции (крекинг-остатках) карбоидов, появление которых в системе совпадает по времени с моментом интенсивной коагуляции асфальтенов и выделения последних в отдельную фазу.

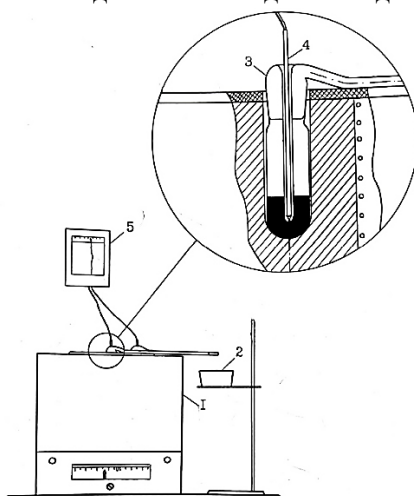


Рис. 1. Установка для исследования высокотемпературной коллоидной устойчивости нефтяных остатков в условиях статической термообработки

1 - электрическая печь с терморегулятором; 2 - приемник продуктов крекинга; 3 - реактор с исследуемым нефтепродуктом; 4 - термопара; 5 - потенциометр

Исследование склонности нефтяного остаточного сырья к расслоению в условиях динамического высокотемпературного нагрева и образованию коксовых отложений на внутренней поверхности реакционных змеевиков трубчатых печей установок термического крекинга и замедленного коксования проводилось по специально разработанной методике на пилотной установке термического крекинга, схема которой приведена на рис. 2. Методика эксперимента заключалась в следующем. Через трубчатый реактор (длина 1 м, внутренний диаметр $6 \cdot 10^{-3}$ м, толщина стенки $2 \cdot 10^{-3}$ м), изготовленный из стали, испытуемое сырье прокачивалось под давлением 1,0 МПа с начальной температурой на выходе из реактора 510°C. Расход сырья составлял $0,5 \cdot 10^{-3}$ м³/ч и контролировался поплавковым уровнемером, помещенным в обогреваемую сырьевую емкость.

При такой производительности установки линейная скорость сырья в начале реакционной трубки составляла приблизительно $5 \cdot 10^{-3}$ м/с. После достижения заданной температуры нагрева сырья (510°C) температура внешней стенки реактора поддерживалась постоянной с помощью терморегулируемой электрической печи. Вследствие образования коксовых отложений на внутренней поверхности реактора и ухудшения теплопередачи от стенки реактора к сырьевому потоку наблюдалось постепенное снижение температуры продуктов крекинга на выходе из печи до некоторой стабильной величины, при которой, очевидно, прекращалось дальнейшее закоксовывание реактора и, следовательно, прекращалось высокотемпературное расслоение сырья (т.е. образование карбоидов). На этом опыт считался законченным. При выбранных условиях проведения экспериментов продолжительность одного опыта не превышала 4 ч. Критерием высокотемпературной коллоидной устойчивости (термоустойчивости) нефтяных остатков по принятой методике ее определения, с помощью пилотной установки термического крекинга, служила ве-

личина стабильной температуры продуктов крекинга на выходе из печи (максимально допустимая температура нагрева сырья, не приводящая к закоксовыванию трубчатого реактора).

