

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК И ФАРМАЦИИ

Современные проблемы естественных наук и фармации

СБОРНИК СТАТЕЙ
Всероссийской научной конференции
(Йошкар-Ола, 22–24 мая 2024 г.)

Выпуск 13

ЙОШКАР-ОЛА
2024

УДК 61+50
ББК Бя431
С 568

Редакционная коллегия:

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

Е. В. Сарбаева (отв. ред.), канд. биол. наук, доц.;

А. Е. Степанова (отв. ред.), канд. биол. наук, доц.;

А. А. Черепанова, ст. преподаватель;

А. Г. Кадочникова, студент;

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

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

Д. Д. Парсаева, преподаватель;

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, 22–24 мая 2024 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет». Институт естественных наук и фармации / отв. за выпуск А. Е. Степанова – Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2024. – Вып. 13. – 330 с.

ISBN 978-5-907799-19-6.

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

ISBN 978-5-907799-19-6

© ФГБОУ ВО «Марийский
государственный университет», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ	8
Андрейчев А. В., Лапшин И. А., Демидов М. В. Морфология филина (<i>Bubo bubo</i>) в Республике Мордовия	8
Бабина Т. В., Воробьева И. Г. Пауки (Arachnida, Aranei) Республики Марий Эл	10
Беляева О. Н., Бедова П. В. Фауна амфибиотических насекомых озера Кожласолинское	12
Варламова Е. Г., Гольяев М. В., Рогачев В. В., Туровский Е. А. Молекулярные механизмы действия наночастиц селена, допированных сорафенибом, на моделях фиброза у мышей	14
Гордеева Т. Х., Петрова Е. А., Лифанова Е. П. Микробоценоз дерново-подзолистой почвы в условиях электромагнитного излучения	17
Гордеева Т. Х., Лифанова Е. П., Петрова Е. А. Влияние микроволнового излучения на видовой состав микромицетов целлюлозоразрушающего комплекса	19
Горячева Р. Г., Турмухаметова Н. В. Динамика и структура заболеваемости гельминтозами населения Республики Марий Эл за 2018–2022 годы	22
Домнина Н. А., Барышева Е. С. Антибиотикорезистентность: современные подходы и пути преодоления (обзор)	24
Зелеев Р. М., Смирнов А. К. Подбор признаков для параметрической системы двукрылых насекомых	27
Зими́на Д. А., Дробот Г. П. Влияние инъекций аллогенных митохондрий на некоторые цитохимические показатели лейкоцитов мышей при экспериментальной мышечной дистрофии Дюшенна	30
Иванова В. В., Актуганова М. Э., Белослудцева Н. В. Исследование динамики моторных симптомов и структурных изменений митохондрий скелетной мускулатуры мышей линии SOD1-G93A	33
Иванова А. В., Рыжова Л. В. Состав и биомасса травянистого яруса пойменных черноольховых лесов заповедника «Большая Кокшага»	34
Канчурова Е. А., Попова О. В. Исследование биологических эффектов коросолиевой и маслиновой кислот <i>in vitro</i>	39
Кардакова Л. М., Аничкин А. Е. Эпидемиологические аспекты ротавирусной инфекции на территории Республики Марий Эл	41
Клёнова В. А. Структура ценопопуляции <i>Primula veris</i> L.	44
Козикова Е. С., Дробот Г. П. Влияние препарата NS-1619 на динамику некоторых лейкоцитарных параметров крови у дистрофин-дефицитных мышей	48
Коробейникова А. К., Суетина Ю. Г. Таксономический и эколого-биоморфологический анализ птеридофлоры Республики Марий	51
Коробейникова А. К., Суетина Ю. Г. Редкие виды папоротников Республики Марий Эл и сопредельных регионов	54
Краева Е. Н., Дробот Г. П. Морфо-функциональная характеристика почек мышей при экспериментальной миодистрофии Дюшенна	57
Мамаева А. С., Пузаткина Е. А. Изучение содержания некоторых каротиноидов в тканях моркови (<i>Daucus sativus</i> (Hoffm.) Rohl.) методами спектрофотометрии	60
Микина Н. В., Семенова А. А., Недопёкина Д. А., Спивак А. Ю., Дубинин М. В. Митохондриально-направленные эффекты конъюгата маслиновой кислоты и липофильного катиона F16	62
Михайлов А. В., Иванова Т. В., Манаева В. П., Кузнецов Д. И., Булгариев Р. И., Попова О. В. Исследование влияния витамина Д и витамина К на некоторые показатели обмена кальция у лабораторных крыс разного возраста при раздельном и сочетанном введении	66
Низамова А. С., Турмухаметова Н. В. Жизнедеятельность <i>Formica rufa</i> L. в условиях некоторых лесных биотопов Республики Татарстан	69
Николаева Н. Н., Актуганова М. Э., Ильзоркина А. И., Белослудцев К. Н. Исследование влияния новосинтезированных митохондриально-направленных производных маслиновой кислоты на функциональную активность клеток рака молочной железы	70

Охотникова В. М., Бедова П. В. К вопросу о состоянии популяции перловицы вздутой <i>Unio tumidus</i> (Philipsson in Retzius, 1788) в реке Ветлуга	71
Павлова Е. К., Семенова А. А., Самарцев В. Н. Сравнительное исследование стимуляции дыхания митохондрий печени холевой и хенодезоксикхолевой кислотами в отсутствие и присутствии ионов магния	74
Папутина Е. Н., Соколова Е. И. Карантинные сорные растения	76
Попова К. Н., Дробот Г. П. Структурно-функциональные особенности селезенки мышей при экспериментальной миодистрофии Дюшенна	77
Попова О. В. Организация и работа студенческого научного кружка по биохимии и молекулярной биологии в Марийском государственном университете	80
Портнова С. С., Павлова Е. К., Хорошавина Е. И. Влияние родацианина МКТ-077 на состояние микробиоты толстой кишки у мышей с миодистрофией Дюшенна	82
Рахмаева С. О., Забиякин В. А. Эффективность способов защиты птиц ООПТ «Сосновая роща» от столкновения со стеклянными поверхностями	84
Романова А. А., Турмухаметова Н. В. Энтомогенные повреждения листьев некоторых видов древесных растений в окрестностях с. Казанское Республики Марий Эл	87
Седегов С. В., Садыкова Н. Н. Изменения селезенки у собак при патологии	88
Софронова А. В., Забиякин В. А. Выделение ДНК европейского лоса <i>Alces alces</i> (Linnaeus, 1758) из различных тканей при проведении генетических экспертиз	91
Суворова О. В., Жукова О. В. Выявление этилового спирта в биологических жидкостях пациентов ЛПУ города Йошкар-Олы в 2021–2023 гг.	94
Терентьева Ю. В., Турмухаметова Н. В. Изменчивость окраски покрова <i>Kleidocerys resedae</i> в различных экологических условиях	96
Турбина И. А., Дубинин М. В. Митохондриально-направленные эффекты тритерпеновых кислот и их производных на функционирование изолированных митохондрий печени крыс	98
Ширяев Г. И., Воропаева О. В. Влияние обработки штаммами PGPR и их культуральной жидкостью на рост проростков гелофита <i>Turpha latifolia</i>	100
Яндубаева О. Н., Рыжова Л. В. Выявление этилового спирта в биологических жидкостях пациентов ЛПУ города Йошкар-Олы в 2021–2023 гг.	103
Химия	106
Амбулатова Г. Р., Смирнов А. К. Сорбция ионов свинца (II) энтеросорбентом «Полифепан»	106
Алдонов С. А., Петухова Т. В. Квантово-химическое изучение строения комплекса Ni(II)-ДТПА	107
Александрова О. С., Смирнова Л. Г. Определение термодинамических параметров реакции образования гидроксокомплекса меди (II) с ЭДТА	109
Бартенева Е. С., Перькова Л. А., Атрёвьева Л. В. Изучение особенностей процесса ферментации салатной капусты	111
Брескин К. А., Атрёвьева Л. В. Изучение эффективности брожения сахарозы и ее мономеров	113
Брыгина С. С., Серебряков Е. А. Взаимодействие 4-метокси-3'-нитрохалкона с анилином	115
Бушкова К. В., Аль Ансари Я. Ф. Комплексообразование никеля(II) с этилендиамином	117
Васильева П. А., Петухова Т. В. Квантово-химическое изучение строения комплексов Co(II) с Еп и NTA	119
Вохмякова А. Д., Серебряков Е. А. Получение 3-нитро-4-метоксибензойной кислоты	122
Герцен М. М., Переломов Л. В., Бурачевская М. В. Влияние анионных ПАВ на поглощение катионов свинца органоглинами	124
Горохова П. А., Парсаева Д. Д. Без светоча науки и с нефтью будут потемки	126
Градобоева Т. Е., Смирнов А. К. Изучение сорбции в системе «Zn ²⁺ - полифепан – H ₂ O»	128
Дмитриева А. Е., Серебряков Е. А. Подходы к получению 3-аминоацетофенона	129
Долгушева Е. А., Павлов А. А. Получение и изучение свойств полиамидов на основе фталевого ангидрида	132
Жданова К. В., Смирнова Л. Г. Особенности процессов электрохимического никелирования изделий из алюминия, меди и стали	134

Жданова К. В., Смирнова Л. Г. Химическое никелирование стекла с использованием альтернативного восстановителя	137
Желонкина А. В., Смирнова Л. Г. Определения вредных веществ в атмосфере.....	139
Замятин М. С., Смотрина Т. В. Изучение сорбционных свойств хитин-глюканового комплекса биомассы гриба <i>Amanita Muscaria</i>	141
Иванова Е. С., Насакин О. Е. Циклизация 1-(2-оксодецил)этан-1,1,2,2-тетракарбонитрила в 2-амино-6,7,8,9,10,11,12,13-октагидро-5Н-циклододека[б]пиран-3,4-дикарбонитрил	145
Иванова С. Р., Аль Ансари Я. Ф. Комплексообразование 2,2'-бисбензимидазола с Co(II)	146
Иванова Т. А., Смирнова Л. Г. Анализ растворов ванн, используемых для иммерсионного золочения печатных плат	148
Иванова Т. А., Смирнова Л. Г. Определение состава раствора кислотного очистителя печатных плат	150
Исламов Т. Р., Серебряков Е. А. Получение сложных эфиров производных бензойной кислоты	153
Исламов Т. Р., Парсаева Д. Д. Вклад Д. И. Менделеева в развитие органической химии	155
Каратаева М. Н., Смирнов А. К. Изучение сорбции ионов цинка(II) на энтеросорбенте Смекта	156
Карачева А. А., Аль Ансари Я. Ф. Комплексообразование меди(II) с DL-лейцином	159
Князев Д. А., Смирнов А. К. Изучение метода хроматомасс-спектрометрического анализа в режиме положительной химической ионизации	160
Князев Д. А., Смирнов А. К. Исследование возможности использования азота, как газ-носитель, и воды, как газ-реагент, в хроматомасс-спектрометрии в режиме положительной химической ионизации	164
Кошкин А. А., Щеглова Н. В. Спектрофотометрическое исследование комплексообразования никеля(II) в водных растворах этилендиаминтетрауксусной кислоты и полиаминов	165
Кудрявцева М. Е., Серебряков Е. А. Получение галогенпроизводных 2-феноксиацетонитрила	168
Кукарева Л. М., Павлов А. А. Комплексообразование в системе кобальт-вода-моноэтанолламин	170
Маулетов Д. И., Петухова Т. В. Изучение строения комплексов меди (II) с этилендиамином квантово-химическим методом.....	172
Медведев Д. А., Смотрина Т. В. Структура и сорбционные свойства продуктов поэтапного деацетилирования хитина.....	173
Микутова А. Е., Смирнов А. К. Сорбция ионов кобальта(II) на энтеросорбенте «Полиасорбин»	176
Михайлов Д. А., Смотрина Т. В. Изучение сорбционных свойств продуктов постадийного выделения хитина из подмора пчел <i>Apis mellifera</i>	178
Михайлов А. Д., Смотрина Т. В. Влияние воды на структуру арамидных волокон.....	181
Михеев Н. В., Щеглова Н. В. Особенности реакций комплексообразования в тройной системе кобальт(II) – нитрилотриуксусная кислота – этилендиамин.....	184
Нигматова А. Д., Смирнов А. К. Сорбция ионов меди (II) лигнином гидролизным из водных растворов	187
Полевицков Д. И., Смирнова Л. Г. Исследование отклонения показателя преломления в системах бутилацетат-дибутилфталат и бутилацетат-диоктилфталат	189
Попова И. Д., Петухова Т. В. Изучение геометрического строения комплексов Со (III) с этилендиамином и нитрилотриуксусной кислотой	192
Рыбакова А. А., Щеглова Н. В. Комплексообразование катионов кобальта(II) с этилендиамином в водных растворах	196
Секретова С. В., Аль Ансари Я. Ф. Исследование комплексообразования в системе Ni(II) – сульфосалициловая кислота – вода	199
Смелова А. Д., Скочилова Е. А. Содержание аскорбиновой кислоты в свежих и замороженных плодах калины	202
Степанова В. Г., Павлов А. А. Изучение процесса комплексообразования в системе Ni(II) – ОЭДФ – вода	205
Степанова В. Г., Павлов А. А. Изучение свойств оксизтилидендифосфоновой кислоты	207
Танакова А. В., Серебряков Е. А. Получение 2-амино-5-нитробензойной кислоты	209

Фокин А. С., Смотрина Т. В. Сравнительное изучение сорбционных свойств хитинов различного происхождения	211
Хайруллина А. А., Щеглова Н. В. Спектрофотометрическое исследование реакции комплексообразования кобальта(II) с триэтилтетраамином в водных растворах	214
Юсупова Р. А., Щеглова Н. В. Нитрилотриметиленфосфонатные комплексы кобальта(II) в водных растворах	216
Яндимиров М. А., Пантюхин В. А. Определение общей и временной жесткости воды в родниковых источниках Марий Эл с помощью титриметрических методов	219
Яндулов К. В., Серебряков Е. А. Применение ацетатной и трифторацетатной защиты для получения 2-аминобензамида.....	220
Яшина М. С., Петухова Т. В. Изучение строения комплексов кобальта(III) с триэтилтетраамином	223
ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	226
Алябышева Е. А. Анализ пылеудерживающей способности листьев древесных арстений в насаждениях г. Йошкар-Олы.....	226
Андреева Ю. С., Арсаева К. В., Павлова С. В., Воскресенская О. Л. Определение активности фермента каталазы у краснокнижного вида Астрагала серповидного	228
Андреева Ю. С., Османова Г. О. Морфологические особенности особей и экологические предпочтения репешка пасконного и репешка волосистого.....	231
Анкудинова Е. А., Скочилова Е. А. Содержание тяжелых металлов в воде реки Малая Кокшага	233
Арсаева К. В., Бекмансуров М. В. Семенная продуктивность и всхожесть семян остролодочника волосистого в условиях Республики Марий Эл	236
Баймаков Д. И., Маленко В. И., Каршаева А. Д., Глухова А. Д., Орлова А. С. Радиационная обстановка в г. Саранске спустя 38 лет после Чернобыльской катастрофы	238
Герцен М. М., Переломов Л. В. Влияние солености среды на рост микроорганизмов-нефтедеструкторов в присутствии гумусовых кислот.....	241
Желонкина О. Ю., Сарбаева Е. В. Оценка жизненного состояния липы сердцевидной в г. Йошкар-Ола	243
Загайнов И. Р., Закамская Е. С. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах Советского района Республики Марий Эл	245
Закамская Е. С. Биоиндикация среды по качеству пыльцы цикория обыкновенного	248
Ипатов А. В., Яковлев И. Б. Токсичность диклофенака натрия для ряски малой (<i>Lemna minor</i> L.)	251
Кислицына Е. В., Окач М. А., Мухортов Д. И. Оценка применения древесных опилок с различными размерами частиц в качестве наполнителя для вермикомпостирования осадков сточных вод.....	253
Кугергина А. А., Бекмансуров М. В. Семенная продуктивность астрагала серповидного на северном пределе ареала.....	255
Леухин И. А., Воскресенский В. С. Анализ выбросов оксида углерода автомобильным транспортом на некоторых улицах г. Йошкар-Олы.....	257
Лукина Н. В., Глазырина М. А., Филимонова Е. И. <i>Trifolium Pratense</i> в опытных посевах на золоотвале верхнетагильской ГРЭС	260
Малева М. Г., Авраменко А. В., Воропаева О. В., Борисова Г. Г. Влияние силикатных PGP-ризобактерий на параметры роста <i>Spinacia oleracea</i> в зависимости от содержания азота	263
Мусаев Э. О., Алябышева Е. А. Оценка рекреационной нагрузки на территории городского лесопарка «Сосновая роща»	266
Николаева Ю. М., Воскресенская О. Л. Особенности накопления витаминов мелколепестником однолетним в разных условия произрастания	268
Павлова С. В., Османова Г. О. Потенциальные возможности некоторых видов рода <i>Aconitum</i>	270
Романова Е. Н., Алябышева Е. А. Изучение адсорбирующих свойств отходов скошенной травы	272
Саидов Ю. С., Бекмансуров М. В. Рекреационная дигрессия и биоразнообразие прибрежных фитоценозов.....	274
Сарбаева Е. В. Изменение оводненности тканей ряда древесных растений в условиях урбанизированной среды.....	276

Томилов А. В., Воскресенская О. Л. Оценка фитотоксичности почвы в рамках пересадки редких видов растений с зоны реконструкции магистрального нефтепровода Холмогоры-Клин.....	279
Хлыбов Д. С., Османова Г. О. Экологическая характеристика местообитаний астрагала нутового (<i>Astragalus cicer</i> L.).....	282
Черных В. В., Сарбаева Е. В. Рекреационная нагрузка эколого-познавательных троп заповедника «Большая Кокшага».....	284
Яндыганова Р. А., Алябышева Е. А. Изучение видового состава базидиальных грибов на территории СЗЗ АО «Марийский машиностроительный завод»	287
ФАРМАЦИЯ.....	290
Алхамви О., Жиликова Е. Т. Изучение реологических свойств карбопола с целью разработки гелевой основы	290
Анкалёв В. А., Алябышева Е. А. Содержание экстрактивных веществ в траве пустырника (<i>Leonuri herba</i>)	293
Батрова С. В., Кузнецова Е. В., Закамская Е. С. Биологически активные вещества в перегородках ореха грецкого	295
Батрова С. В., Яковлев И. Б. Лекарственная независимость России.....	298
Валуева Д. А., Акулышина Е. В., Кошкина А. В., Самодурова М. А., Косырева А. А. Результаты определения биологического и эксплуатационного запасов коры крушины ломкой на ключевом участке Солотча-Агро-Пустынь в Рязанской области	300
Гребнев М. В., Николаева Ю. М. Анализ содержания аскорбиновой кислоты в цельных и измельченных плодах шиповника	302
Кутузова Н. Н., Шатунова А. В., Скочилова Е. А. Содержание биологически активных соединений в листьях брусники и толокнянки	304
Лосоногова В. А., Прокушева Д. Л., Качкин К. В. Сравнительный анализ содержания лактонных соединений в различных органах золотарника канадского	307
Матюкова И. Б., Закамская Е. С. Органические кислоты в листьях кипрея узколистного	309
Моковеева М. В., Николаева Ю. О., Закамская Е. С. Биологически активные вещества в корневищах сабельника болотного	311
Николаева Ю. О., Моковеева М. В., Закамская Е. С. Определение содержания дубильных веществ в корневищах сабельника болотного	313
Реутова Ю. Е., Скочилова Е. А. Содержание дубильных веществ в листьях шалфея лекарственного	315
Сарбаев Д. А., Сарбаева Е. В. Разработка тренажера по отработке навыков идентификации латинских названий лекарственных растений для студентов специальности Фармация	317
Сотникова Л. И., Лоскутова Е. Е. Модель оказания персонифицированной фармацевтической помощи детям.....	320
Табаров М. С., Скочилова Е. А. Количественное содержание дубильных веществ в плодах боярышника.....	322
Яборова О. В., Белоногова В. Д., Алексеева И. В. Изучение дубильных веществ побегов и листьев смородины черной	325

Морфология филина (*Bubo bubo*) в Республике Мордовия

Андрейчев А. В.¹, канд. биол. наук, доц.

Лапшин И. А.¹, аспирант

Демидов М. В.², научный сотрудник

¹Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, г. Саранск

²Мордовский республиканский объединенный краеведческий музей имени И.Д. Воронина, г. Саранск
andreychev1@rambler.ru

Филин *Bubo bubo* (L. 1758) – редкая хищная птица. Уязвимость филина и влияние на него человека во многих европейских странах: России, Германии, Австрии, Испании и других вызывает постоянный интерес в исследованиях. Чаще всего исследования направлены на экологические аспекты, а именно регистрации местобитаний для установления численности популяции. Наши многолетние исследования по данному виду в Мордовии не являлись исключением, изучались успешность размножения, вокализация, возможность увеличения численности популяции в результате проведения биотехнических мероприятий, взаимоотношения с разными видами животных и другие аспекты [1–7]. В результате предыдущих лет исследований в полевых условиях приходилось обнаруживать погибших филинов, причем причину смерти установить не представлялось возможным. 11 мая 2023 г. в городском округе Саранск (близ п. Ялга) была обнаружена погибшая птица вблизи прошлогоднего гнезда, она находилась в естественной позе, сидящей на склоне оврага в растительности (рис. 1). Следов ранений на теле птицы не обнаружено. Как было установлено позже птица оказалась самкой. Вторая птица (самец) была отмечена в этом овраге недалеко от гибели самки. Гнездования на участке обитания данной пары в этот год не обнаружено. Возможными причинами гибели птицы могли послужить отравление или болезнь. Весной 2023 года в Республике Мордовия часто отмечались случаи гибели птиц (чайки, голуби, врановые и другие) в разных районах.



Рис. 1. Филин, погибший близ гнезда в окрестностях п. Ялга в 2023 г.

Было принято решение, прежде чем передать погибшую птицу в музей для изготовления чучела, изучить ее на предмет морфометрии и индексов внутренних органов. Как показал анализ доступной литературы, информации по данному аспекту крайне мало. Особенно это касается отечественной литературы

[8]. Как указано в зарубежных источниках литературы информация по морфологии погибших птиц используется в максимально возможных ситуациях [9–11]. Поэтому с погибшей птицы с использованием мерной ленты, штангенциркуля и электронных весов получены основные метрические и весовые параметры. В последующем рассчитаны индексы внутренних органов.

Масса погибшей птицы составила 2428 г, абсолютное значение массы сердца составило 24 г, печени – 63 г, желудка – 30 г, поджелудочной железы – 2 г, почки – 4 г, яичника – 3 г, относительная масса, соответственно, равна 0,98; 2,59; 1,23; 0,08; 0,16 и 0,12 %. Все внутренние органы были в крови, что свидетельствует о внутреннем кровотечении. Результаты сравнительного анализа имеющихся данных по другим регионам выявили достаточно крупные размеры самки филина из Мордовии (табл. 1).

Таблица 1

Метрические и весовые характеристики филинов

№п/п	Метрические и весовые характеристики	Собственные результаты, 2023	Данные по Penteriani, Delgado, 2019	Данные по Маловичко др. 2021
1	Длина тела (мм)	660	–	–
2	Длина хвоста (мм)	315	188–330	–
3	Длина крыла (мм)	480	421–550	–
4	Размах крыльев (мм)	1700	–	–
5	Длина цевки (мм)	100	63–111	–
6	Длина клюва (мм)	67	–	–
7	Масса тела (г)	2428	1750–3260	2750
8	Масса сердца (г)	24	–	–
9	Масса печени (г)	63	–	40
10	Масса желудка (г)	30	–	41
11	Масса поджелудочной железы (г)	2	–	3,8
12	Масса почки (г)	4	–	–
13	Масса яичника (г)	3	–	–

Часто гибель редких животных заканчивается констатацией фактов, но при этом теряется много полезной научной информации об их биологии. Поэтому снятие морфометрических промеров, взвешивание животных, определение массы и индексов внутренних органов важны. Таким образом, изучение морфологии каждой погибшей особи филина может служить частью сбора информации по виду в целом с разных участков ареала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрейчев А. В., Лапшин А. С., Кузнецов В. А. Успешность размножения филина (*Bubo bubo*) и динамика численности грызунов // Зоологический журнал. 2016. Т. 95. № 2. С. 204–215.
2. Лапшин А. С., Андрейчев А. В., Кузнецов В. А. Суточная и сезонная динамика вокализации филина (*Bubo bubo*, Strigiformes, Strigidae) в Среднем Поволжье // Зоологический журнал. 2018. Т. 97. № 1. С. 77–88.
3. Лапшин А. С., Андрейчев А. В., Алпеев М. А., Кузнецов В. А. Методика и техника изготовления искусственных гнездовий для филина (*Bubo bubo*, Strigiformes, Strigidae) в целях увеличения его численности // Зоологический журнал. 2022. Т. 101. № 3. С. 349–354.
4. Лапшин А. С., Андрейчев А. В., Алпеев М. А., Кузнецов В. А. Успешность размножения филина (*Bubo bubo*, Strigiformes, Strigidae) в искусственных гнездовьях // Зоологический журнал. 2022. Т. 101. № 8. С. 887–894.
5. Andreychev A. V., Kuznetsov V. A., Alpeev M. A., Lapshin A. S. Co-vocalisation of Eagle owl and other owls in the natural and climatic conditions of the Middle Volga region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. 1229. 012007IOP.
6. Андрейчев А. В., Кузнецов В. А., Лапшин А. С. Адаптации совместной вокализации несовиных птиц с филином (*Bubo bubo*) в природно-климатических условиях Мордовии // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2023. № 1 (41). С. 55–69.
7. Andreychev A. Vocal interaction between Eurasian Eagle-owl (*Bubo bubo*) and canines (Carnivora, Canidae) // Ornis Hungarica. 2023. Vol. 31. № 2. Pp. 61–73.
8. Маловичко Л. В., Пономарев В. А., Якименко Н. Н., Клетикова Л. В., Маннова М. С. Аскаридоз у филина *Bubo bubo* // Биологическое разнообразие природных и антропогенных ландшафтов: изучение и охрана. 2021. С. 148–151.

9. Sarma K., Sasan J. S., Suri S. Gross anatomy and biometry on tibiotarsus, fibula and tarsometatarsus of Indian Eagle owl (*Bubo bengalensis*) // *Explor Anim Med Res*. 2018. Vol. 8. №. 1. Pp. 123–127.
10. Penteriani V., Delgado M. *del Mar The Eagle Owl*. London, Oxford, New York, New Delhi, Sydney: T & AD Poyser, 2019. 384 p.
11. Ermutlu C. Ş., Balyen L., Özeydin İ., Kiliç E., Aksoy Ö., Büyükbaki, H. G., Büyükbaki B., Aydın U., Yıldız U., Ermutlu D. G. Anterior and posterior segment parameters of the Eye in Eagle Owls (*Bubo bubo*) // *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2024. Vol. 30. № 1. P. 81–86.

Пауки (Arachnida, Aranei) Республики Марий Эл

Бабина Т. В., студ. 4 курса

Науч. рук. – Воробьева И. Г., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
babinatanyushka2020@mail.ru

Пауки – самый большой отряд арахнид, который арахнологи исследуют по сей дей. В настоящее время в мире зарегистрировано и описано 52 082 новых видов пауков [10]. Но это не окончательная цифра, так как фауна пауков земного шара изучена очень неравномерно и неполно. Пауками заселена вся суша. Подобно насекомым и клещам, они живут повсеместно, кроме морских глубин и Антарктиды [8].

Состав фауны пауков обычно различен для отдельных географических регионов и может служить материалом для зоогеографического анализа [6].

Несмотря на долгую историю исследований арахнологов, многие региональные фауны до сих пор остаются не до конца изученными. Одна из них – фауна пауков Республики Марий Эл. В период, когда Марийский Край являлся частью нескольких губерний, были опубликованы первые работы, посвященные изучению пауков [5]. Наиболее интенсивный период научной деятельности, посвященный паукам, охватывает последние тридцать пять лет. В настоящее время в Среднем Поволжье по видовому составу пауков наш регион занимает второе место, а это фактически отражает степень изученности аранеофауны [4]. Уровень знаний изученности фауны арахнид в Республике Марий Эл составляет около 80 % от числа обследованных территорий.

Цель данной работы – провести инвентаризацию коллекции пауков, хранящейся на кафедре биологии и провести уточнение видового состава аранеофауны Республики Марий Эл с 1980 года по 2021 год.

Активное изучение фауны пауков на территории Республики Марий Эл началось с 80-х годов XX века. Под руководством доцента, канд.биол.наук Матвеева Валентина Александровича студенты биолого-химического факультета Марийского государственного университета проводили исследовательскую работу по изучению видового состава и численности пауков в разных уголках марийского края [3; 7]. Благодаря изучению сообществ пострадавших от пожаров Фатеровым С. Я. были сделаны важные открытия о более высоком видовом разнообразии пауков на этих участках [9]. В 2002 году вышли две публикации Аничкина А. Е. [1; 2], посвященные пространственному распределению пауков на примере заповедника «Большая Кокшага». Изучены 4 группы местообитаний: сосняки, ельник, дубрава и луговое сообщество. Проведен анализ сходства комплексов пауков, исследована биотопическая приуроченность отдельных видов. Автором обнаружено 125 видов пауков, из которых 13 отмечены впервые в нашей республике [1; 2]. Кроме того, был систематизирован фаунистический материал и оформлена первая коллекция определенных видов пауков. В ходе исследований Камаева И. О. [3], в 2008 году составлен полный библиографический список, включающий в себя работы о пауках Республики Марий Эл (с указанием видов). За два последних десятилетия фаунистический состав пауков республики пополнился 27 видами [3].

В ходе данной работы проанализирован фаунистический состав пауков, собранных в 26 локалитетах, расположенных в восьми административных районах Республики Марий Эл. В фаунистическом отношении оказались лучше изучены биоценозы особо охраняемых природных территорий – государственного природного заповедника «Большая Кокшага» и национального парка «Марий Чодра». Практически очень мало сведений о видовом составе синантропных пауков, на сегодняшний день в списке видов представлены только 4: *Tegenaria domestica* (Clerck, 1758), *Achaearanea tepidariorum* (Koch., 1841), *Steatoda bipunctata* (Linn, 1758) и *Steatoda grossa* (Koch, 1838). Имеется один гидробионт – *Argyroneta aquatica* (Clerck, 1757).

На данный момент проанализированный фаунистический материал включает 325 видов, относящихся к 30 семействам. В зоогеографическом отношении преобладают группы палеарктических видов, которые составляют 78 %. Среди голарктических видов доминируют циркумголарктические виды пауков [3; 7].

Наиболее массово представлены семейства Linyphiidae, Lycosidae, Gnaphosidae, Thomisidae, Araneidae, Theridiidae и Salticidae, которые составляют 78 % видового разнообразия пауков (рис.1). Наибольшее видовое разнообразие выявлено в семействе Linyphiidae – 86 видов, которые относятся к 49 родам. В семействах Lycosidae и Gnaphosidae в изученных локалитетах выявлено практически одинаковое число видов, 43 и 44 соответственно,

и число родов тоже одинаковое – 9. Представители семейства Thomisidae (29 видов) относятся к 7 родам (табл. 1). В трех семействах: Araneidae, Theridiidae и Salticidae число определенных видов от 16 до 18, но родовое разнообразие достаточно высокое (9–12). Еще 24 семейства пауков в сборах представлены от 1 до 8 видов.

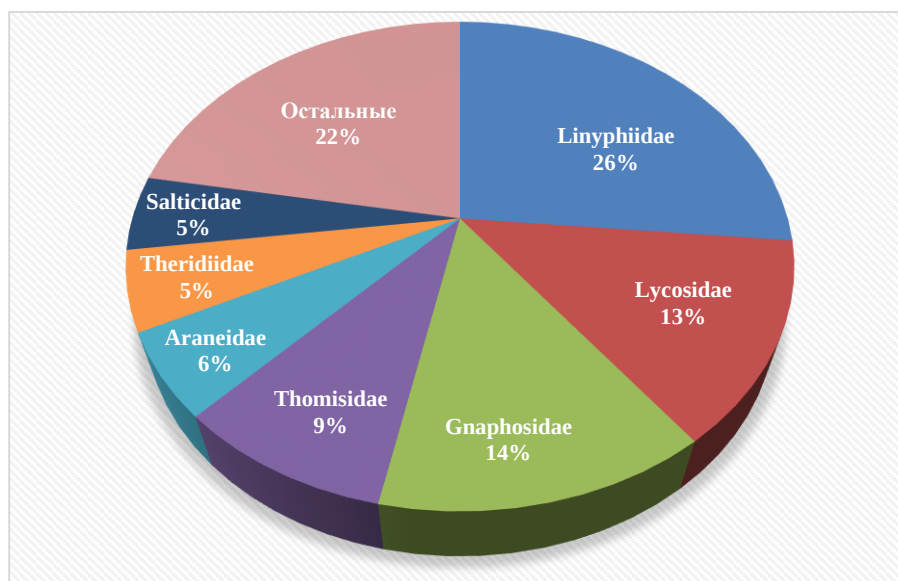


Рис. 1. Соотношение видового состава пауков по семействам

Таблица 1

Количество видов массовых семейств пауков Республики Марий Эл с 1980 года по 2021 год

Семейства	Виды
Linyphiidae	86
Lycosidae	43
Gnaphosidae	44
Thomisidae	29
Araneidae	18
Theridiidae	17
Salticidae	16
Остальные	72

ЛИТЕРАТУРА

1. Аничкин А. Е. Сезонная динамика населения напочвенных пауков в экосистемах тайги // Проблемы почвенной зоологии : матер. III Всерос. совещ. по почвенной зоологии. М. : КМК, 2002. С. 8–9.
2. Аничкин А. Е. Особенности пространственного распределения пауков на водораздельной катене южной тайги // Russian Entomological Journal. 2002. Vol. 11. № 1. Р. 111–116.
3. Камаев И. О., Матвеев В. А. Аранеологические исследования в Республике Марий Эл // Вестник Марийского государственного университета. 2008. № 2. С. 96–100.
4. Краснобаев Ю. Л. Каталог пауков (Aranei) Среднего Поволжья. Самара, 2004. 213 с.
5. Круликовский Л. К. Краткий очерк фауны Вятской губернии. Памятная книжка Вятской губернии и календарь на 1909 г. Вятка : Губ. стат. ком. 1908. С. 36–69.
6. Марусик Ю. М. Пауки (Arachnida: Aranei) азиатской части России: таксономия, фауна, зоогеография : автореф. дисс. ... д-р биол. наук. СПб, 2007. 267 с.
7. Матвеев В. А., Бекмансурова Е. В. Редкие виды пауков (Arachnida, Aranei) Республики Марий Эл // Вестник Марийского государственного университета. 2009. С. 152–156. URL: <http://vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=651> (дата обращения: 14.09.2024).
8. Михайлов К. Г. Общая арахнология. Краткий курс. Часть 2. Пауки: морфология, анатомия, биология. М. : КМК, 2012. 56 с.
9. Фатеров С. Я. Влияние лесных пожаров на видовой состав и численность пауков // Проблемы почвенной зоологии : тез. докл. VIII Всес. совещ. Ашхабат, 1984. Кн. 2. С. 134–135.
10. WSC. World spider catalogue. Natural History Museum Bern. Version 19.0. URL: <https://wsc.nmbe.ch/> (дата обращения: 14.09.2024).

Фауна амфибиотических насекомых озера Кожласолинское

Беляева О. Н., студ. 4 курса

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

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
like_me_15@list.ru

Личинки амфибиотических насекомых из отрядов Ephemeroptera (Поденки), Odonata (Стрекозы), Trichoptera (Ручейники) и Diptera (Двукрылые) входят в состав зообентоса и являются высокочувствительными к различного рода загрязнениям. Изучение этих групп донных организмов представляет интерес в плане оценки экологического состояния речных экосистем, в том числе в районах с повышенной техногенной нагрузкой [1].

Донные беспозвоночные Республики Марий Эл изучаются в различных водоемах, однако малоизученной остается фауна амфибиотических насекомых [2; 3].

В связи с этим целью данной работы было изучение фауны амфибиотических насекомых озера Кожласолинское, которое является самым молодым провальным озером в республике и располагается в центре населенного пункта.

Озеро Кожласолинское расположено с северной части в деревне Кожла-сола и с южной части в поселке городского типа Красногорский Звениговского района Республики Марий Эл. По своему происхождению Кожласолинское озеро карстового типа. Имеет форму неправильной восьмерки.

Сбор, обработка, определение материала осуществлялись по стандартным методикам в летний период 2023 года [4; 5].

В результате проведенных исследований выяснилось, что амфибиотические насекомые озера Кожласолинское представлены 17 видами, относящимися к 4 отрядам, 9 семействам и 14 родам.

По результатам исследований амфибиотических насекомых в озере Кожласолинское преобладали представители отряда Стрекозы (Odonata), они составляли 47,1 % от общего списка видов (рис. 1). Кроме того, обнаружены личинки представителей отряда Двукрылые (Diptera) – 41,1 %. Личинки представителей отрядов Поденки (Ephemeroptera) и Ручейники (Trichoptera) составляли по 5,9 %.

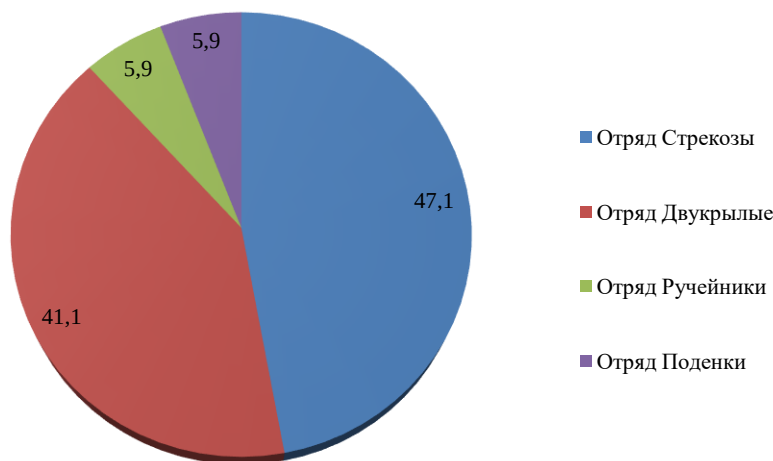


Рис. 1. Таксономический состав амфибиотических насекомых озера Кожласолинское (% от общего числа видов амфибиотических насекомых)

В наших исследованиях все амфибиотические насекомые представлены 9 семействами. Представители семейства Chironomidae составляли 29,4 % от списка видов амфибиотических насекомых озера Кожласолинское. Представители семейства Стрелки (Coenagrionidae) составили 17,5 % от списка видов амфибиотических насекомых озера Кожласолинское. Представители семейств Настоящие стрекозы (Libellulidae) и Бабки (Corduliida)

составляли по 11,8 % от списка видов амфибиотических насекомых озера Кожласолинское. Представители семейств Баэтиды (Baetidae), Коромысла (Aeshnidae), Phryganeidae, Мокрецы (Ceratopogonidae, Heleidae), Tabanidae составляли по 5,9 %.