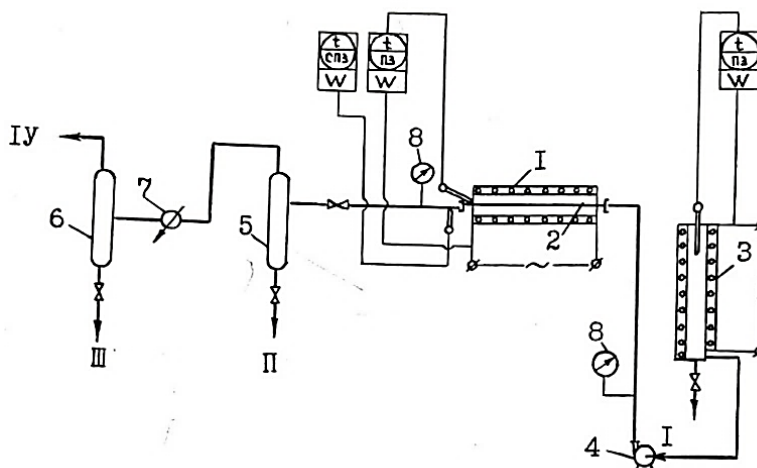


Рис. 2. Схема пилотной установки термического крекинга для определения термоустойчивости нефтяных остатков
1 – электрическая печь; 2 – реакционный змеевик; 3 – сырьевая емкость; 4 – сырьевой пылесос; 5 – газосепаратор;
6 – каплеотбойник; 7 – холодильник; 8 – манометр
I - сырье; II - крекинг-остаток; III - дистиллят; IV - газ

Разработанная методика оценки склонности нефтяных остатков к расслоению в змеевиках трубчатых печей, в отличие от ранее предложенной сотрудниками БашНИИ, позволяет подучить такую информацию о технологических свойствах нефтяных остатков как допустимый уровень их нагрева в трубчатых печах, а также дает возможность значительно сократить затраты труда на очистку реактора от коксовых отложений после проведения очередного опыта.

Поскольку сырье коксования представляет собой тяжелый остаток, богатый смолами и асфальтенами (т.е. коксогенными реагентами), существует большая опасность его закоксовывания при такой температуре в змеевиках самой печи [5].

Опасность закоксовывания реакционной аппаратуры зависит от качества исходного сырья, прежде всего от его агрегативной устойчивости. Тяжелое сырье, богатое асфальтенами, но с низким содержанием полициклических ароматических углеводородов, характеризуется низкой агрегативной устойчивостью, и оно быстро расслаивается в змеевиках печи, что является причиной коксоотложения и прогара труб. Для повышения устойчивости сырья к сырью добавляют ароматические концентраты, такие как экстракты масляного производства, тяжелые газойли каталитического крекинга, тяжелая смола пиролиза и др. [6].

В данной работе исследованы влияния химического состава нефтяных остатков на их высокомолекулярную коллоидную устойчивость в условиях процессов коксования и термического крекинга; установлены возможности осуществления направленного регулирования агрегативной и кинетической устойчивости сырья термодеструктивных процессов путем изменения растворяющей силы дисперсной среды нефтяных остатков с целью снижения склонности остатков к расслоению в змеевиках трубчатых печей и получения коксов заданной микроструктуры в реакторах установок коксования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чёботова В. И. Глубина переработки нефти в России, Европе и США // Устойчивое развитие науки и образования - 2020. № 3.С. 42–45.
2. Kapustin N. O. Exploring the implications of Russian Energy Strategy project for oil refining sector / N. O. Kapustin, D. A. Grushevenko // Energy Policy. 2018. Vol. 117. P. 198–207.
3. Камешков А. В., Кондрашева Н. К., Габдулхаков Р. Р., Рудко В. А. Влияние вида сырья и температуры коксования на получение нефтяной коксующей добавки // VI международная научно-техническая конференция Известия СПбГТИ(ТУ). 2020. №52(78). С. 11–17.
4. Капустин В. М., Гуреев А. А. Технология переработки нефти. В 4-х частях. Часть вторая. Физико-химические процессы. – М.: Химия, 2015. С. 400.
5. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М.И. Баязитов; Под ред. С. А. Ахметова. — СПб.: Недра, 2006. С. 868.
6. Сабаненков С. А. Исследование влияния коллоидной устойчивости нефтяных остатков на эффективность работы трубчатых печей и качество нефтяного углерода: канд. дис. МИНХ и ГП им. И.М. Губкина. Москва, 1980. С.185.

Строение комплексов кобальта(II) с триэтилететрамином

Яшина М. С., студ. 1 курса

Науч. рук. – Петухова Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
masha.r-u@yandex.ru

В современное время существует широкий перечень задач, установленный исследователями из области координационной химии. В то же время, подобные исследования способствуют решению вопросов из ряда важных областей. Можно заметить, что влияние координационной химии увеличивается в узкоспециализированных сферах, особенно в биотехнологии. В наибольшей степени, это обусловлено развитием науки. Высокий интерес биотехнологических исследований к комплексным соединениям обусловлен их свойствами и активностью [1]. При рассмотрении комплексных соединений заметно, что наиболее распространенными веществами, образующимися вокруг центрального атома, являются азотсодержащие частицы. Соответственно, азотсодержащие комплексы являются одними из используемых не только в координационной химии, но и в биотехнологии.