Частоту встречаемости 50 % имели следующие виды амфибиотических насекомых озера Кожласолинское: *Cloeon dipterum* (Linnaeus, 1758) и *Glyptotendipes gripekoveni* (Kieffer, 1913).

Таблица 1

Частота встречаемости амфибиотических насекомых озера Кожласолинское

Вид, таксон	Встречаемость Р (%)
Класс Насекомые Insecta	
Отряд Поденки Ephemeroptera	
<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus, 1758)	50
Отряд Стрекозы Odonata	
<i>Aeschna grandis</i> (Linnaeus, 1758)	*
<i>Ischnura elegans</i> (van der Linder, 1823)	37,5
<i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier, 1825)	12,5
<i>Erythronia najas</i> (Hansemann, 1832)	25
<i>Epitheca bimaculata</i> (Linnaeus, 1758)	*
<i>Cordulia aenea</i> (Forster, 1902)	12,5
<i>Sympetrum flaveolum</i> (Linnaeus, 1758)	*
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	12,5
<i>Leucorrhinia caudalis</i> (Charpentier, 1840)	*
Отряд Ручейники Trichoptera	
<i>Phryganea bipunctata</i> (Petzius, 1783)	12,5
Отряд Двукрылые Diptera	
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> (Kieffer, 1913)	50
<i>Glyptotendipes glaucus</i> (Meigen, 1818)	25
<i>Glyptotendipes paripes</i> (Edwards, 1929)	12,5
<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen, 1830)	37,5
<i>Tanytus</i> sp.	37,5
<i>Tabanus</i> sp.	*
<i>Culicoides</i> sp.	12,5

Примечание: * – вид встречен в качественных пробах.

С частотой встречаемости 37,5 %: *I. elegans*; *E. albipennis*; *Tanytus* sp. Частоту встречаемости 25 % имели *E. najas* и *G. glaucus*. С частотой встречаемости 12,5 % отмечены: *I. pumilio*; *C. aenea*; *O. cancellatum*; *P. bipunctata*; *G. paripes*; *Culicoides* sp. (табл. 1).

Наибольшей средней численностью и биомассой характеризовался представитель семейства Баэтиды поденка двукрылая *C. dipterum* со средней численностью $27,1 \pm 3,9$ экз/м² и с биомассой $1,15 \pm 0,07$ г/м².

Биотические индексы широко используются во всем мире для оценки качества воды. Для большинства из них существуют шкалы для выявления уровня загрязненности водного объекта. Существуют индексы и по амфибиотическим насекомым. Индекс ЕРТ (Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera). Их представители являются высокочувствительными к различного рода загрязняющим веществам. Для расчета индекса суммируют число обнаруженных видов трех указанных отрядов. Кроме того, индекс ЕРТ может использоваться только для чистых и слабо загрязненных вод с высокой скоростью течения и низким содержанием органического вещества [6].

В умеренно и сильно загрязненных водах представители Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera отсутствуют, за исключением семейств Baetidae и Caenidae. Анализируя результаты, пользуются тезисом «чем больше – тем лучше». В целом можно полагать, что для эталонных створов величина индекса ЕРТ должна

находиться в пределах от 13 до 15. Индекс богатства ЕРТ оценивает качество воды по относительной численности трех основных отрядов речных насекомых, которые плохо переносят загрязнение воды [6]. В наших исследованиях индекс ЕРТ равен всего 3,8 %.

Индекс ЕРО (Ephemeroptera + Plecoptera + Odonata) в наших исследованиях равен 18,9 %. Данный индекс принципиально не отличается от вышеописанного. Отряд Odonata содержит менее толерантные виды по сравнению с отрядом Plecoptera. Поэтому индекс является, менее чувствительным по сравнению с ЕРТ [6].

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы: амфибиотические насекомые озера Кожласолинское представлены 17 видами. Наибольшим видовым разнообразием отличался отряд Стрекозы (8 видов). По встречаемости доминировали личинки поденки *C. dipterum* и личинки комаров хирономусов *G. gripekoveni*. Наибольшей средней численностью и биомассой характеризовалась поденка двукрылая *C. dipterum*. Индекс ЕРТ – 3,8 %, индекс ЕРО – 18,9 %, водоем – загрязнен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочурова Т. И. Личинки амфибиотических насекомых (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) в макрозообентосе р. Вятка // Гидроэкология в России и сопредельных странах : материалы V Всеросс. симпозиума по амфибиотическому и водным насекомым. Ярославль : Филигрань, 2013. С. 86–91.
2. Бедова П. В. Современное состояние памятника природы Республики Марий Эл «Озеро Гусинец» // Биодиагностика состояния природных и природнотехногенных систем : материалы XX Всеросс. конф. с международным участием. Киров, 2022. С. 360–370.
3. Бедова П. В., Богданов Г. А. Лимнологические исследования уникального для Среднего Поволжья озера Соленое // Вода: химия и экология. 2019. № 10–12. С. 34–41.
4. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под общ. ред. В. А. Абакумова. СПб. : Гидрометеониздат, 1992. 319 с.
5. Шалапенко Е. С., Мелешико Ж. Е. Краткий определитель водных беспозвоночных животных. Мн. : БГУ, 2005. 243 с.
6. Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах : учебное пособие для высших учебных заведений. СПб. : РГТМУ, 2019. 140 с.

Молекулярные механизмы действия наночастиц селена, допированных сорафенибом, на моделях фиброза у мышей

Варламова Е. Г., Гольтяев М. В., Рогачев В. В., Туровский Е. А.

Институт биофизики клетки Российской академии наук (ИБК РАН) –
обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований
Российской академии наук» (ФИЦ ПНЦБИ РАН), Пущино
1928lv@mail.ru

Фиброз печени является результатом практически любых воспалительных процессов в тканях печени и представляет собой процесс замещения гепатоцитов соединительной тканью, приводящий к развитию печеночной недостаточности и ряда других тяжелых патологий. В качестве препарата первой линии для терапии фиброза, а также рака печени и почек управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA, США) рекомендован сорафениб (So), который представляет собой молекулу, обладающую высокой степенью таргетности, эффективно способствующей выживанию онкобольных через механизмы подавления пролиферации, ангиогенеза и индукции апоптоза [1]. Однако существует ряд серьезных ограничений пользования препаратов на основе So – плохая растворимость, необходимость применения высоких доз с вытекающими из этого осложнениями на здоровые ткани и органы (кожная токсичность, диарея, гипертензия, ладонно-подошвенный синдром, формирование резистентности клеток к препарату [2–4]. В тоже время появляется все больше убедительных доказательств противофиброзного и противоракового действия селен-содержащих соединений и наночастиц, созданных на основе селена (Se) [5–7]. Последние очень часто используются в комбинированной терапии, что повышает эффективность лечения, а также в качестве носителей химиотерапевтических средств, таких как цисплатин, 5-фторурацил, доксорубин и иринотекан [8; 9], что демонстрирует наличие синергетического эффекта между противораковыми препаратами и Se. Известно, что наночастицы селена (НС) обладают поливалентной поверхностью, что позволяет им вступать во взаимодействие с различными химическими соединениями посредством ковалентных и нековалентных связей.

Целью данной работы является разработка эффективного наноконструкта селена-сорафениба (SeSo) для лечения фиброза печени, обладающего рядом важных преимуществ по сравнению с имеющимися препаратами на основе So на модели мышей с индуцированным тиацетамидом (ТАА) фиброзом печени.

На первом этапе были подобраны условия для получения высоко качественных наночастиц на основе селена, допированных сорафенибом (SeSo), и без него (SeNPs) обладающих следующими физико-химическими свойствами: средним гидродинамическим диаметром около 100 нм, с полушириной в диапазоне 70–130 нм, средним дзета-потенциалом порядка -20–-30 мВ, сферической формы и состоящие из селена в нульвалентном состоянии. Далее был разработан протокол инъекций мышей-самцов линии C57BL/6 TAA с целью индукции у них фиброза печени. Для последующего лечения мышам (вес 15 г, возраст 2–3 недели) внутривенно вводили TAA (150 мкг/г веса мыши) два раза в неделю в течение трех месяцев. После этого животных разделили на несколько групп и делали инъекции либо So (1 мкг/г и 5 мкг/г массы мышей), либо SeNPs (1 мкг/г и 5 мкг/г массы мышей), либо наноконкомплексом SeSo (1 мкг/г и 5 мкг/г веса мыши) в течение месяца с частотой раз в два дня. Результаты лечения фиброза печени анализировали через полтора месяца после лечения. Одна группа животных восстанавливалась самостоятельно в течение всего периода инъекций наночастицами и сорафенибом. В контрольную группу вошли животные, которым вводили физиологический раствор в тех же объемах, что и в опытных группах. Количество животных в каждой экспериментальной группе было равно 10.

При сравнении массы тела мышей контрольных групп с массой мышей после инъекций TAA было замечено снижение массы тела животных опытной группы в среднем на 2,7 г по сравнению с контрольной группой, тогда как средний вес печени у животных обеих групп был одинаковым. Это указывает на то, что отношение массы печени к массе животного увеличилось в среднем на 12 % после инъекций TAA по сравнению с контролем. Измерения средней массы животных и их печени после курса инъекций исследуемыми наночастицами не выявили достоверных отличий от средней массы животных контрольной группы, за исключением мышей, получавших инъекции So в концентрации 5 мкг/г, средний вес мышей, находящихся на самовосстановлении, был на 3 г ниже, чем в контрольной группе. Таким образом, средний вес животных в группе самовосстановления и после инъекций So в концентрации 5 мкг/г не вернулся к контрольным значениям; однако соотношение массы печени к общей массе животных в этих группах в среднем было близким к норме. Чего не наблюдалось в группах мышей после инъекций 1 мкг/г SeNPs и 5 мкг/г SeSo, средние значения этого показателя в них были выше на 21 % и ниже на 12 %, соответственно.

Гистологический анализ тканей печени показал, что последствия индуцированного тяжелого токсического фиброза печени у мышей (разрастание коллагена вокруг желчных протоков, формирование ложных долек печени и регенеративных узелков, нарушение структуры паренхимы печени и др.) существенно снижались на фоне применения наночастиц (SeNPs и SeSo), а также So, что свидетельствует об антифиброзном эффекте SeNPs и SeSo, сопоставимом с биологическим действием So. В группах лечения наблюдалось уменьшение отека (что выражалось в более равномерном просвете синусоидов), а также восстановление целостности печеночных балок. В перипортальной зоне отмечалось значительное количество регенерирующих гепатоцитов в состоянии митоза, увеличивалось количество функционально активных клеток печени. По сравнению с группой TAA выраженная воспалительная клеточная инфильтрация портальных трактов практически полностью сменилась умеренной диффузной инфильтрацией паренхимы печени.

С помощью биохимического анализа, было установлено, что селен-содержащие наночастицы снижают цитолиз, нормализуя уровни ферментов аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспартатаминотрансферазы (АСТ) в крови животных. Установлено, что инъекции TAA приводят к увеличению активности АЛТ и АСТ более чем в 13 раз по сравнению с контролем. В крови животных, получавших инъекции SeNPs в дозах 1 и 5 мкг/г, наблюдалось снижение активности АЛТ и АСТ в восемь и более раз по сравнению с инъекциями TAA. После курса инъекций наноконкомплексом SeSo в концентрациях 1 и 5 мкг/г наблюдалось снижение активности АЛТ более чем в 9 и 11 раз, соответственно. Сорафениб в тех же концентрациях снижал активность АЛТ в 6,8 и 7,5 раза, соответственно, тогда как активность фермента АСТ снижалась лишь в 2,8 и 4,4 раза. Таким образом, селен-содержащие наночастицы существенно способствовали нормализации активности ферментов АЛТ и АСТ в крови животных по сравнению с сорафенибом, что являлось показателем снижения повреждения клеток печени (цитолiza) и эффективности лечения данными селен-содержащими агентами.

На основе молекулярного анализа регуляции фиброгенеза, мы обнаружили, что инъекции обоими типами наночастиц селена способствовали значительному снижению экспрессии мРНК практически всех исследуемых нами профиброзных и провоспалительных генов. При этом сравнение паттернов экспрессии данных генов до и после лечения выявило некоторые преимущества наночастиц, не допированных сорафенибом (SeNPs). В свою очередь, инъекции мышей Som также снижали экспрессию мРНК профиброзных и провоспалительных генов, однако данный препарат, несмотря на выраженный антиапоптозный эффект, все же не привел к снижению уровней экспрессии мРНК каспаз 3 и 12, а также митоген-активируемой киназы JNK1 до контрольных значений, что может свидетельствовать о рисках апоптотической гибели клеток печени.

Кроме того, было показано, что наночастицы, содержащие селен также нивелируют последствия острого стресса эндоплазматического ретикула (ЭР-стресса), вызванного действием ТАА. Инъекции обоими видами наночастиц и сорафенибом привели к резкому снижению уровней экспрессии мРНК сплайсированной формы XBP1s фактора транскрипции и ATF-6- ключевых маркеров IRE1 α и ATF-6 сигнальных путей «ответа на мисфолдинг», и существенному росту экспрессии мРНК фактора транскрипции ATF-4- ключевого маркера PERK-сигнального пути. Кроме того, все агенты снизили уровни экспрессии мРНК генов PUMA, CHOP, NRF-2, BAX, BAK и в разной степени JNK1.

Методом ПЦР в реальном времени было показано, что инъекции SeNPs, So и SeSo в концентрациях 1 и 5 мкг/г снижали уровни экспрессии мРНК TGF- β в 10 и более раз, α -SMA – более чем в 5 раз, а генов, кодирующих цепи 1 и 2 коллагена 1 типа – в среднем 5 раз. Аналогичная тенденция к снижению уровня экспрессии была характерна для генов EGF и Angpt1, ответственных за активацию звездчатых клеток печени. После инъекций SeNPs экспрессия мРНК PDGF и GFAP практически не изменялась, тогда как после инъекций So и SeSo наблюдалось увеличение экспрессии мРНК этих генов.

Активный воспалительный ответ в печени после инъекций ТАА был подтвержден сильным ростом уровня экспрессии мРНК каспазы-1, которая играет центральную роль в клеточном иммунитете как инициатор воспалительной реакции. Известно, что активация воспалительных комплексов расщепляет про-каспазу 1 и запускает созревание и секрецию интерлейкинов IL-1 β и IL-18, которые являются критическими цитокинами, участвующими в иммунных реакциях и запускают воспалительный каскад. Недавние исследования показали, что воспалительные процессы и связанный с воспалением пироптоз участвуют в фиброгенезе печени при различных патологиях. Пироптоз, который является типом запрограммированной гибели клеток, зависит от воспалительной каспазы-1, расщепляющей газдермину с образованием мембранных пор. Таким образом, повышенная экспрессия мРНК каспазы-1 может привести к пироптозу гепатоцитов и иммунных клеток.

При анализе характера экспрессии интерлейкинов было отмечено, что инъекции наночастиц вызывали значительное снижение экспрессии мРНК провоспалительных цитокинов IL-1 β , IL-6, IL-17, IL-22, IL-33, TNF- α , INF- γ и CASP-1. Подобные инъекции So мышам не влияли на экспрессию мРНК IL-1 β , IL-6 или IL-33. Кроме того, инъекции сорафениба вызывали увеличение экспрессии мРНК PDGF и GFAP, возвращая их к нормальному уровню. Стоит отметить, что экспрессия мРНК NOX4 увеличивалась по сравнению с ингибирующим действием ТАА на экспрессию его мРНК после инъекций всех изученных препаратов, но без превышения контрольных значений (без воздействия ТАА).

В целом, можно заключить, что результаты, полученные в ходе данной работы, позволяют с уверенностью говорить о высокой терапевтической эффективности наночастиц селена обоих видов, направленной на нивелирование фиброза печени и сопутствующих этому заболеванию негативных процессов. Установленные в работе преимущества наночастиц селена перед So в очередной раз подчеркивают уникальные свойства данного микроэлемента и служат важным фактором дальнейшего внедрения в клиническую практику лекарственных препаратов на его основе.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-25-00030.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wilhelm S. M., Carter C., Tang L., Wilkie D., McNabola A., Rong H., et al. BAY 43-9006 exhibits broad spectrum oral antitumor activity and targets the RAF/MEK/ERK pathway and receptor tyrosine kinases involved in tumor progression and angiogenesis // *Cancer Res.* 2004. Vol. 64. Pp. 7099–109.
2. Yang S., Zhang B., Gong X., Wang T., Liu Y., Zhang N. In vivo biodistribution, biocompatibility, and efficacy of sorafenib-loaded lipid-based nanosuspensions evaluated experimentally in cancer // *Int J Nanomedicine.* 2016. No. 11. Pp. 2329–43.
3. Li M., Su Y., Zhang F., Chen K., Xu X., Xu L., et al. A dual-targeting reconstituted high density lipoprotein leveraging the synergy of sorafenib and anti-miRNA21 for enhanced hepatocellular carcinoma therapy // *Acta Biomater.* 2018. Vol. 75. Pp. 413–26.
4. Mancuso A., Airoidi A., Vigano R., Pinzello G. Fatal gastric bleeding during sorafenib treatment for hepatocellular carcinoma recurrence after liver transplantation // *Dig. Liver Dis.* 2011. Vol. 43. P. 754.
5. Varlamova E. G., Golyaev M. V., Mal'tseva V. N., Turovsky E. A., Sarimov R. M., Simakin A. V., Gudkov S. V. Mechanisms of the Cytotoxic Effect of Selenium Nanoparticles in Different Human Cancer Cell Lines // *Int J Mol Sci.* 2021. V. 22. P. 7798.
6. Turovsky E. A., Varlamova E. G. Mechanism of Ca²⁺-Dependent Pro-Apoptotic Action of Selenium Nanoparticles, Mediated by Activation of Cx43 Hemichannels // *Biology.* 2021. Vol. 10. P. 743.
7. Varlamova E. G. Participation of selenoproteins localized in the ER in the processes occurring in this organelle and in the regulation of carcinogenesis-associated processes // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.* 2018. Vol. 48. Pp. 172–180.
8. Li Y., Li X., Wong Y. S., Chen T., Zhang H., Liu C. The reversal of cisplatin-induced nephrotoxicity by selenium nanoparticles functionalized with 11-mercapto-1-undecanol by inhibition of ROS-mediated apoptosis // *Biomaterials.* 2011. Vol. 32. Pp. 9068–9076.
9. Tian J., Wei X., Zhang W., Xu A. Effects of selenium nanoparticles combined with radiotherapy on lung cancer cells // *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2020. Vol. 8. P. 598997.

Микробоценоз дерново-подзолистой почвы в условиях электромагнитного излучения

Гордеева Т. Х., Петрова Е. А., Лифанова Е. П.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
tatiana.k.gordeeva@gmail.com

Наиболее распространенным и непрерывным внешним источником питания почвы является солнечная энергия, признанная движущей силой чистой первичной продуктивности, а также источником тепла для формирующихся и устоявшихся экосистем [1]. Известно, что этот приток энергии влияет на свойства почвы и ее компоненты.

В природе микроорганизмы постоянно подвергаются воздействию солнечной радиации. Ультрафиолетовые лучи с короткой длиной волны являются наиболее активной частью солнечного спектра. Наибольшую значимость ультрафиолет приобретает благодаря своему биологическому действию на живые организмы. Однако влияние ультрафиолетовых лучей на микроорганизмы не однозначно. Прямые солнечные лучи вызывают гибель многих микроорганизмов в течение нескольких часов, за исключением фотосинтезирующих бактерий (зеленых и пурпурных серобактерий) [2]. Губительное действие прямого солнечного света на большинство микроорганизмов обусловлено повреждающим воздействием ультрафиолетовых лучей на ДНК клетки [3]. Особенно чувствительны к свету различные патогенные микроорганизмы и гнилостные бактерии рода *Pseudomonas*. Пигментные бактерии и дрожжи значительно устойчивее к ультрафиолетовому облучению. Наибольшей устойчивостью к действию ультрафиолетовых лучей обладают споры.

Почвенные микроорганизмы поддерживают гомеостаз почвенных экосистем благодаря уникальной способности быстро адаптироваться к меняющимся условиям среды. Структурные и количественные перестройки эколого-трофических групп микроорганизмов отражают направленность почвенно-биологических процессов и позволяют оценить состояние почв.

Цель работы – изучить влияние ультрафиолетового излучения на микробный комплекс дерново-подзолистого почвы.

Объектом исследования являлся пахотный слой (0–20 см) дерново-подзолистого почвы *Albic Glossic Retisol* (*Loamic, Aric, Cutanic, Differentic, Ochric*). Эксперимент проводился в микробиологической лаборатории с искусственным освещением.

Основную экотрофную микробиоту подсчитывали методом посева различных разведений почвы на агаризованные среды. Бактерии, мобилизующие органические источники азота, учитывали на мясо-пептонном агаре; актиномицеты и бактерии, усваивающие минеральные формы азота, определяли на крахмало-аммиачном агаре; микромицеты – на подкисленной среде Чапека и Сабуро; нитрифицирующие бактерии – на агаризованной среде Скермана; спорообразующие бактерии – на мясо-пептонном агаре + сусло-агар; азотфиксирующие бактерии – методом обрастания комочков почвы на среде Эшби [4]. Эффективность облучения определяли по разнице между показателями до и после облучения. Все параметры измерялись в 5-кратной повторности. Для определения общей численности микроорганизмов использовали метод Виноградского в модификации Шульгиной [5].

Видовой состав микромицетов определяли на основании культурально-морфологических признаков после выделения их в чистую культуру с использованием определителей [6; 7; 8]. Названия и положение таксонов унифицировали с использованием базы данных CBS и 9-го издания «Словаря грибов Айнсворта и Бисби» [9]. Все изоляты гифомицетов относили к несовершенным грибам в случае отсутствия полового спороношения в культуре. Для описания структуры комплекса микромицетов использовали критерий частоты встречаемости [10].

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программного обеспечения *Statistica* версии 10.0. и *Microsoft Excel*.

Проведенные исследования показали, что УФ-излучение приводит к временному снижению общей численности микроорганизмов дерново-подзолистого почвы в 1,3 раза по сравнению с контрольными показателями.

Анализ микробного комплекса исследуемой почвы показал, что ультрафиолетовое облучение оказало негативное влияние на численность микрофлоры, участвующей в минерализации углерод- и азотсодержащего органического вещества: аммонификаторов, аминокавтотрофных бактерий, нитрификаторов, актиномицетов и микроскопических грибов. Менее чувствительными к УФ-излучению были спорообразующие бактерии и азотобактер, что обусловлено, вероятно, наличием покоящихся форм – спор и цист (табл.).

Исходная почва характеризовалась низким содержанием микроскопических грибов: без облучения – 36,05 тыс. КОЕ/г абс. сухой почвы; облученной – 14,85 тыс. КОЕ/г абс. сухой почвы. Процессы микробной

минерализации органических соединений здесь идут в основном за счет бактериальных комплексов, в том числе и актиномицетов. Изучение динамики спорообразующих бактерий показал, что УФ-облучение приводило к увеличению численности данной группы в 0,9 раза. На частоту встречаемости азотобактера облучение не оказывало существенного влияния.

Таблица

Влияние ультрафиолетового излучения на численность микрофлоры дерново-подзолистой почвы

Микроорганизмы	контроль	уф-облучение
Общая численность, млд. кл. / г абс. сух. почвы	2,31±0,19	1,7±0,09
Аммонифицирующие, млн. кл. / г абс. сух. почвы	5,51±0,26	3,94±0,26
Аминоавтотрофные, млн. кл. / г абс. сух. почвы	31,15±2,99	24,15±0,61
Нитрифицирующие, тыс. кл. / г абс. сух. почвы	3,85±0,35	2,45±0,35
Актиномицеты, млн. кл. / г абс. сух. почвы	12,25±0,7	15,05±0,93
Микромицеты, тыс. кл. / г абс. сух. почвы	36,05±1,26	14,85±0,93
Спорообразующие, тыс. кл. / г абс. сух. почвы	193,40±3,78	198,45±1,60
Азотфиксирующие, %	98.68±7.62	94.67±8.12

* – статистически достоверные различия между контролем и опытом ($p < 0,05$)

Была выявлена последовательность восприимчивости микроорганизмов к УФ-излучению: спорообразующие бактерии < азотобактер < аминоавтотрофы < актиномицеты < аммонификаторы < микромицеты < нитрификаторы.

Проведение корреляционного анализа выявило существенную положительную связь микроорганизмов азотного цикла: аммонифицирующих, аминолитических, нитрифицирующих бактерий с содержанием минерального азота и его подвижных форм: аммиачного и нитратного азота в почве после периода восстановления, что и обуславливает увеличение численности микроорганизмов данных групп.

Проведение регрессионного анализа подтвердило сопряженность этих показателей, что в совокупности отражает благоприятный питательный режим и улучшение условий произрастания растений.

Установлена существенная отрицательная связь частоты встречаемости азотобактера с содержанием в почве минерального азота ($K = -0,7-0,9$), что объясняется торможением процессов азотфиксации при увеличении количества доступных форм минерального азота в почве. Под воздействием световой энергии в почве увеличивалось количество минерального и легкогидролизуемого азота, что свидетельствует о фотохимической деструкции гумуса и образовании более подвижных, способных к вымыванию гумусовых веществ.

Из исследуемой дерново-подзолистой почвы был выделен 21 вид микроскопических грибов, относящихся к отделам *Zygomycota*, *Ascomycota* и *Deuteromycota*.

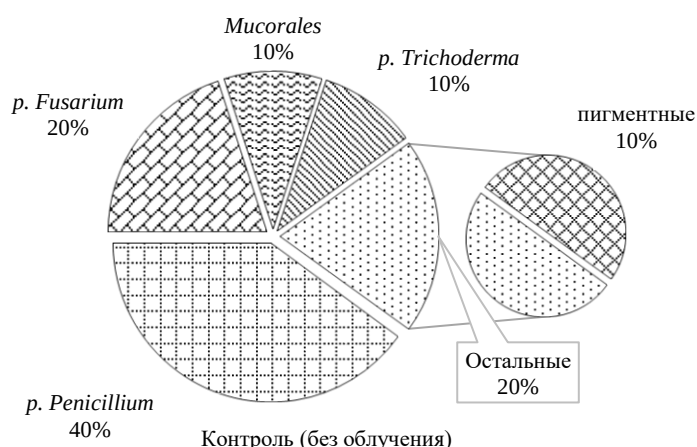


Рис. 2. Родовой спектр микромицетов дерново-подзолистой почвы

Микологический анализ показал, что в контрольной почве доминирующими родами являются *p. Penicillium* Link, *Fusarium* Link. и представители семейства *Mucorales*.

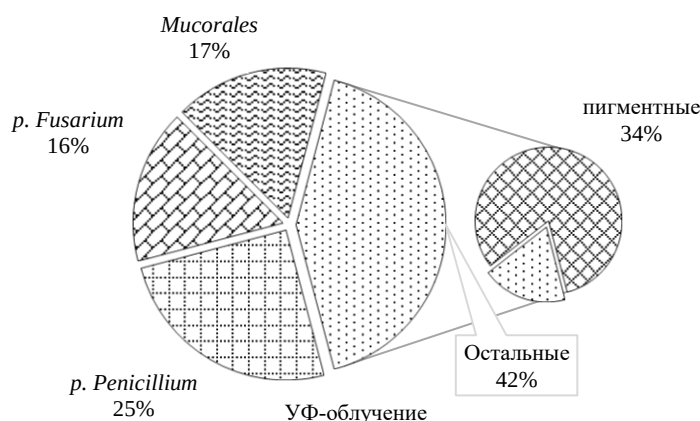


Рис. 3. Родовой спектр микромицетов дерново-подзолистой почвы

В облученной почве доминирующий комплекс сохраняется, но увеличивается доля пигментных видов, более устойчивых к ультрафиолетовому излучению.

Под воздействием УФ-света у эпифитных бактерий, дрожжей и грибов, характерных для почв с повышенной радиацией, образуются каротиноидные и меланоидные пигменты, служащие защитой от радиации.

Выводы

1. Ультрафиолетовое облучение почвы снижало численность микрофлоры, участвующей в минерализации углерод- и азотсодержащего органического вещества: аммонификаторов, амилаolitikов, нитрификаторов, актиномицетов и микроскопических грибов. Менее чувствительными к УФ-излучению были спорообразующие бактерии и азотобактер, что обусловлено, вероятно, наличием покоящихся форм – спор и цист.

2. Установлена сопряженность микробиологических и агротехнических показателей дерново-подзолистой почвы.

3. Выявлено увеличение доли пигментных видов микромицетов в микоценозе облученной почвы, более устойчивых к ультрафиолетовому излучению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beaudette D. E., O'Geen A. T. Quantifying the aspect effect: An application of solar radiation modeling for soil survey // Soil Science Society of America Journal. 2009. Vol. 73. Pp. 1345–1352.
2. Ненахова Е. В., Николаева Л. А. Ультрафиолетовое излучение. Влияние ультрафиолетового излучения на организм человека. Иркутск: ИГМУ, 2020. 58 с.
3. Дугиева Д. А. Ультрафиолетовое излучение // Молодой ученый. 2020. № 5 (295). С. 1–3.
4. Теттер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М. : Дрофа, 2004. 256 с.
5. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М. : Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
6. Ramirez C. Manual and atlas of the Penicillia. Amsterdam; New York; Oxford : Elsevier Biomedical Press. 1982. 874 p.
7. Лутвинов М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов. М. : Наука, 1967. 303 с.
8. Саттон Д., Уотергилл А., Риннальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. М. : Мир, 2001. 486 с.
9. Kirk P. M., Cannon P. F., David J. C. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi. 9th ed. // CAB International. Wallingford, 2001. 655 p.
10. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М. : Мир, 1992. 182 с.

Влияние микроволнового излучения на видовой состав микромицетов целлюлозоразрушающего комплекса

Гордеева Т. Х., Лифанова Е. П., Петрова Е. А.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
tatiana.k.gordeeva@gmail.com

Грибы и бактерии являются агентами биоповреждений. Микроорганизмы способны разрушать множество видов материалов. Они повреждают сооружения из бетона и железа, бумажные изделия, природные и синтетические материалы [1]. Микробные комплексы тесно связаны с субстратом, обладают большой поверхностью всасывания и оказывают активное влияние на окружающую среду через продукты метаболизма. Активное участие микромицетов в деструкции не только природных, но также и антропогенных субстратов и доминирующее положение среди организмов, вызывающих биоповреждения, обусловлено рядом биологических особенностей

грибов: широким распространением в природе, высокой энергией размножения, мощностью и эффективностью ферментативного аппарата, способностью расти в экстремальных условиях [2].

Сегодня существует несколько методов для защиты от биоповреждений. Используют электромагнитное излучение разных диапазонов (ультрафиолетовое, ионизирующее), а также специально синтезированные химические вещества (биоциды) [2; 3]. Менее всего изучено воздействие на микробные комплексы микроволнового излучения сантиметрового диапазона (сверхчастотные – СВЧ). Микроволновое излучение нашло широкое применение в пищевой, медицинской, целлюлозно-бумажной отраслях, в промышленности строительных материалов, сельском хозяйстве и др. Появляются новые направления использования микроволновых технологий: исследование химического состава пищевых продуктов, химический синтез лекарственных средств [4].

Цель работы – исследовать эффективность микроволнового излучения в защите от биоповреждений.

Эксперимент проводился над образцами бумаги архивных документов из сульфитной целлюлозы Государственного архива Республики Марий Эл.

Для обработки СВЧ-излучением использовали микроволновую печь с рабочей частотой излучения 2450 МГц, длиной волны 12,5 см, мощностью 800Вт, экспозиция облучения: 1, 3, 5, 8 минут.

Для оценки качественного и количественного состава микромицетов архивных документов использовали метод посева серийных разведений на агаризованные питательные среды: сусло-агар, Сабуро, подкисленную среду Чапека – Докса. Число выросших колоний микроорганизмов пересчитывали на 1г. целлюлозы [5]. Микроценоз воздуха книгохранилищ исследовали методом седиментации [6].

Определение видов, выросших микромицетов осуществляли на основании культурально-морфологических признаков после выделения их в чистую культуру с использованием определителей [7; 8; 9]. Названия и положение таксонов унифицировали с использованием базы данных CBS и 9-го издания «Словаря грибов Айнворта и Бисби» [10]. Все изоляты гифомицетов относили к несовершенным грибам в случае отсутствия полового спороношения в культуре. Для описания структуры комплекса микромицетов использовали критерий частоты встречаемости. Для оценки и сравнения видового разнообразия микобиоты в исследованных биотопах были использованы индексы биологического разнообразия [11].

Статистическую обработку проводили при помощи программ Microsoft Excel, Statistica 6.0.

Проведенные исследования показали, что общая численность микроскопических грибов, выявленный на архивных документах на бумажной основе, составляла в контроле 2,16 млн. КОЕ/г. целлюлозы. Установлено достоверное снижение количества микромицетов при всех режимах микроволнового облучения: минутная обработка СВЧ-излучением снижала численность грибов в 1,4 раза; 3-минутное облучение – в 5 раз по сравнению с контролем. При 5 минутном воздействии количество микромицетов составляет 9 % от контрольных показателей, при облучении в течение 8-ми минут рост микромицетов не обнаружен.

В ходе эксперимента было выявлено 22 вида микроскопических грибов с поверхности архивных документов, относящихся к 11 родам из двух подотделов: *Zygomycotina* и *Deuteromycotina*. Большинство выделенных микромицетов – это грибы-полифаги, которые используют различные С-содержащие субстраты. Они могут окислять любые природные органические вещества. Наиболее часто на поверхности образцов бумаги встречались представители родов *Penicillium* Link. – 56 % и *Aspergillus* Micheli. – 24 % от всех выделенных изолятов.

По частоте встречаемости преобладали *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx, *Penicillium chrysogenum* Thom. Из темноокрашенных грибов выявлена *Alternaria alternata* (Fr) Keissler. Среди грибов преобладали ксерофильные виды: *Aspergillus flavus* Link., *A. versicolor* (Vuill.) Tiraboschi, *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx, *P. chrysogenum* Thom., *P. chrysogenum* var. *chrysogenum* Westling, что свидетельствует о незначительной влажности исследованных архивных документов. Некоторые из выделенных микромицетов являются не только активными разрушителями бумаги, но также способны к ее пигментированию и окрашиванию (*Penicillium citrinum* Thom., *Alternaria alternata* (Fr) Keissler, *Mucor racemosus* Fres., *Rhizopus nigricans* Ehrenb.), в связи с чем представляют повышенную опасность для сохранения документов.

После 3 минутного облучения видовой состав микроскопических грибов снижается на 25 % и увеличивается доля микромицетов рода *Aspergillus*. Наиболее чувствительными к СВЧ-излучению были микромицеты *Penicillium citrinum* Thom., *Mucor racemosus* Fres., *Rhizopus nigricans* Ehrenb..

Наибольшее снижение видового разнообразия отмечается при 5-ти минутном СВЧ-излучении. Количество видов уменьшается на 77 %. Наиболее устойчивыми оказались виды рода *Penicillium* – *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx, *P. chrysogenum* Thom. и *P. rugulosum* Thom., а также *Aspergillus candidus*. При 8-ми минутной обработке СВЧ-излучением микромицеты не выявлены.

Важно заметить, что некоторые из выявленных микроскопических грибов (*Alternaria alternata* (Fr) Keissler., *Aspergillus flavus* Link., *Aspergillus versicolor* (Vuill.) Tiraboschi, *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx, *P. chrysogenum* Thom.) могут являться причиной аллергических заболеваний у людей с ослабленной иммунной системой [9].

Кроме того, обнаруженный гриб *Penicillium chrysogenum* var. *chrysogenum* Westling обладает липазной активностью и может приводить к жировым загрязнениям поверхности исследуемых документов.

Анализ индексов видового разнообразия показал, что облучение исходного материала микроволнами СВЧ-диапазона изменяет структуру и видовой состав микроскопических грибов целлюлозоразрушающего комплекса. При этом с увеличением времени воздействия излучения видовое разнообразие грибов снижается более резко, что свидетельствует о специфичности влияния СВЧ-излучения на различные виды микроскопических грибов. Индекс Шеннона, который используется для измерения разнообразия видов в сообществе, снижается с 3,36 до 1,84, при этом выравненность видов в выборке также уменьшается, что также свидетельствует о неравномерном воздействии СВЧ-излучения на различные виды микромицетов (рис. 1).

В ходе микологического анализа был определен 21 вид микроскопических грибов, обнаруженных в воздухе книгохранилища. При сравнении видового состава микоценоза воздуха книгохранилищ и архивных документов установлено, что индекс Жаккара составляет 0,67. Это свидетельствует о том, что большинство видов грибов на архивных документах попадает из воздуха книгохранилища.

При изучении влияния СВЧ-излучения на рост колоний микромицетов выявлено, что у определенных устойчивых видов наблюдается стимулирующий эффект излучения. Это подтверждают известные из литературы сведения о существовании резонансного эффекта, то есть корреляции действия микроволн на различные морфологические и физиологические характеристики культур микроорганизмов [12].