Одним из элементов, входящих в состав азотсодержащих комплексов, используемых в биотехнологии, является кобальт. Например, кобальт является частью цианокобаламина – витамина, оказывающего существенное влияние на сердечно-сосудистую, нервную, и некоторые другие важные системы человека.

Методом функционала плотности B3LYP в базисе 6-31G(d) было рассчитаны длины связей и валентные углы в молекуле триэтилететрамина. Мы рассчитали 2 структуры и для одной из них 2 конформации, геометрические параметры которых представлены на рисунках 1–5.

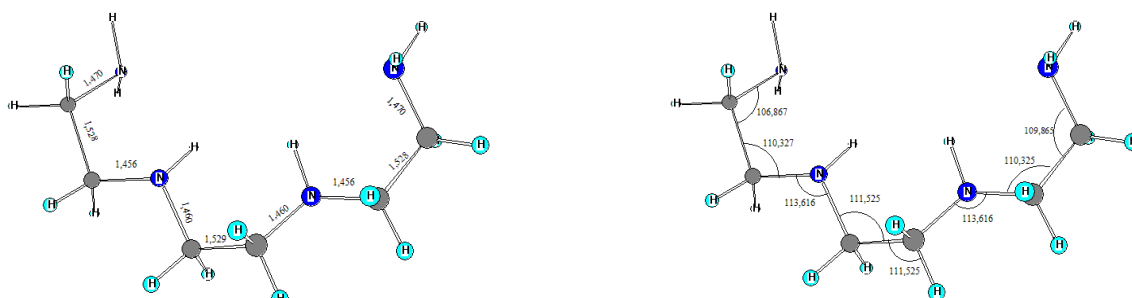


Рис. 1. Геометрическое строение Trien. Длины связей (Å); валентные углы (град.)

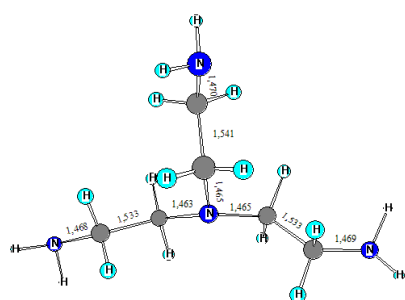


Рис. 2. Длины связей молекулы Trien, Å

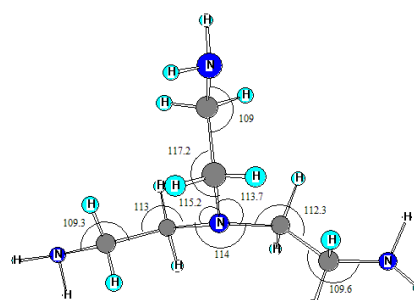


Рис. 3. Валентные углы в молекуле Trien, град.

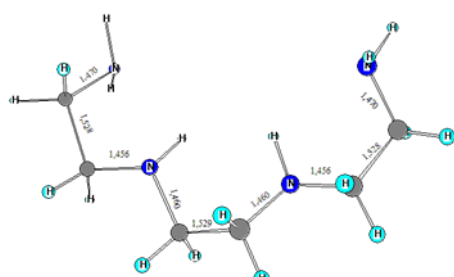


Рис. 4. Длины связей молекулы Trien-2, Å

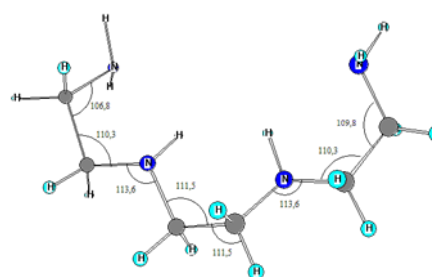


Рис. 5. Валентные углы в молекуле Trien-2, град.

Квантово-химическим методом рассчитано геометрическое строение одной из форм лиганда, расчет будет использован при дальнейшем изучении геометрического строения структуры комплексных соединений Co(II)-Trien.

Для сравнения устойчивости структур нами были рассчитаны термодинамические параметры. По полученным данным, представленным на рисунках 4,5 и в таблице 1, наиболее устойчивой является Trien-2 (ТЭТА в цис-форме).

Таблица 1

Термодинамические параметры триэтилентерамина

	Trien-1	Trien-2	Tren
ΔH , а.е.	-458,169160	-458,170435	-458,156553
ΔE , а.е.	-458,223257	-458,224050	-458,211231

$$\Delta E_1 = E_2 - E_3 = -458,211231 - (-458,223257) = 0,012026 \text{ а.е.}$$

$$0,012026 * 627,5 = -7,55 \text{ ккал/моль}$$

$$\Delta E_{tren} = E_1 - E_3 = -458,223257 - (-458,224050) = 0,000793 \text{ а.е.}$$

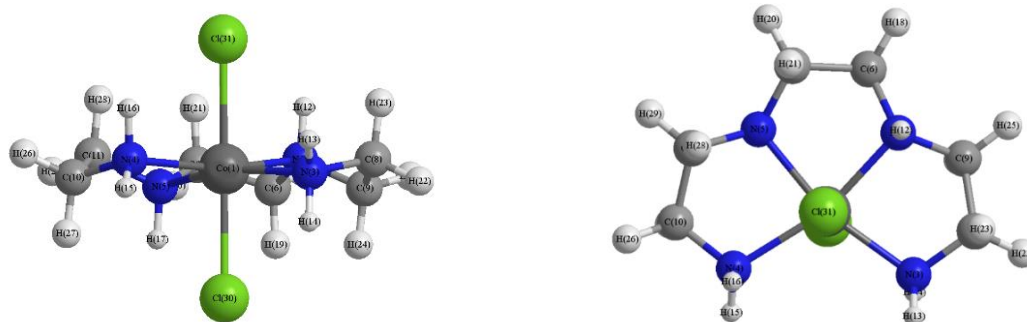
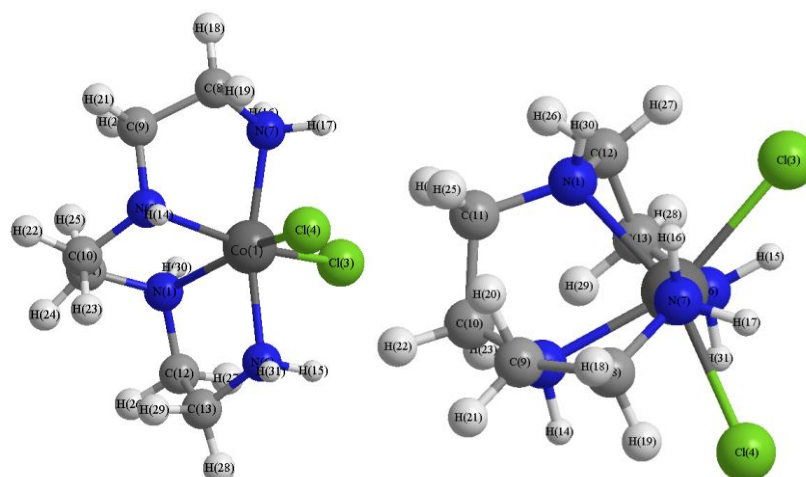
$$0,000793 * 627,5 = 0,5 \text{ ккал/моль}$$

$$\Delta E_2 = E_2 - E_3 = -458,211231 - (-458,224050) = 0,012819 \text{ а.е.}$$

$$0,012819 * 627,5 = 8,04 \text{ ккал/моль}$$

Trien-2 на 8,04 ккал/моль устойчивее, чем Tren и на 7,55 ккал/моль устойчивее чем Trien-1.

Далее было рассчитаны длины связей валентные углы в комплексе [Co(Trien)Cl₂] в *транс*- и *цис*-формах и смоделировано его геометрическое строение. Данные представлены на рисунках 6, 7 и в таблицах 2, 3.