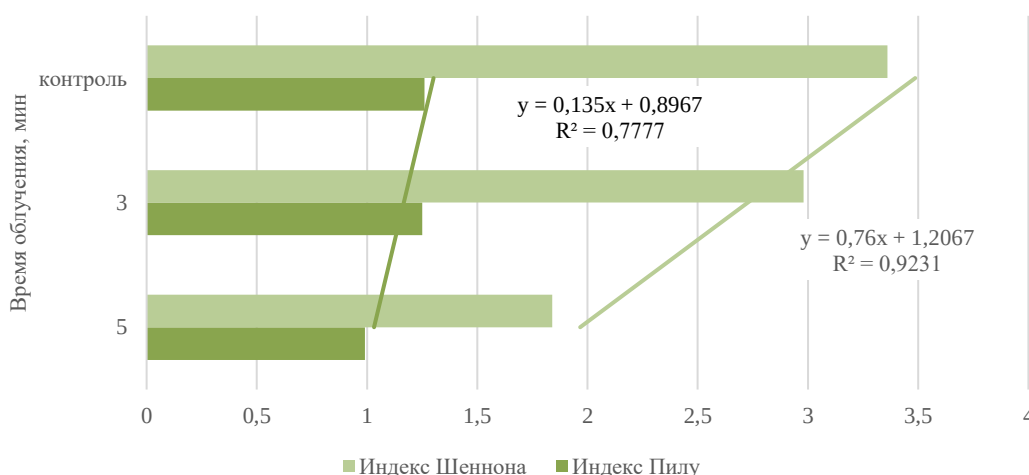


Рис. 1. Индексы видового разнообразия и выравненности видов микобиоты целлюлозоразрушающего комплекса архивных документов на бумажной основе

По оси абсцисс – значения индексов; по оси ординат – время облучения.

У *P. chrysogenum* после 3-х минутной обработки СВЧ-излучением диаметр колоний увеличился на 16 %, после 5 минутного воздействия – на 22 %. Диаметр колоний *A. candidus* после 3-х минутной обработки СВЧ-излучением размер колоний увеличился на 17 %, а после облучения в течении 5 минут – на 29 % (рис. 2).

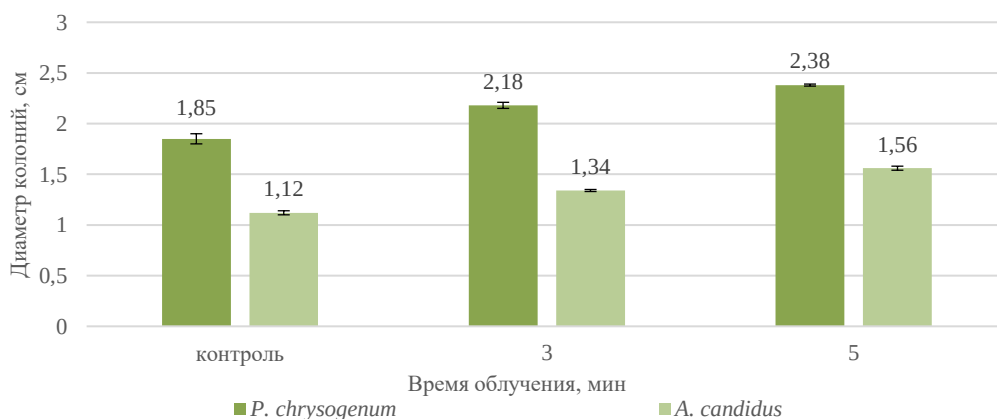


Рис. 2. Изменение диаметра колоний доминирующих видов микромицетов целлюлозоразрушающего комплекса архивных документов под воздействием СВЧ-излучения

Выводы

1. Установлено, что при всех режимах обработки СВЧ-излучение мощностью 800 Вт вызывает уменьшение численности и видового разнообразия микроскопических грибов. Оптимальным временем облучения для снижения численности микромицетов является 5 минут.
2. Выявлено, что устойчивыми к СВЧ-облучению являются представители рода *Penicillium Link.* Чувствительным к микроволнам СВЧ-диапазона оказался *Mucor racemosus Fres.* Обнаружено, что СВЧ-излучение стимулирует рост колоний *P. chrysogenum* и *A. candidus*.
3. Выявлено, что коэффициент сходства микофлоры воздуха книгохранилищ и архивных документов составляет 0,67. Это свидетельствует о том, что часть микромицетов, обнаруженных на архивных документах попадает из воздушной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильичев В. Д. Биоповреждения. М. : Высшая школа. 1987. 352 с.
2. Карамова Н. С., Надеева Г. В., Багаева Т. В. Методы исследования и оценки биоповреждений, вызываемых микроорганизмами : учебно-метод. пособие. Казань : КГУ, 2014. 36 с.
3. Пехташева Е. Л., Неверов А. Н., Заиков Г. Е., Шевцова С. А. Биоповреждения и защита древесины и бумаги // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 8. С. 192–199.
4. Молодцова М. А., Севастьянова Ю. В. Возможности и перспективы использования микроволнового излучения в промышленности // Известия высших учебных заведений. 2017. № 2. С. 76–88.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М. : Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
6. Теттер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М. : Дрофа, 2004. 256 с.
7. Ramirez C. Manual and atlas of the *Penicillia* / Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier Biomedical Press. 1982. 874 p.
8. Литвинов М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов. М. : Наука, 1967. 303 с.
9. Саттон Д., Уотергилл А., Риннальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. М. : Мир, 2001. 486 с.
10. Kirk P. M., Cannon P. F., David J. C. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi. 9th ed. // CAB International. Wallingford, 2001. 655 p.
11. Мэггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М. : Мир, 1992. 182 с.
12. Лихачева А. А., Лукьянов А. А., Зенова Г. Н. Влияние СВЧ-излучения на физиологические характеристики культур актиномицетов и бактерий // Биотехнология. 2000. № 5. С. 51–55.

Динамика и структура заболеваемости гельминтозами населения Республики Марий Эл за 2018–2022 годы

Горячева Р. Г.^{1,2}, студ. 2 курса

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

¹Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
²Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Марий Эл, г. Йошкар-Ола
 pzl.mari-el@yandex.ru

По данным экспертов Всемирной организации здравоохранения гельминтозы являются одними из самых инвазионных инфекционных заболеваний в мире. Ежегодно в России официально регистрируют около 1,5 млн случаев паразитарных болезней [1].

Клинические проявления инфицирования человека разнообразны: снижение иммунитета, заболевания желудочно-кишечного тракта, изменения в сердечно-легочной системе и т. п. Более интенсивно они проявляются у детей. Это не только аллергия организма, угнетение иммунитета и задержка роста и развития, но и отклонения в психическом становлении и эмоциональном восприятии в период формирования нервной системы. Проблема инфицирования гельминтозами населения остается актуальной и требующей особое внимание [2].

В отдельных случаях человек становится случайным хозяином некоторых видов гельминтов животных. К их числу относятся нематоды – токсокары, возбудители токсокароза, имеющие широкое распространение и играющие важную роль в патологии. Установлено, что проблема заболеваемости токсокарозом связана с наличием бродячих собак и кошек, с несоблюдением правил содержания домашних животных. Не лишне отметить, что токсокароз наблюдается преимущественно у детей [3–4].

Риск инвазии повышается в летне-осенний период, поэтому очень важно знать жизненный цикл развития паразита и принимать профилактические меры. Нередко в группе риска оказывается и взрослая категория населения. В последнее время наблюдается тенденция к снижению внимания к гельминтозам, но между тем, как показывает статистический анализ, распространенность этих инвазий весьма велика.

Объекты окружающей среды для развития геогельминтов являются обязательной экологической составляющей. Наиболее часто яйца гельминтов попадают в почву с необеззараженными сточными водами и их осадками, животноводческими стоками, при рассеивании твердых бытовых отходов, использовании фекалий для приусадебных хозяйств [5–6].

Ранее нами были проведены исследования загрязнения гельминтами экотопов в регионе. На основании проведенных лабораторных исследований при проведении эпидемиологического мониторинга большая обсемененность гельминтами обнаруживалась в почве приусадебных хозяйств, это объясняется использованием выгребных ям для удобрений земельных участков, при исследовании водных объектов и очистных сооружений канализации были обнаружены яйца аскариды человеческой (*Ascaris lumbricoides* L.), власоглава (*Trichuris trichiura* L.), токсокары (*Toxocara canis* Werner) [7].

Наиболее распространенными гельминтными инвазиями на территории Республики Марий Эл (РМЭ) являются энтеробиоз, аскаридоз, токсокароз. Среди заболеваний доминирующей нозологической формой является энтеробиоз.

Второй нозологической формой остается аскаридоз. Заражение населения происходит, в основном, на дачных участках и связано с употреблением в пищу загрязненных яйцами гельминтов ягод и столовой зелени [8].

В работе проводили анализ показателей заболеваемости населения Республики Марий Эл аскаридозом и энтеробиозом в течение 2018–2022 гг. [9]. Были установлены тенденции и закономерности изменения заболеваемости геогельминтозами в РМЭ. Так, показатели прироста (убыли), темпа прироста и наглядности свидетельствуют, что заболеваемость энтеробиозом в Республике Марий Эл в 2018–2022 гг. значительно снизились в целом на 20–50 %, а заболеваемость аскаридозом имеет непостоянное значение. В 2018–2019 гг. эта нозологическая форма находится, примерно, в равнозначных пределах, но начиная с 2020 года наблюдается тенденция снижения заболеваемости: на 20–60 %.

При исследовании структуры заболеваемости гельминтозами в Республике Марий Эл за 2018 г. и 2022 г. выявилась следующая тенденция: в 2018 г. доля заболевших аскаридозом – 5,6 % из всех заболеваний гельминтозами; энтеробиозом – 92,8 %. На иные паразитозы приходится: токсокароз – 1,2 %; дифиллоботриоз – 0,24 %; эхинококкоз – 0,06 %. Наиболее высокая заболеваемость прослеживается у детского населения до 14 лет – 95,1 % из всех заболевших. В 2022 году абсолютные показатели заболеваемости значительно снижаются: из всех зарегистрированных случаев аскаридоза составляет 6,4 %; энтеробиоза – 92,5 %. Наименьшие доли приходятся на следующие гельминтозы: токсокароз – 0,35 %; дифиллоботриоз – 0,17 %; дифиллоботриоз – 0,17 %; эхинококкоз – 0,35 %. Доля заболеваемости детского населения до 14 лет составила 96,6 %. Пораженность населения гельминтозами снизилась на 34,5 %, в частности, аскаридозами на 39,1 %, энтеробиозами – 34,4 %. Анализ интенсивных показателей заболеваемости аскаридозом и энтеробиозом выявил, что самый высокий процент заболеваемости аскаридозом в 2018 и 2022 гг. приходится на долю детского населения до 14 лет – 68,7 %; 24,5 % соответственно.

С помощью трехфакторного дисперсионного анализа была исследована изменчивость заболеваемости населения разного возраста аскаридозом и энтеробиозом за период 2018–2022 гг. в различных районах Республики Марий Эл.

Статистическая значимость прослеживалась по аскаридозу по двум факторам: район и возраст заболевших ($p < 0,001$); по энтеробиозу выявлена значимость всех трех факторов – район, год, возраст заболевших ($p < 0,001$).

В результате анализа эпидемиологической ситуации по заболеваемости гельминтозами в Республике Марий Эл мы пришли к следующему заключению:

1. Паразитологическая обсемененность биологически значимых объектов внешней среды обуславливает риск заражения населения гельминтозами.
2. Важную роль в эпидемиологическом процессе играют природно-климатические и социальные факторы.
3. Существенное диагностическое значение имеет необходимость учитывать сроки развития и выживаемости яиц геогельминтов в почве под действием различных факторов поскольку позволяют установить начало, окончание и продолжительность эпидемиологического сезона.
4. Показатели заболеваемости аскаридозом и энтеробиозом в Республике значительно варьируют.
5. Из числа биогельминтозов за исследуемый период регистрируются единичные случаи дифиллоботриоза, дифиллоботриоза, эхинококкоза.
6. В группу риска по заболеваемости гельминтозами входит детское население региона.
7. Высокий процент зараженности геогельминтозами приходится на долю детского населения республики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Квартальный научно-практический журнал Медицинская паразитология и паразитарные болезни-4. М. : С-Инфо, 2021. 64 с.
2. Горячева Р. Г. Анализ динамики и структуры паразитарных заболеваний в Республике Марий Эл за 2018–2021 гг. // Современные проблемы естественных наук и фармации : сборник статей Всероссийской научной конференции (Йошкар-Ола, 16–19 мая 2023 г.). Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2023. Вып. 12. С. 25–27.

3. Латыпов Д. Г. Гельминтозы животных, опасные для человека: учебное пособие для вузов. СПб. : Лань, 2022. 440 с.
4. Булатова С. И., Коница М. В., Зубарева Л. Э. О ситуации по паразитозам на территории республики Марий Эл // Актуальные аспекты паразитарных заболеваний в современный период : тезисы докладов всероссийской конференции (г. Тюмень, 25–26 сентября 2013 г.). Тюмень, 2013. С. 27–28.
5. Пособие по санитарной паразитологии / Е. П. Хроменкова, Л. Л. Демидова, А. В. Упырев. Дониэдат, 2015. 71 с.
6. Хроменкова Е. П., Димидова Л. Л., Твердохлебова Т. И., Упырев А. В., Хуторянина И. В. Структура эпидемиологической значимости объектов окружающей среды в санитарной паразитологии // Здоровье населения и среда обитания. 2015. Т. 7. № 268. С. 46–47.
7. Горячева Р. Г., Турмухаметова Н. В. Анализ инвазированности почвы, осадков и стоков очистных сооружений яйцами геогельминтов в Республике Марий Эл в 2018–2022 гг. // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XXI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Киров, 15 ноября 2023 г.). Киров : Вятский государственный университет. 2023. С. 394–397.
8. Управление Роспотребнадзора по Республике Марий Эл. URL: http://12.rospotrebnadzor.ru/epidemiologic_situation (дата обращения 26.04.2024).
9. Зайцев В. М., Лифляндский В. Г. Маринкин В. И. Прикладная медицинская статистика. СПб. : Издательства ФОЛИАНТ, 2003. 432 с.

Антибиотикорезистентность: современные подходы и пути преодоления (обзор)

Домнина Н. А., аспирант 4 курса

Науч. рук. – Барышева Е. С., доктор мед. наук, доц.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург
Krasa-9616@mail.ru

Антибиотикорезистентность представляет собой одну из актуальных проблем современной фармакологии. Устойчивость бактерий к антибиотикам приводит к снижению эффективности методов лечения бактериальных заболеваний, увеличению заболеваемости и смертности и, в ряде случаев, к продолжительному бактерионосительству.

Антибиотики и антибиотикорезистентность возникли у микроорганизмов природных экосистем как естественные механизмы борьбы за существование. Так, в ходе метагеномных исследований бактериальных штаммов, выделенных из вечной мерзлоты, не подвергавшихся антропогенному воздействию, были обнаружены плазмиды и транспозоны, определяющие их устойчивость к некоторым антибиотикам [1]. Высокая адаптивность бактерий и горизонтальный перенос генов способствовали как совершенствованию и поддержанию этих механизмов в популяциях, так и их распространению среди микроорганизмов, принадлежащих к различным таксонам.

Внедрение антибиотиков и других эффективных антибактериальных средств в клиническую и ветеринарную практику, с одной стороны, позволило излечивать или как минимум снижать тяжесть многих инфекционных заболеваний, а с другой – создало условия для селекции устойчивых штаммов патогенных микроорганизмов. Первые статьи об устойчивости микроорганизмов к этим антибиотическим препаратам датируются 1945 годом. С тех пор во всем мире ведутся интенсивные исследования, направленные на изучение механизмов устойчивости к противомикробным препаратам и поиск средств противодействия этому явлению.

Различают природную и приобретенную устойчивость микроорганизмов к антибиотикам. Природная (естественная или первичная) устойчивость связана с тем, что микроорганизм не имеет структур, на которые действует антибиотик, ибо исходно вырабатывает ферменты, инактивирующие его (например, устойчивость микоплазм и псевдомонад к β -лактамам антибиотикам или бактерий к антигрибковым препаратам) [2].

Приобретенная антибиотикорезистентность возникает в результате модификации генома путем мутаций, а также – получения микробной клеткой таких мобильных генетических элементов как плазмиды и интегроны от других бактерий (горизонтального переноса генов).

Устойчивость бактерий к антибиотикам возникает, когда из множества бактерий хотя бы несколько оказываются устойчивыми к применяемому антибиотику. Антибиотики уничтожают чувствительных к ним патогенных бактерий и нарушают состав полезной микрофлоры, защищающей организм от инфекций. В результате происходит нарушение состава нормофлоры, что в итоге обуславливает дисбактериоз. Выжившие патогенные бактерии получают преимущество при отборе, что способствует росту их популяции. Они начинают усиленно размножаться и становятся причиной нового заболевания. Часть из них передает гены, обеспечивающие антибиотикорезистентность, другим бактериям, на которые данный антибиотик не подействует при повторном применении [3–4].

Механизмы устойчивости бактерий к антимикробным средствам достаточно разнообразны, однако могут быть сведены в несколько категорий. К ним относятся отсутствие мишени антибиотика у бактерий данного вида/таксона (врожденная устойчивость), непроницаемость клеточной стенки для антибиотика, метаболическая трансформация или деградация антибиотика ферментом, экспрессируемым бактерией, наличие систем выведения (эффлюкса), не дающих антибиотику достичь внутриклеточных мишеней, модификация исходно имевшейся у данного организма мишени антибиотика или использование альтернативного метаболического пути, позволяющего обойти его действие. В настоящее время все эти механизмы достаточно хорошо изучены, и прилагаются большие усилия для их преодоления. Задача облегчается тем, что ни один из этих механизмов не является универсальным и не обеспечивает защиты от любых антибактериальных средств. Так, устойчивость к пенициллинам и цефалоспориновым антибиотикам может быть опосредована экспрессией β -лактамазы или модификацией пенициллин-связывающих белков, устойчивость к фторхинолонам – модификацией ДНК-гиразы и топоизомераз или наличием систем выведения, к макролидам и линкозамидам – метилированием рРНК или выведением антибактериального вещества из клетки и т. п. [5–7].

Ферментативная инактивация антибиотика относится к одному из наиболее известных механизмов устойчивости, обусловленному, как правило, присутствием ферментов, расщепляющих или модифицирующих молекулы антибактериального средства. Гены, кодирующие эти ферменты, обычно располагаются на плазмидах (иногда называемых R-плазмидами). Широко известным примером этого механизма являются бета-лактамазы, обуславливающие устойчивость к бета-лактамам антибиотикам – пенициллинам, цефалоспорином и карбапенемам [8]. В настоящее время известны несколько классов β -лактамаз, характеризующихся различной активностью и специфичностью. Их присутствие у резистентных организмов ограничивает клиническое применение бета-лактамов антибиотиков. Другим примером этого механизма является устойчивость к аминогликозидам, обусловленная наличием ацетилтрансфераз (AAC), аденилтрансфераз (AAD) и фосфотрансфераз (FTF), специфичных по отношению к этим антибиотикам [9]. Известны аналогичные механизмы устойчивости и к антибиотикам других классов.

Механизм резистентности, обусловленный мутациями генов, кодирующих мишень антибактериального средства, или переносом модифицированных генов из другого организма связан с модификацией мишени, на которую действует антибиотик. Данный механизм широко распространен среди бактерий и опосредует устойчивость к различным классам антибиотиков. Так, устойчивость к пенициллинам может быть обусловлена не только наличием β -лактамаз, но и модификацией пенициллин-связывающих белков (у кокков и *Pseudomonas aeruginosa*). Непроницаемость или изменение проницаемости клеточной стенки для антибактериальных веществ запускает механизм, лежащий в основе устойчивости ряда бактерий, в том числе грамотрицательных и микобактерий, к широкому спектру антибиотиков [10–11].

Еще один механизм, часто опосредующий антибиотикорезистентность, связан с системами выведения антибиотиков из клетки. Если предыдущий механизм обусловлен исключительно барьерными свойствами клеточной стенки, то в данном случае клеточная стенка пропускает антибиотик в клетку, однако системы эффлюкса выводят его за пределы клетки, не позволяя достичь мишеней. Такие системы широко распространены у микроорганизмов и могут играть существенную роль в устойчивости к антимикробным агентам различных классов. Известны системы выведения, активные по отношению к тетрациклинам, хинолонам, макролидам, аминогликозидам и другим антимикробным средствам.

Проблему антибиотикорезистентности пытались и пытаются решить путем поиска и синтеза новых антимикробных препаратов, однако микроорганизмы адаптируются к ним быстрее, чем происходит разработка и внедрение новых антимикробных средств. В настоящее время известно около 6000 антибиотиков. Путь от открытия и испытания до внедрения нового антибиотика занимает от 5 до 10 лет и обходится в несколько миллионов долларов. В то же время микроорганизмам в лабораторных условиях достаточно несколько недель для адаптации к новому антимикробному препарату. В реальных условиях полная адаптация к новым антибиотикам наблюдается в течение 5 лет, частичная – в течение года и ранее. В этой связи человечество проигрывает «гонку вооружений» в борьбе с микроорганизмами [12].

На сегодняшний день существуют два плана действий по борьбе с антибиотикорезистентностью, которые направлены на повышение осведомленности общества, специалистов здравоохранения и сельского хозяйства о проблеме антибиотикорезистентности. Первый из них был создан в 2015 г. Всемирной организацией здравоохранения, второй, рассчитанный на период с 2016 до 2020 гг., был разработан Организацией ООН по продовольствию и сельскому хозяйству (FAO). Оба плана содержат похожие мероприятия, направленные на повышение уровня осведомленности людей об антибиотикорезистентности, подавление вспышек инфекций, развитие здравоохранения путем инвестирования в диагностику, разработку вакцин, создание новых медикаментов и повышенный контроль за уровнем резистентности.

Всемирная организация здравоохранения разработала «Руководящие принципы ВОЗ по применению важных в медицинском отношении противомикробных препаратов в продовольственном животноводстве» [13], в которых рекомендуется сократить масштабы применения всех противомикробных препаратов в продовольственном животноводстве, в том числе для стимуляции роста и профилактики инфекционных заболеваний, а также не использовать в ветеринарных целях противомикробные препараты, отнесенные к классу критически важных для медицины человека. С 13 по 19 ноября 2017 г. ВОЗ провела неделю антибиотикорезистентности. В рамках этого мероприятия жители разных стран, медицинские работники, фермеры, ветеринары и производители продуктов питания получили информацию, позволяющую избежать проблем с антибиотикорезистентностью [14–15].

В России и странах ЕврАзЭС нет строгого запрета на применение антибиотиков в животноводстве. Вместе с тем, техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» предусматривается, что сырое мясо должно быть получено от продуктивных животных, не подвергавшихся воздействию антибиотиков и других лекарственных средств перед убоем, до того, как эти препараты будут выведены из организма естественным путем.

Согласно Стратегии Председателя Правительства Российской Федерации от 05.09.2016 г. основными направлениями решения задач являются информирование населения по вопросам применения антимикробных лекарственных препаратов и мерах по сдерживанию распространения устойчивости к ним микроорганизмов; повышение уровня профессиональной подготовки специалистов; развитие нормативного правового регулирования и законодательной базы по биологической безопасности; предотвращение формирования и распространения резистентных внутрибольничных штаммов микроорганизмов; разработка оригинальных антимикробных лекарственных препаратов, изменение тактики их применения и создание альтернативных методов, технологий и средств профилактики, диагностики и лечения инфекционных болезней и т. д. [13–15].

Одним из путей преодоления антибиотикорезистентности считается изобретение комбинированных препаратов, которые называют защищенными. Их применение обосновано по отношению к бактериям, продуцирующим ферменты, разлагающие обычные антибиотики. Защита популярных антибиотиков осуществляется за счет включения в состав нового препарата специальных средств (например, ингибиторов ферментов), которые блокируют их выработку бактериями или предотвращают выведение препарата из клетки посредством мембранного насоса.

В настоящее время также осуществляется поиск растительных лекарственных средств (фитобиотиков), которые могли бы заменить синтетические антибиотики. Известно, что многие лекарственные растения содержат химические вещества (флавоноиды, терпеноиды, эфирные масла, спирты, смолы, дубильные вещества, фенольные соединения, фитонциды, аллицин, рафанин, хамазулен и др.), обладающие противомикробной активностью. Целый ряд из них проявляет не только избирательную противомикробную активность, но и в комплексе формирует бактерицидное действие.

Важнейшим направлением борьбы с инфекционными заболеваниями является усиление иммунологической защиты сельскохозяйственных животных. Работы в этой области ведутся в двух направлениях: улучшение старых и создание новых эффективных вакцин, а также регуляция иммунологической реактивности с помощью иммуномодуляторов.

Представленный обзор отражает лишь небольшую часть глобальной проблемы. Многие вопросы пока остаются без ответа. Необходимо проводить дополнительные исследования в этой области, чтобы лучше понять механизмы действия лекарственных средств и правильно определить перспективные подходы к преодолению антибиотикорезистентности. В конечном счете, стратегические решения по ограничению применения антибиотиков будут зависеть от тщательного взвешивания последствий их использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hammerum A. M., Heuer O. E., Emborg H. D., Bagger-Skjot L., Jensen V. F., Rogues A. M., et al. Danish Integrated Antimicrobial Resistance Monitoring and Research Progra // *Emerg. Infect. Dis.* 2007. Vol. 13. № 11. Pp. 1632–1639.
2. Landers T. F., Cohen B., Wittum T. E., Larson E. L. Antibiotic use plays a major role in the emerging public health crisis of antibiotic resistance // *Public Health Rep.* 2012. Vol. 127. № 1. Pp. 4–22.
3. Percheson P. B., Bryan L. E. Penicillin-Binding Components of Penicillin-Susceptible and-Resistant Strains of *Streptococcus pneumoniae* // *Antimicrob. Agents Chemother.* 1980. Vol. 18. № 3. Pp. 390–396.
4. Намазова-Баранова Л. С., Баранов А. А. Антибиотикорезистентность в современном мире // *Педиатрическая фармакология.* 2017. Т. 14. № 5. С. 341–354.
5. Poole K. Multidrug efflux pumps and antimicrobial resistance in *Pseudomonas aeruginosa* and related organisms // *Biotechnol.* 2011. Vol. 3. № 2. Pp. 255–264.
6. Ларцева Л. В., Истелюева А. А., Менькова А. В. Мониторинг антибиотикорезистентности энтеробактерий, изолированных во внутренних водотоках города Астрахани // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2011. Т. 13. № 1 (6). С. 1350–1353.

7. Аль-Хаммаш Н. М., Игнатенко А. В. Анализ антибиотикорезистентности микроорганизмов *E. Coli* // Труды БГТУ. 2012. № 4. С. 173–175.
8. Сидоренко С. В. Резистентность к антимикробным препаратам основных бактериальных возбудителей нозокомиальных инфекций: взгляд в будущее // Инфекции и антимикробная терапия. 2002. Т. 4. № 2. С. 38–41.
9. Ларцева Л. В., Обухова О. В., Бармин А. Н. Экологическая и биологическая опасность резистентности условно-патогенной микрофлоры к антибиотикам // Российский журн. прикладной экологии. 2015. № 4. С. 47–52.
10. 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.
11. Страчунский Л. С. Современная антимикробная химиотерапия // Клиническая фармакология и терапия. 2000. Т. 9. № 2. С. 6–9.
12. Муравьева Д. А., Самылина И. А., Яковлев Г. П. Фармакогнозия // Медицина. 2002. № 4. С. 656–678.
13. Всемирная Организация Здравоохранения. Глобальная стратегия ВОЗ по сдерживанию устойчивости к противомикробным препаратам. Женева : Всемирная Организация Здравоохранения, 2001. 168 с.
14. Регламент (ЕС) № 1831/2003 Европейского парламента и Совета от 22 сентября 2003 г. о добавках, применяемых в питании животных // Официальный Журн. Европейского Союза, 2003. 30 с.
15. Зеленая К. В., Смирнова С. Н., Лященко О. И., Жукова А. А. Антибиотикорезистентность как глобальная проблема общества XXI века // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. Т. 42. С. 38–41.

Подбор признаков для параметрической системы двукрылых насекомых

Зелеев Р. М.

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Казанский федеральный университет, г. Казань
zeleewy@rambler.ru

Двукрылые – один из наиболее многочисленных, биологически успешных и хозяйственно важных отрядов насекомых. Между тем, современное состояние системы отряда еще далеко от идеала: до сих пор нет единства в оценках числа, состава и родственных связей отдельных семейств, триб и таксонов других рангов системы отряда [1–3], что создает известные проблемы для практики.

Ранее нами [4–6] была показана перспективность альтернативного традиционной систематике – параметрического способа оценки и описания биоразнообразия. Он имеет достаточно давнюю историю [7–9 и мн. др.] и предусматривает построение естественной системы таксона, где свойства элемента определяются его положением в системе [10]. Указанный способ предполагает выявление максимально полных диагнозов подчиненных групп в классифицируемых таксонах с подбором признаков, имеющих в них наиболее широкий диапазон значений. Эти признаки используются в качестве осей таксономического пространства, ориентируемых в соответствии с их филогенетической полярностью: от плезиоморфных – к наиболее апоморфным состояниям. Такая процедура позволяет визуализировать положение отдельных подчиненных групп в рамках классифицируемых таксонов.

Удобным для восприятия представляется использование хотя бы трех, наиболее важных для решения указанной задачи признаков. Они не приводят к созданию альтернативных «древес», столь характерных для иерархического варианта систематики, позволяя делать определенные прогнозы в дальнейших путях эволюции изучаемого таксона (в рамках данного признакового пространства). В случаях, когда в одну ячейку таксономического пространства попадают два или несколько неродственных таксонов, она может быть «распакована» в новом признаковом пространстве, после чего эти таксоны-«биоизотопы» приобретают отдельные ареалы. Такая же процедура «распаковки» используется для классификации подчиненных таксонов, и обратно – для включения изучаемой группы в рамки вмещающего таксона более высокого ранга. Эти особенности и возможности позволяют говорить о параметрической систематике, как об инструменте, позволяющем открывать естественные системы организмов [4].

Использованные (в силу специфики исходных интересов автора) нами ранее в параметрическом ключе группы организмов традиционно относят к категории таксонов *incertae sedis*, что во многом оправдывало поиск альтернативных вариантов их классификации. Отряд двукрылых насекомых, разумеется, к этой категории отнести нельзя, но привлекательна возможность найти в этом подходе решение проблем, указанных в начале работы. Огромное разнообразие подчиненных таксонов отряда двукрылых, а также признаков, используемых для их дифференциации, с учетом очень выборочного их перечня (исключительно альтернативных: либо-либо), используемого в определительных ключах, делает задачу построения параметрической системы отряда в целом – крайне трудной. Практичнее выглядят попытки выявления комбинативных сочетаний актуальных

признаков для отдельных групп двукрылых (как имаго, так и преимагинальных стадий), что может быть использовано в их параметрических системах. Полученные частные системы в дальнейшем могут быть объединены в пространстве универсальных для них признаков.

В качестве примеров анализа частных систем можно упомянуть работы [11; 12], а в качестве «затравки» для формирования системы всего отряда – использовать особенности ротовых аппаратов [13], строения и преобразований в онтогенезе трахейной системы, и некоторые другие признаки [14].

В работе [11] для построения параметрической системы семейства зеленушек (*Dolichopodidae*) предложено число рядов акростихальных, и пар дорсоцентральных щетинок, что позволило авторам максимально заполнить таксономическое пространство семейства уже в двумерном исполнении. Учитывая тот факт, что гомологичные указанным, щетинки имеются у всех семейств высших мух, появляется возможность применения этого ключа для анализа других семейств, по крайней мере, среди круглошовных двукрылых с последующим выявлением степени сходства их между собой.

Работа [12] по журчалкам (*Syrphidae*) не предусматривала построение параметрической системы этого семейства, но сам характер материала (27 видов из 21 рода, 8 триб и 2 подсемейств) с подсчитанным числом псевдотрахей в лабеллулах их оральных дисков (приведены значения числа псевдотрахей переднего и заднего собирательных каналов и центральных псевдотрахей для каждого из указанных видов) предполагает такую возможность. Используя приведенную авторами таблицу и перегруппировав виды журчалок в соответствие не с их трофикой (нектарофаги, поллинофаги и смешанная группа) как у авторов статьи, а в соответствии с их систематикой мы получили достаточно компактные ареалы в трехмерном пространстве используемых признаков (число псевдотрахей переднего и заднего собирательных каналов и центральных псевдотрахей) – для отдельных подсемейств, триб и родов. При этом визуализировались разные по геометрии ареалы отдельных триб, например, достаточно компактные для *Pipizini*, или «рыхлые» у трибы *Volucellini*. Указанные особенности, по-видимому, имеют важное диагностическое значение, но для суждений об этом необходима компетентность специалистов по систематике, филогении и биологии этого семейства.

Те же признаки, что и в предыдущей работе, использованы в [13], и в ряде других публикаций Н. А. Куликовой, но уже в рамках всего калиптратного комплекса круглошовных двукрылых. Автор разработал оригинальную схему преобразований структурных элементов хоботка этого комплекса двукрылых, отражающую специфику их трофики и коррелирующую с характером питания личиночных стадий и отдельными чертами их биологии размножения. В ней выделено 7 морфофункциональных типов хоботков (с 18 вариантами и 25 разновидностями) и возможные переходы между ними, основанные на трансформациях лабеллярных структур, престомальных зубов и межзубного вооружения. Предложенная система ориентирована лишь на индикационные цели, и согласно мнению автора, она будет иметь весьма ограниченное применение в систематике в силу многочисленных случаев гомоплазии. Эта система представляет собой классический рефрен по С. В. Мейену [14]: указаны возможные состояния мерона «хоботок круглошовных двукрылых», а конкретные формы и переходы в структурах хоботков осваиваются разными группами мух в его пределах – независимо. На этом рефрене могут быть обозначены «ареалы» для отдельных таксонов различного ранга. При учете деталей хода формирования хоботка калиптратных мух в филогенезе из стандартного набора частей ротового аппарата, можно включить в эту систему другие группы двукрылых – прямошовных, длинноусых (комаров), даже выйти за пределы отряда, встроив ее в систему *Antliophora*, *Mecopteroidea*, или *Pterygota* в целом. Уместно вспомнить работу [15], где представлена периодическая (параметрическая) система членистых животных, и использован принцип преобразований ротовых аппаратов на основе разных вариантов специализации конечностей различных сегментов тела.

Одним из возможных путей формирования параметрической системы двукрылых представляется создание схемы взаимосвязей личиночного и имагинального питания у разных таксонов этого отряда. В этой схеме могут быть отражены, с одной стороны, спектры способов и объектов питания в их вероятных исторических связях как для личинок, так и для имаго, с другой стороны – закономерности их взаимной корреляции в рамках целостных онтогенезов. В качестве основной оси трофических преобразований для личинок может быть взята [2] следующая последовательность: «широкая» сапрофагия (с элементами мицето-, альго- и некрофагии), как исходный тип питания, переходящая с одной стороны – через, возможно, ксилофагию – в фитофагию (у наиболее специализированных в этом направлении групп), а с другой – через копрофагию – к хищничеству и паразитизму, вплоть до гематофагии. Для имаго такая последовательность выглядит так: нектаро- и фитосапрофагия, как исходный тип питания, дающий с одной стороны специализацию в питании твердой пищей (поллинофагия), с другой – от копро- и некрофагии – к хищничеству и гематофагии. В полученном пространстве также можно обозначить ареалы отдельных групп двукрылых, а для калиптратного комплекса взаимные переходы способов питания у имаго подкрепляются упомянутой выше системой преобразований хоботков [13].

Безусловно, представленная схема огрубляет многие частности, свойственные отдельным видам, родам, или семействам двукрылых, но в ней могут быть отражены некоторые общие закономерности, например, тяготение примитивных и наименее специализированных представителей всех трех подотрядов к «растительности», а продвинутых – к существенному возрастанию доли «плотоядности» в питании личинок, либо имаго, а часто обеих фаз [2]. Именно здесь возникают не упомянутые в спектрах питания два полярных состояния: афагия у имаго оводов (при паразитировании личинок), а также куклородность (отсутствие самостоятельного питания личинок) у облигатных гематофагов надсемейства Hippoboscoidea. Если варианты связей способов питания личинок и имаго для отряда в целом включают почти все возможное их разнообразие, то для отдельных семейств спектр комбинаций становится более ограниченным. Таким образом, в этой схеме могут быть обозначены ареалы отдельных таксонов отряда, а также степень их специализации (поли-, олиго- или стенофагия). Существенным дополнением должно быть уточнение спектров питания для малоизученных видов, поскольку нахождение личинки или имаго на определенном субстрате не обязательно предполагает использование его в качестве объекта питания (хищные личинки в навозе, почве или древесине, или хищные имаго на навозе или цветах). Эта схема в дальнейшем может быть также дополнена данными о способах потребления пищи (например, личинками-фитофагами может осуществляться минирование, галлообразование или поверхностное объедание субстрата), и о соответствующих им типах ротовых аппаратов.

Наконец, еще один признак, который может быть положен в основу параметрической системы отряда двукрылых – структура трахейной системы [14]. Автор приводит рефрен трахейной системы личинок двукрылых в виде почти линейной последовательности, отражающей процесс олигомеризации числа пар дыхалец. Наиболее плезиоморфный – голопнейстический тип с 10-ю парами дыхалец (на передне- и заднегруди и первых 8 брюшных сегментах). У производного, перипнейстического типа исчезает пара дыхалец заднегруди. С утратой последней пары брюшных дыхалец он дает гемипнейстический тип, а удаление остальных брюшных дыхалец – пропнейстический тип. Он также может быть получен из перипнейстического типа удалением всех брюшных дыхалец. Есть еще амфипнейстический тип с двумя парами дыхалец: на переднегруди и последнем сегменте тела, получаемый из голо- и перипнейстического типов удалением брюшных дыхалец, кроме последней пары, переходящей на последний сегмент брюшка. Только амфипнейстический тип можно преобразовать в метапнейстический с одной парой дыхалец на конце тела (характерен для большинства личинок водной или полужидкой сред). Конечный этап редукции – апнейстический тип, лишенный дыхалец, получаемый из про- или метапнейстического типов. Автор указывает на корреляцию числа и положения дыхалец с систематическим положением групп отряда. Значение имеют также форма и положение дыхальца в пределах сегмента, а в рамках отряда двукрылых развитие идет от разнообразных типов трахейных систем с однотипными дыхальцами у комаров – к единому типу трахейной системы с разнообразными дыхальцами – у мух. Онтогенетические преобразования трахейной системы личинок имеют, как правило, обратное направление, например, от метапнейстического через амфи-, к перипнейстическому, или даже голопнейстическому типу, меняясь с каждой линькой, что связано с ростом потребности дыхания по мере роста размеров личинки. Из других признаков укажем закономерности онтогенеза, например, эмбрионизацию развития у круглошовных двукрылых, где вместо 4-х личиночных линек (у комаров), из яйцевых оболочек выходит сформированная личинка 3 возраста, которая далее лишь растет. Отсюда – характерная особенность личинок мух – отсутствие головной капсулы и специфический ротовой аппарат. Вершина эволюции двукрылых – куклородность, когда личинка развивается в половой системе самки и рождается готовой к окукливанию. Эта способность возникает независимо у ряда групп, что также указывает на рефранный характер этого признака.