Рис. 6. Пространственное строение [Co(trien)Cl₂] в *транс*- формеРис. 7. Пространственное строение [Co(trien)Cl₂] *цис*- форме

При оптимизации комплексы [Co(trien)Cl₂] принимают форму искаженного октаэдра, о чем удостоверяют полученные в процессе расчета величины атомных углов N-Co-N и N-Co-Cl *цис*- и *транс*- изомеров, какие представлены в таблице. Вытянутые длины связей Co-Cl и валентный угол Cl-Co-Cl в *цис*-изомере,

который сильно отклоняется от угла правильного октаэдра (90°), можно объяснить воздействием атомов хлора большого размера, что привело к приметному искажению формы всего комплекса. Остальные длины связи приближены к литературным данным. Конформация пятичленных циклов в комплексе так же конверт. Анализ валентных углов показал искажение структуры относительно октаэдрической.

Таблица 2

Величина валентных углов ($^\circ$) цис - и транс - комплексов $[\text{Co}(\text{trien})\text{Cl}_2]$

Валентный угол	Цис - изомер	Транс - изомер	Литературные данные [2,3]
N-Co-N	81,8–108,5	83,2–112,6	83 – 110
N-Co-Cl	85,6	84,9–98,8	83 – 110
Cl-Co-Cl	115,4	174,9	–
Co-N-C	110,2	108,2	109,5
N-C-C	110,0	107,5–110,0	109,5
C-N-C	114,8	119,0	109,5

Таблица 3

Величина длин связей (Å) цис - и транс - комплексов $[\text{Co}(\text{trien})\text{Cl}_2]$

Связь	Цис - изомер	Транс - изомер	Литературные данные [2,4]
Co-N	2,090	2,087	–
Co-Cl	2,460	2,510	2,2
N-C	1,475	1,470	1,47
C-C	1,540	1,540	1,54

ЛИТЕРАТУРА

1. Неорганическая химия. Химия элементов: учебник для вузов: в 2 кн. Кн. 1 / Ю.Д. Третьяков, Л.И. Мартыненко, А.Н. Григорьев, А.Ю. Цивадзе. – М.: Химия, 2001. 472 с.
2. Chang E. L., Simmers C., Knight D. A. Cobalt Complexes as Antiviral and Antibacterial Agents // *Pharmaceuticals*. 2010. Vol. 3. P. 1711–1728.
3. Боурош П. Н., Коропанчану Э. Б., Чилочи А. А., Кланко С. Ф., Болога О. А., Бивол Ч. М., Тюрина Ж. П., Булхак И. Коорд. химия. 2013. Т. 39. № 11. С. 669–678.
4. Cho J., Sarangi R., Kang H. Y., Lee J.Y., Kubo M., Ogura T., Solomon E.I., Nam W. Synthesis, Structural, and Spectroscopic Characterization and Reactivities of Mononuclear Cobalt(III)–Peroxo Complexes // *J. Am. Chem. Soc.* 2010. Vol. 132. P. 16977–16986.



Компания Диаэм – крупнейший поставщик современного оборудования, реагентов и расходных материалов для лабораторий, работающих в области клеточной биологии, медицинской исследовательской и прикладной генетики и геномики.

Каталог компании насчитывает более 500 000 наименований приборов, реагентов и расходных материалов для медицинских и научно-исследовательских лабораторий.

Мы поставляем все для генетического анализа.

Теперь мы предлагаем не только оригинальное оборудование и расходные материалы известных европейских производителей, но и их аналоги из России, Китая, Южной Кореи и других стран. Запас наиболее востребованных товарных позиций регулярно поддерживается на собственном складе. В портфолио Диаэм представлена продукция ведущих мировых производителей: BiOptic, Blue-Ray, Bioer, Vazyme, Bio-Rad, Dolomite, Eppendorf, GeneMind, Nest, Lexogen, Allsheng, Nimagen, Omixon, Sage Sciences, Thermo FS, Vilber и др.