Перечисленные признаки, наверняка не исчерпывают набор того, что может быть использовано в параметрической системе отряда двукрылых, но они должны обязательно учитываться, поскольку касаются базовых сторон биологии, онтогенеза и филогенеза этого отряда и имеют рефранный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нарчук Э. П. Современное состояние системы Diptera и каталогизация двукрылых мировой фауны // Двукрылые насекомые, их систематика, географическое распространение и экология : сб. научных трудов. Л. : ЗИН АН СССР. 1983. С. 100–110.
2. Кривошеина Н. П., Зайцев А. И. Филогенез и эволюционная экология двукрылых насекомых. // Итоги науки техники, ВИНТИ, Сер. Энтомология. 1989. 162 с.
3. Нарчук Э. П. Определитель семейств двукрылых насекомых фауны России и сопредельных стран (с кратким обзором семейств мировой фауны). // Труды ЗИН. 2003. Т. 294. 251 с.
4. Зелеев Р. М. Алгоритм создания параметрической системы биологического таксона // XXVIII Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции и экологии. Ульяновск. 2014. С. 31–39.
5. Зелеев Р. М., Сафин А. Р. Пути и этапы совершенствования параметрической системы отряда веерокрылых насекомых (Insecta: Strepsiptera) // Учёные записки Казанского университета. Сер. Ест. науки. 2014. Т. 156. С. 17–51.

6. Зелеев Р. М. Создание параметрических систем таксонов Ascothoracida и Myzostomida: существующие проблемы и пути их решения // Ученые записки Казанского университета. Сер. Ест. науки. 2017. Т. 159 (3). С. 395–408.
7. Белоусов Л. В. Параметрическая система гидроидов и возможные способы генетической регуляции их видовых различий // Журнал общей биологии. 1975. Т. 36. № 5. С. 654–663.
8. Еленкин А. А. О принципах классификации лишайников // Журнал русского ботанического общества. М. Л., 1926. Т. 11. № 3–4. С. 245–272.
9. Попов И. Ю. Периодические системы и периодический закон в биологии. СПб.: Наука, 1997. 223 с.
10. Любищев А. А. Систематика и эволюция // Проблемы формы систематики и эволюции организмов: сб. статей. М.: Наука, 1982. С. 67–82.
11. Чурсина М. А., Негроров О. П., Селиванова О. В. Параметрический анализ семейства Dolichopodidae (Diptera) // Амурский зоологический журнал. 2015. Т. VII (1). С. 28–32.
12. Стаковецкая О. К., Куликова Н. А., Холодков И. В. Особенности строения ротовых органов имаго мух семейства Syrphidae (Diptera, Insecta) в связи с их экологией // Современные проблемы биологии и экологии: матер. докл. междунар. научно-практ. конф. Махачкала, 2011. С. 199–201.
13. Куликова Н. А. Сравнительная морфология ротового аппарата имаго мух семейств калиптратного комплекса (Diptera, Calyptrata). Эколого-эволюционные аспекты: автореф. дисс. ... д-р биол. наук. СПб, 2004. 45 с.
14. Кривошеина Н. П. Онтогенез и эволюция двукрылых насекомых. М.: Наука, 1969. 291 с.
15. Мейен С. В. Основные аспекты типологии организмов // Журнал общей биологии. 1978. Т. 39. № 4. С. 495–508.
16. Павлов В. Я. Периодическая система членистых. М.: ВНИРО, 2000. 186 с.
17. Балбуцакая А. А., Скворцов В. Н., Хохлова Н. С., Белимова С. С. Антибиотикочувствительность стафилококков, изолированных от кроликов // Международный вестник ветеринарии. 2018. № 3. С. 68–72.
18. Тарабукина Н. П., Неустроев М. П., Дулова С. В., Степанова А. М., Скрыбина М. П. Новое санитарно-гигиеническое средство на основе штаммов *Bacillus subtilis* // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 52–55.
19. 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.
20. Анганова Е. В., Аблов А. М., Батомункуев А. С., Плиски А. А. Проблема антибиотикорезистентности возбудителей инфекционных болезней животных и птиц // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2 (26). С. 55–58.
21. Ильякова А. В., Шестопалов Н. В., Федорова Л. С., Белова А. С. Возможность использования спорообразующих бактерий рода *Bacillus* в производстве дезинфектантов // Гигиена и санитария. 2020. № 5. С. 436–442.
22. Андреева А. В., Николаева О. Н. Новые экологически безопасные препараты в ветеринарной практике // Российский электронный научный журнал. 2016. № 3 (21). С. 266–283.
23. 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. Vol. 98. Pp. 3602–3610.
24. Орлова Т. Н., Иркитова А. Н., Гребенщикова А. В. Антагонистическая активность *Bacillus subtilis* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 5. С. 141–145.
25. 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.

Влияние инъекций аллогенных митохондрий на некоторые цитохимические показатели лейкоцитов мышей при экспериментальной мышечной дистрофии Дюшенна

Зими́на Д. А., студ. 1 курса

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

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

Мышечная дистрофия Дюшенна (МДД) – это генетическое заболевание, которое проявляется нарастающей мышечной слабостью, атрофией мышц, и поражает, главным образом, скелетные мышцы, а также миокард [1]. Болезнь Дюшенна можно отнести к одной из сложных и актуальных проблем современной медицины, поскольку радикального лечения не существует. В последние годы были разработаны специальные методы лечения, позволяющие отсрочить начало или замедлить прогрессирование заболевания [2]. За последние несколько лет все большее число исследований направлено на применение изолированных митохондрий в качестве терапевтического средства для лечения заболеваний [3]. Трансплантация митохондрий заключается в имплантации этих изолированных органелл непосредственно в поврежденную область сердца или другого органа [4].

Настоящая работа посвящена исследованию влияния инъекций митохондрий здоровых мышей на некоторые цитохимические параметры лейкоцитов (содержание гликогена и активность лизосомально-катионных белков (ЛКБ)) мышцей на фоне миодистрофии Дюшенна. В процессе исследования изучали кровь (лейкоциты) самцов мышей линии C57BL/10 (дикий тип, WT) и мышей линии C57BL/10ScSn-mdx с дефицитом дистрофина. Мыши были разделены на три группы. Группа 1 (контроль): это мыши, которым вводили буферный раствор. Группа 2 (mdx): мыши с дефицитом дистрофина. Группа 3 (mdx+ mit): больные мыши, которым вводили митохондрии в буферном растворе.

Для введения митохондрий применяли дозу их суспензии 1 мг/кг массы тела на мышь производя инъекции в мышцы задней поверхности бедра. Получение митохондрий производили методом дифференциального центрифугирования из мышц мышей дикого типа. Контрольным животным вводили буферный раствор (120 мМ KCl, 5 мМ NaH₂PO₄, 2,5 мМ глутамат, 2,5 мМ малат, 5 мМ сукцинат, 10 мМ HEPES-KOH) в объеме 50 мкл на мышь внутримышечно в течение 4 недель. Через 4 недели животных декапитировали и забирали образцы крови для цитохимических исследований.

Мазки крови готовили по стандартным методикам. Для цитохимического выявления гликогена проводили ШИК-реакцию [5]. По наличию в цитоплазме нейтрофилов розового окрашивания реакцию на гликоген считали положительной. Для выявления лизосомально-катионных белков мазки крови окрашивали раствором бромфенолового синего, с докраской ядер 1 % раствором сафранина [6]. Реакция считалась положительной при появлении в цитоплазме нейтрофилов синих гранул. В дальнейшем при использовании иммерсионной системы микроскопа для каждой цитохимической реакции учитывали процент положительно прореагировавших клеток, а также степень интенсивности реакции по количеству окрашенного вещества в цитоплазме клетки, и далее вычисляли средний цитохимический коэффициент (СЦК) [5] в условных единицах (у.е.). Статистическую обработку данных проводили с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса [7].

В ходе эксперимента были получены следующие результаты: доля нейтрофилов, содержащих гликоген у контрольной группы животных составила $95,25 \pm 2,06\%$; у особей с дефицитом дистрофина (mdx) – $94,5 \pm 2,78\%$, а в группе животных с дефицитом дистрофина и леченных митохондриями (mdx+mit) – $97,25 \pm 1,31\%$. Статистически значимые различия не были выявлены ($p=0,2770$) (рис. 1). Можем лишь наблюдать тенденцию увеличения долей нейтрофилов, содержащих гликоген у группы животных mdx+mit относительно больных мышей и тенденцию сокращения доли клеток с гликогеном у дистрофин-дефицитных мышей относительно контроля.

Величина среднего цитохимического коэффициента по гликогену в нейтрофилах у контрольной группы мышей была равна $1,98 \pm 0,06$ у.е.; у особей с дефицитом дистрофина – $1,9 \pm 0,1$ у.е.; а в нейтрофилах животных с дефицитом дистрофина и леченных митохондриями – $1,92 \pm 0,26$ у.е. Статистически значимых различий между средними цитохимическими коэффициентами данных групп также не обнаружено ($p=0,6082$) (рис. 2).

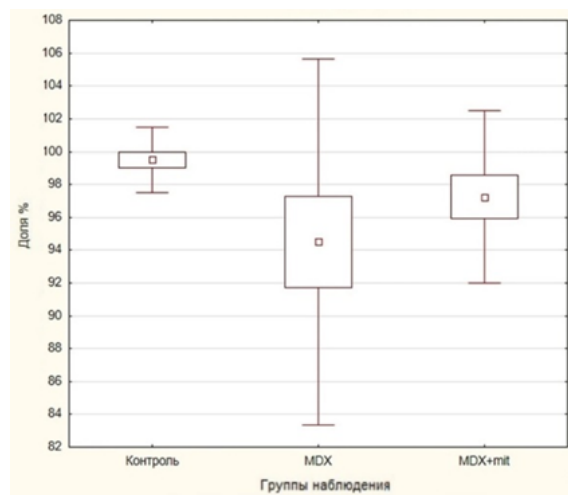


Рис. 1 Доли нейтрофилов, содержащих гликоген (%), в крови мышей разных групп

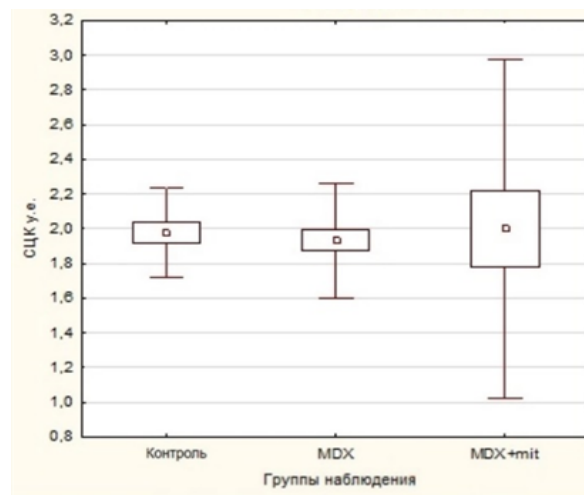


Рис. 2. Величина среднего цитохимического коэффициента по гликогену (у. е.) для нейтрофилов мышей разных групп

Примечание: здесь и далее: Контроль – 1-я группа, mdx – 2-я группа, mdx+ mit – 3-я группа

При оценке цитохимической реакции на лизосомально-катионные белки получены следующие результаты: у контрольных мышей процент нейтрофилов, содержащих ЛКБ, составил $41 \pm 7,4\%$; у особей с дефицитом дистрофина (mdx) – $14,25 \pm 5,28\%$, а в группе дистрофин-дефицитных животных и леченных митохондриями здоровых мышей (mdx+ mit) – $36,75 \pm 2,49\%$. Статистическая обработка данных показала значимые различия между сравниваемыми группами ($p=0,0046$) (рис. 3).

При межгрупповых сравнениях были установлены различия по величине этого параметра между группой больных мышей и группой больных животных, получавших инъекции митохондрий ($p=0,021302$), а также между группами контроль и дистрофин-дефицитные мыши ($p=0,020288$). Таким образом, наименьший процент

клеток, содержащих ЛКБ, оказался в крови больных дистрофин-дефицитных мышей. Интересно, что при инъекции митохондрий доля таких клеток у мышей с дистрофией Дюшенна возрастала до контрольных значений. При этом фоновый уровень данного показателя следует считать невысоким.

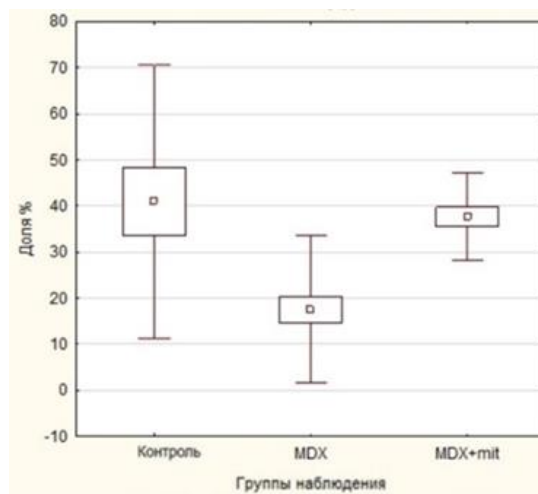


Рис. 3 Доли нейтрофилов, содержащих ЛКБ (%) в крови мышей разных групп

По среднему цитохимическому коэффициенту лизосомально-катионных белков были получены следующие результаты: в нейтрофилах у контрольной группы животных его величина составила $0,94 \pm 0,27$ у.е.; у особей с дефицитом дистрофина – $0,35 \pm 0,12$ у. е.; а в нейтрофилах мышей с дефицитом дистрофина и леченных митохондриями здоровых животных – $0,87 \pm 0,07$ у. е. Статистическая обработка данных показала значимые различия ($p=0,0066$) (рис. 4). В результате межгрупповых сравнений величины СЦК были установлены статистически значимые различия между группами мышей mdx+mit и mdx ($p=0,008442$).

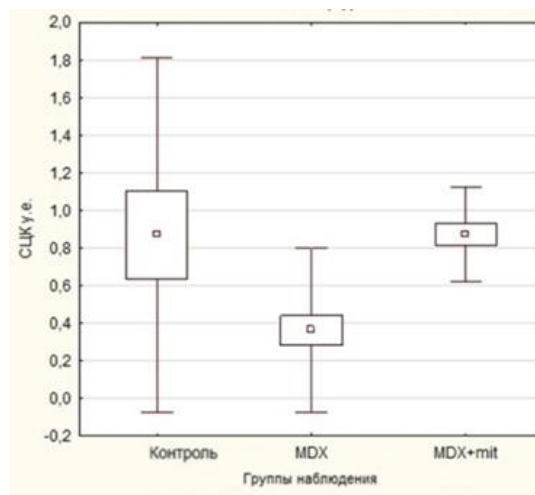


Рис. 4. Средний цитохимический коэффициент по ЛКБ (у. е.) в нейтрофилах мышей разных групп

Таким образом, у дистрофин –дефицитных мышей цитохимические параметры нейтрофилов по ЛКБ характеризуются низкими значениями, что может говорить о снижении активности кислороднезависимых антимикробных систем в этих клетках при данном заболевании. Установлено, что при миодистрофии Дюшенна в организме развиваются воспалительные процессы [8]. Известно, что ЛКБ, являются маркерами сдвигов в функциональном состоянии иммунной системы, в частности установлено, что при ряде заболеваний изменяется содержание и активность этих белков [9; 10; 11]. Кроме того, ранее показано, что снижение концентрации катионных белков происходит в нейтрофилах при острых воспалительных процессах или в разгаре различных инфекционных заболеваний, а изменение их содержания коррелируют со степенью тяжести заболевания [12; 13; 14].

Поскольку при инъекции митохондрий увеличивается доля клеток, содержащих ЛКБ, а также величина среднего цитохимического коэффициента этих белков, возможно, что данная манипуляция может способствовать усилению механизмов неспецифической защиты. Выбранные в работе цитохимические тесты можно рекомендовать как дополнительные идентификаторы инфекционных или воспалительных заболеваний, маркеры в оценке тяжести течения заболевания и контроля проводимого лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мышечная дистрофия Дюшенна-Беккера : генетическая энциклопедия. URL: <https://www.genokarta.ru/disease/Myshechnaya-distrofiya-Dyushenna-Bekkera> (дата обращения: 24.03.2024).
2. Verhaart I. E. C., Aartsma-Rus A. Therapeutic developments for Duchenne muscular dystrophy // Scientific journal of Nature Reviews Neurology. 2019. Vol. 15. Pp. 373–386.
3. Xie Q., Zeng J., Zheng Y. [et al.] Mitochondrial Transplantation Attenuates Cerebral Ischemia-Reperfusion Injury: Possible Involvement of Mitochondrial Component Separation // Medicine and Cellular Longevity. 2021. Vol. 11 (11). Pp. 21–29.
4. Черняк Б. В. Трансплантация митохондрий: критический анализ // Журнал Биохимия. 2020. № 85. С. 636–641.
5. Трубаева В. С., Дробот Г. П., Абдурашев 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 21.03.2024).
8. Бродская Л. М., Куташов В. А., Ермоленко Н. А., Островерхова А. М., Воронников Г. Д. Мышечные дистрофии // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11-5. С. 51–57.
9. Атнаева М. Ж. Функционально-метаболическая активность нейтрофильных лейкоцитов у больных гипертонической болезнью : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Нальчик, 1998. 23 с.
10. Новикова Н. С. Лизосомально-катионные белки нейтрофильных гранулоцитов крови и слизистой оболочки желудка при гастритах и язвенной болезни // Медицинская иммунология. 2000. Т. 2. № 2. С. 393–400.
11. Методы комплексной оценки функциональной активности нейтрофильных гранулоцитов в норме и патологии : Методические рекомендации для иммунологов-аллергологов, врачей и биологов клинической лабораторной диагностики / составители: И. В. Нестерова [и др.]. Краснодар : ФГБОУ ВО КГМУ, ЦНИЛ, 2017. 51 с.
12. Пигаревский В. Е., Мазинг Ю. А. Лизосомально-катионные белки // Лаб. дело. 1981. № 10. С. 579–582.
13. Козинца Г. И., Макаров В. А. Исследование системы крови в клинической практике / под ред. Г. И. Козинца, В. А. Макарова. М. : Трида-Х, 1997. 480 с.
14. Функциональная оценка бактерицидной активности нейтрофильных гранулоцитов крови при различных заболеваниях : образовательный портал. URL: https://www.rusnauka.com/2_KAND_2013/Medecine/7_125465.doc.htm (дата обращения: 26.03.2024).