- Амплификаторы для классической ПЦР и ПЦР в реальном времени от известных производителей **Bioer** и **Tianlong**
- Быстрое автоматизированное приготовление библиотек для секвенирования мРНК единичных клеток (scRNA-Seq) – система инкапсуляции клеток **Nadia**, (Dolomite Microfluidics)
- Точная, автоматизированная и недорогая оценка полученной ДНК и РНК и NGS-библиотек – системы капиллярного электрофореза **Qsep** (BiOptic), наноспектрофотометры и флуориметры **Blue-Ray** и **Allsheng**;
- Высокопроизводительный секвенатор Genolab M;
- Системы цифровой ПЦР **QX200** (Bio-Rad) и **QuantStudio Absolute Q** (Thermo FS).
- Электрофорезные камеры, трансиллюминаторы и системы препаративного электрофореза;
- Системы гель- и хемидокументирования **Vilber**;
- Наборы для выделения и очистки нуклеиновых кислот из различных типов образцов;
- Все для ПЦР: реагенты, наборы, лабораторный пластик;
- Расходные материалы и химия для капиллярного секвенирования и фрагментного анализа;
- Расходные материалы и наборы для NGS-секвенирования ДНК и РНК.





Более
30
лет

мы разрабатываем и производим газовые хроматографы и хромато-масс-спектрометры, жидкостные хроматографы, создавая российские аналитические комплексы, зарекомендовавшие себя не только внутри страны, но и за её пределами.

Газовая хроматография –

Один из массовых аналитических методов, который применяется во всех без исключения сферах деятельности человека – в экологии, медицине, сельском хозяйстве, нефтехимии, энергетике, в современных прикладных научных направлениях.



Хроматографы серии «Хроматэк-Кристалл»

Это современные приборы с уникальными аналитическими возможностями, полностью автоматизированные, гибкие и универсальные инструменты с широким выбором детекторов, устройств ввода пробы и внешних автоматических дозаторов.



Криминалистика и медицина



Нефть и нефтепродукты



Экология



Пищевые продукты и напитки



Фармацевтика



Промышленность и производство

Хроматэк сегодня – это:



Команда

400 квалифицированных сотрудников



Компетентность

60 патентованных изобретений и технологий



Независимость

16000 м2 площадей для организации полного цикла разработки и производства



Результат

Более 20000 работающих хроматографов и хромато-масс-спектрометров



Поддержка

Свыше 250 сертифицированных сервисных инженеров



Развитие

35 зарубежных дилеров



Признание

Поставки более чем в 50 стран мира



Присоединяйтесь к команде Хроматэк!

Подробнее о компании вы можете узнать на официальном сайте

chromatec.ru



ООО «Премьер-Пласт» – современная, динамично развивающаяся компания, специализирующаяся на производстве широкого ассортимента канцелярских товаров и продукции для творчества, входит в группу компаний ErichKrause.

Предприятие оснащено современным технологичным оборудованием для производства более двух тысяч наименований продукции и более сорока миллионов готовых изделий в год:

- ранцы и рюкзаки, сумки, пеналы,
- классический пластилин, биопластилин, арт-пластилин,
- акварель, гуашь, пальчиковые краски,
- папки-конверты, скоросшиватели, обложки, zip-пакеты,
- настольные наборы, лотки и подставки для бумаг, чертежные принадлежности.

Коллектив профессионалов компании ориентирован на высокое качество, надежность, функциональный и современный дизайн. Ежегодно компания представляет потребителям новые разработки, отображающие самые современные тенденции в мире канцелярских товаров и продукции для творчества, созданные с использованием инновационных материалов и передовых технологий.



Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК И ФАРМАЦИИ

СБОРНИК СТАТЕЙ
Всероссийской научной конференции
(Йошкар-Ола, 16–19 мая 2023 г.)

Выпуск 12

*За содержание, цитирование, использование графического материала
юридическую ответственность несут авторы и научные руководители статей*

Статьи публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка
Г. И. Галлямова

Тем. план 2023 г. № 50.
Подписано в печать 21.09.2023. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 66,26. Уч.-изд. л. 51,21. Тираж 300. Заказ № XX

Оригинал-макет подготовлен к печати в РНиУЛ
ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет».
424001, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1.

Отпечатано в ООО «Принтекс»
424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола,
ул. Суворова, д. 15а, к. 204, тел.: 8 (8362) 38-56-56, доб. 204.
www.printecs.com

ISBN 978-5-907622-43-2



9 785907 622432