Исследование динамики моторных симптомов и структурных изменений митохондрий скелетной мускулатуры мышечной линии SOD1-G93A

Иванова В. В.¹, Актуганова М. Э.¹, студ. 4 курса

Науч. рук. – Белослудцева Н. В.^{1,2}, канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, г. Пущино
toraimin2002@gmail.com; belosludtsevanv@iteb.pushchino.ru

Боковой амиотрофический склероз (БАС) является редким и неизлечимым на данный момент заболеванием, характеризующимся нарушениями нервно-мышечной системы. К моторным симптомам заболевания относят ригидность, прогрессирующую слабость и потерю мышечной массы (атрофию) [1]. Митохондрии мышечных волокон являются наиболее ранней мишенью в патогенезе БАС, и их дисфункция влияет на прогрессирование заболевания [2]. Роль митохондрий как основных энергетических станций и регуляторов внутриклеточного метаболизма в развитии патологии БАС интенсивно изучается в настоящее время [3]. Повреждение митохондрий при БАС выявлены из многочисленных исследований с использованием моделей заболевания у животных, включая мышечную линию SOD1-G93A [2]. Однако, в литературе отсутствует комплексная оценка временного хода развития структурных изменений митохондрий в скелетной мускулатуре мышечной линии SOD1-G93A во взаимосвязи со стадией прогрессирования патологии.

В настоящей работе было проведено отслеживание соматических показателей мышечной линии SOD1-G93A на досимптомной, ранней и поздней симптомной стадиях развития патологии, а также исследована динамика показателей мышечной силы и ультраструктурных повреждений митохондрий в скелетной мускулатуре. Показано, что животные группы SOD1-G93A начинали терять вес в возрасте 16 недель, соответствующем ранней симптомной стадии. На поздней стадии БАС у трансгенных животных наблюдалось снижение силы хвата в 2 раза, по сравнению

с ранней стадией и с контрольными мышами. С помощью метода просвечивающей электронной микроскопии, был выполнен сравнительный анализ структурных изменений митохондрий мышечных волокон трансгенных животных относительно контрольных мышей в тех же возрастных группах. Проведенный морфометрический анализ выявил уменьшение количества и увеличение размера митохондрий, расположенных под сарколеммой мышечных волокон, у модельных мышей на ранней и поздней симптомной стадиях патологии (табл. 1).

Таблица 1

**Периметр субсарколеммальных митохондрий мышечных волокон
у экспериментальных мышей**

Возраст (неделя)	Контроль	SOD1-G93A
8	3,0 ± 0,07	2,3 ± 0,08 *
12	2,2 ± 0,20	3,6 ± 0,02 *
22	2,3 ± 0,05	2,7 ± 0,05 *

Примечание: Данные представлены в виде средних значений ± стандартная ошибка среднего. * Различия являются статистически значимыми при $P < 0.05$ относительно контрольной группы (мышь линии F1 6xSJL).

На основе полученных результатов можно сделать заключение о том, что структурные изменения митохондрий в скелетной мускулатуре мышей SOD1*G93A появляются существенно раньше начала развития мышечной слабости и могут способствовать прогрессированию заболевания БАС с возрастом. Полученные в работе данные о динамике изменений в митохондриальном аппарате и скелетных мышцах модельных животных могут в дальнейшем являться основой для разработки ранних способов диагностики и терапии или симптоматической коррекции моторных симптомов при БАС.

Работа поддержана грантом РНФ № 23-25-00286.

ЛИТЕРАТУРА

1. Scaricamazza S., Salvatori I., Ferri A., Valle C. Skeletal Muscle in ALS: An Unappreciated Therapeutic Opportunity? // Cells. 2021. Vol. 10 (3). P. 525.
2. Emma F. Smith, Pamela J. Shaw, Kurt J. De Vos. The role of mitochondria in amyotrophic lateral sclerosis // Neuroscience Letters. 2019. Vol. 710. P. 132933.
3. Zhao J., Wang X., Huo Z., Chen Y., Liu J., Zhao Z., Meng F., Su Q., Bao W., Zhang L., Wen S., Wang X., Liu H., Zhou S. The Impact of Mitochondrial Dysfunction in Amyotrophic Lateral Sclerosis // Cells. 2022. Vol. 11 (13). P. 2049.

Состав и биомасса травянистого яруса пойменных черноольховых лесов заповедника «Большая Кокшага»

Иванова А.В., студ. 3 курса

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

**Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ni2485947@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 [3; 4]. В Республике Марий Эл черноольховые леса встречаются преимущественно узкой полосой на глеево-полуболотных почвах, в основном по слабо заливаемым долинам лесных рек [5].

Цель работы: оценить биомассу травянистого яруса черноольховых лесов, расположенных в поймах малых рек заповедника «Большая Кокшага».

Исследования проводились в июле 2023 г. в четырех черноольховых лесах заповедника «Большая Кокшага». В пределах пробных площадей проведено геоботаническое описание растительных сообществ.

Пробная площадь № 1 (ПП 1) – черноольшаник крапивно-таволговый, расположенный в пойме ручья Шеж-Энер, Квартал 17 выдел 16. Участок расположен выше дамбы-моста через ручей, по правому берегу поймы. Обводненность участка отсутствует. Почвы перегнойно-глеевые. Древостой с проективным покрытием 60 %. В древесном ярусе преобладает ольха черная *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. В подлеске ива пепельная *Salix cinerea* L., черемуха обыкновенная *Padus avium* Mill. Травяной покров с проективным покрытием 95 %.

В травяном покрове преобладает таволга вязолистная *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. (обилие 4), камыш лесной *Scirpus sylvaticus* L. (обилие 2), крапива двудомная *Urtica dioica* L. (обилие 2), встречаются кочедыжник женский *Athyrium filis-femina* (L.) Roth (обилие 1), осока пузырчатая *Carex vesicaria* L. (обилие 1), подмаренник болотный *Galium palustre* L. (обилие 1). Моховой покров отсутствует.

Пробная площадь № 2 (ПП 2) – черноольшаник таволгово-крапивный, расположенный в пойме ручья Витьюм, квартал 7 выдел 28, выше дамбы-моста через нее, по правому берегу поймы. Обводненность участка из-за подтопления бобровой плотины 70 %. В понижениях глубина воды до 50 см. Есть упавшие стволы деревьев ели, наклоненные стволы черемух. Увлажнение избыточное, застойное. Почвы перегнойно-глеевые. Древостой с проективным покрытием 75 %. В древесном ярусе преобладает ольха черная. В подлеске – черемуха обыкновенная. Травяной покров с проективным покрытием 75 %. В травяном покрове преобладают крапива двудомная (обилие 3), камыш лесной (обилие 2), таволга вязолистная (обилие 2), встречаются кочедыжник женский (обилие 1), страусник обыкновенный *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod. (обилие 1), тростник южный *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud. (обилие 1), хмель выющийся *Humulus lupulus* L. (обилие 1). Моховой покров с проективным покрытием 2 %.

Пробная площадь № 3 (ПП 3) – черноольшаник крапивно-кочедыжниковый. Участок расположен у восточной границы заповедника в пойме верховья реки Ларь, квартал 84, выдел 11. Увлажнение проточное. Из-за наличия бобриных запруд в низовьях вода местами выше уровня почвы на 5–10 см. Почвы низовые торфяные. Древостой с проективным покрытием 80%. В древесном ярусе преобладает ольха черная, встречается береза пушистая *Betula pubescens* Ehrh. В подлеске – черемуха обыкновенная. Травяной покров с проективным покрытием 90%. В травяном покрове преобладают кочедыжник женский (обилие 4), крапива двудомная (обилие 3), таволга вязолистная (обилие 1–2), встречаются телиптерис болотный *Thelypteris palustris* Schott (обилие 1), недотрога обыкновенная *Impatiens noli-tangere* L. (обилие 1). Моховой покров с проективным покрытием 4 %.

Пробная площадь № 4 (ПП 4) – черноольшаник таволгово-кочедыжниковый. Участок расположен в пойме реки Ошма энер (Ошминка), на просеке между кварталами 53–54. У ручья здесь много рукавов. Увлажнение застойное. Площадь воды с гидроокисью железа с торфянистой почвой примерно 25 %. Приствольные возвышения до 50 см над урезом воды. Почвы низинные торфяные. Слой торфа около 80 см. Древостой с проективным покрытием 60 %. В древесном ярусе преобладают ольха черная и береза пушистая. В подлеске встречаются крушина ломкая *Frangula alnus* Mill. Травяной покров с проективным покрытием 75 %. В травяном покрове преобладают кочедыжник женский (обилие 3), таволга вязолистная (обилие 2), крапива двудомная (обилие 1). Моховой покров с проективным покрытием 2 %.

Флористический состав черноольшаников довольно богатый, количество видов варьирует от 33 до 40. Черноольховые леса в целом различаются по флористическому составу: коэффициент общности Жаккара между разными видами варьирует от 35 до 47 %. Геоботанические описания пробных площадей были обработаны по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова [9] с помощью автоматического метода, предложенного Г. Н. Бузук и О. В. Созиновым [1]. Пробные площади 1, 2 и 4 характеризуются сыро-луговым увлажнением, довольно богатыми, достаточно обеспеченными азотом почвами. Пробная площадь № 3 отличается кислыми, бедными азотом почвами и достаточным увлажнением (табл. 1).

Таблица 1

Балловая характеристика местообитаний (по шкалам Д.Н. Цыганова)

Характеристика		ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Nd (увлажнение)	балл	15,3	15,3	14,7	15,4
	пояснение	Сыро-луговой	Сыро-луговой	Влажно-луговой/ сыро-луговой	Сыро-лесолугой
Tr (богатство почв)	балл	6,6	6,5	5,7	6,3
	пояснение	Небогатых почв / довольно богатых почв	Небогатых почв / довольно богатых почв	Небогатых почв	Небогатых почв / довольно богатых почв
Nt (богатство почв азотом)	балл	6,2	4,0	5,5	5,6
	пояснение	Бедных азотом почв / достаточно обеспеченных азотом почв	Бедных азотом почв / до- статочно обеспеченных азотом почв	Бедных азотом почв	Бедных азотом почв
Rc (кислотность)	балл	6,9	6,8	6,3	6,5
	пояснение	Слабокислых почв (pH=5,5–6,5)	Слабокислых почв (pH=5,5–6,5)	Кислых почв / слабокислых почв	Кислых почв / слабокислых почв

Характеристика		ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Lc (освещенность)	балл	4,2	4,3	4,9	4,4
	пояснение	Полуоткрытых пространств / светлых лесов	Полуоткрытых пространств / светлых лесов	Светлых лесов	Полуоткрытых пространств / светлых лесов
fH (переменность увлажнения)	балл	5,6	5,3	4,9	4,8
	пояснение	Слабо переменного увлажнения	Слабо переменного увлажнения	Относительно устойчивого увлажнения / слабо переменного увлажнения	Относительно устойчивого увлажнения / слабо переменного увлажнения

Оценку биомассы травянистого яруса черноольховых лесов проводили методом пробных укусов в период наибольшего развития травостоя – в середине июля 2023 г. Для этого на участке исследуемого леса закладывали по 5 учетных площадок размером 1 м². Затем травянистые растения на учетных площадках срезали на уровне почвы, взвешивали, высушивали в сухом проветриваемом помещении до воздушно-сухого состояния и еще раз взвешивали. Для всех растений, произрастающих в черноольховых лесах, определяли их систематическое положение, жизненную форму по классификации И. Г. Серебрякова [7] и К. Раункиера [6], экологическую группу по отношению к увлажнению [2], эколого-ценотическую группу [8].

По классификации И. Г. Серебрякова в пробных площадях ПП 1, ПП 2 и ПП 3 преобладают длиннокорневищные (24–35 %) и коротkokорневищные растения (14–35 %). Также большая доля деревьев на ПП 2 – 14,3 %, стержнекорневых растений на ПП 2 и ПП 4 – около 11 %. Доля остальных жизненных форм растений не превышает более 8 % (табл. 2).

По классификации жизненных форм К. Раункиера во всех черноольшаниках преобладают гемикриптофиты, их доля составляет более 60 % а также достаточно высока доля фанерофитов, на которые приходится от 15 до 25 % в разных черноольшаниках (табл. 3).

По отношению к увлажнению почти во всех черноольшаниках преобладают гигрофиты (табл. 4), их доля составляет более 48 %. Исключение составляет черноольшаник крапивно-кочедыжниковый, в котором преобладающей группой являются мезофиты (около 53 %), что связано с меньшим увлажнением в данном местобитании. В трех других черноольшаниках доля мезофитов составляет 24–37 %.

По эколого-ценотической структуре на всех пробных площадях преобладает нитрофильная группа – от 37 до 57 %. Бореальная и водно-болотная группы преобладают на ПП 2, ПП 3 и ПП 4, их доля варьирует от 18 до 32 % (табл. 5).

Таблица 2

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

Жизненная форма	Доля растений разных жизненных форм на пробных площадях, %			
	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Дерево	8,3	14,3	8,0	8,2
Кустарник	8,3	8,6	8,0	8,2
Полукустарник			2,6	
Длиннокорневищный	24,8	25,7	35,3	29,0
Коротkokорневищный	14,6	14,4	14,4	8,2
Стержнекорневой	8,3	11,3	2,6	11,5
Ползучий	8,3	5,7	5,5	3,6
Надземностолонный			2,6	3,6
Подземностолонный			2,6	
Рыхлокустовой	3,6		8,0	
Кистекопневой	8,3	8,6	2,6	11,5
Однолетник	8,3	5,7	2,6	6,3
Двухлетник	3,6	5,7	2,6	3,6
Стелющийся	3,6		2,6	6,3

Примечание: жирным шрифтом выделены наибольшие значения.

Таблица 3

**Распределение растений исследованных сообществ
по жизненным формам К. Раункиера**

Жизненная форма	Доля растений разных жизненных форм на пробных площадях, %			
	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Фанерофит	17,6	25,7	15,8	18,4
Хамефит	-	2,8	8,1	2,6
Гемикриптофит	64,5	60,0	68,0	63,2
Криптофит	13,5	8,7	5,3	13,2
Терофит	4,4	2,8	2,8	2,6

Примечание: жирным шрифтом выделены наибольшие значения.

Таблица 4

**Распределение растений исследованных сообществ по экологическим группам
по отношению к увлажнению**

Отношение к увлажнению	Доля растений разных жизненных форм на пробных площадях, %			
	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Гидрофит	4,2	5,7	6,3	5,6
Мезогигрофит	7,3	2,8	3,6	3,6
Гигромезофит	10,4	5,7	8,5	5,6
Мезофит	24,0	37,2	52,6	32,6
Гигрофит	54,1	48,6	29,0	52,6

Примечание: жирным шрифтом выделены наибольшие значения.

Таблица 5

**Распределение растений исследованных сообществ
по эколого-ценотическим группам**

ЭЦГ	Доля растений разных эколого-ценотических групп на пробных площадях, %			
	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Лугово-степная	9,1	-	-	3,6
Олиготрофная	9,1	3,8	3,6	3,6
Неморальная	8,1	9,6	5,2	5,2
Водно-болотная	6,6	24,6	22,6	29,7
Бореальная	9,6	9,6	31,6	18,4
Нитрофильная	56,5	52,4	37,0	39,5

Примечание: жирным шрифтом выделены наибольшие значения.

Нами была изучена биомасса травянистого яруса черноольховых лесов (табл. 6). Однофакторный дисперсионный анализ не выявил различий по биомассе между пробными площадями. В среднем воздушно-сухая масса травянистого яруса черноольшаников, расположенных в пойме малых рек заповедника, составляет 157,7 г/м².

Таблица 6

**Биомасса травянистого яруса черноольховых лесов в заповеднике
«Большая Кокшага» в 2023 г.**

Показатель	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Сырая масса укоса, г	3268,0	2445,0	2707,4	4168,0
Воздушно-сухая масса, г	1007,0	637,5	675,0	834,0
Средняя воздушно-сухая масса, г/м ²	201,4	127,5	135,0	167,0

Вклад разных видов растений в общую биомассу различный (табл. 7). Наибольшую биомассу дают растения-доминанты. На всех пробных площадях это таволга вязолистная, доля которой в биомассе разных черноольшаников варьирует от 33 до 38 %. Большую биомассу дают крапива двудомная – до 41–44 % (ПП 1, ПП 3); кочедыжник женский – 46–55 % (ПП 2, ПП 4), страусник обыкновенный – 11 % (ПП 3) и камыш лесной – 11 % (ПП 1). Вклад остальных растений составляет менее 7 %.

Таблица 7

**Вклад видов растений в сложении надземной биомассы
на пробных площадях черноольховых лесов**

Вид растения	Вклад растений в общую биомассу, %			
	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Таволга вязолистная <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	33,0	35,0	37,9	38,1
Крапива двудомная <i>Urtica dioica</i> L.	41,3	12,5	44,5	2,5
Кочедыжник женский <i>Athyrium filis-femina</i> (L.) Roth.	0,8	45,6	2,4	55,7
Страусник обыкновенный <i>Matteuccia struthiopteris</i> (L.) Tod.			11,2	
Камыш лесной <i>Scirpus sylvaticus</i> L.	11,0		0,4	
Тростник южный <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. Ex Steud.	7,0			0,3
Чистец болотный <i>Stachys palustris</i> L.			2,3	
Телиптерис болотный <i>Thelypteris palustris</i> Schott	2,3	3,0		1,4
Осока береговая <i>Carex riparia</i> Curt.				2,0
Хмель выюющийся <i>Humulus lupulus</i> L.	1,6			
Недотрога обыкновенная <i>Impatiens noli-tangere</i> L.	1,2	2,5		
Калужница болотная <i>Caltha palustris</i> L.	1,4			
Осока пузырчатая <i>Carex vesicaria</i> L.			1,1	
Белокрыльник болотный <i>Calla palustris</i> L.	0,4	1,4		
Другие виды	0,01–0,1 %			

Примечание: жирным шрифтом выделены наибольшие значения

Таким образом, черноольшаники довольно богатые и разнообразные по флористическому составу растительные сообщества. В их составе преобладают длинно- и короткокорневищные растения (от 14 до 35 %), гемикриптофиты (60–68 %), гигрофиты (29–54 %) и мезофиты (24–52 %), нитрофильная (37–57 %), водно-болотная (6–29 %) и бореальная (9–31 %) группы. Биомасса травянистого яруса черноольшаников не велика – менее 160 г/м², и представлена, преимущественно, двумя-тремя доминирующими видами.

Авторы выражают большую благодарность заместителю директора по науке заповедника «Большая Кокшага» А. В. Исаеву и старшему научному сотруднику заповедника Г. А. Богданову за характеристику и геоботаническое описание пробных площадей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузук Г. Н. Созинов О. В. Регрессионный анализ в фитоиндикации. (на примере экологических шкал Д. Н. Цыганкова) // Ботаника (исследования). Минск : Право и экономика, 2009. Вып. 37. С. 356–362.
2. Горышина Т. К. Экология растений. М. : Высш. Школа, 1979. 368с.
3. Данилов И. 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 заповедника «Большая Кокшага». Йошкар-Ола : Марийский гос. техн. ун-т, 2007. Вып. 2. С. 9–49.
5. Коновалов И. А., Скоробогатая М. Н. Особенности черноольховых сообществ ООПТ «Медведский бор» // Общество. Наука. Инновации (НПК-2022) : сб. статей XXV Всероссийской научно-практической конференции : в 2 т. Киров : Вятский гос. ун-т, 2022. Т. 2. С. 24–29.
6. Полевой экологический практикум : учеб. Пособие. Ч. 1. / Мар. Гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2000. 112 с.
7. Серебряков И. Г. Полевая геоботаника. М.-Л. : Наука, 1964. Т. 3. С. 164–205.0
8. 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.
9. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Москва, 1983. 197 с.

Исследование биологических эффектов коросолиевой и маслиновой кислот *in vitro*

Канчурова Е. А., студ. 1 курса

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

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
yasminka1@mail.ru

Коросолиевая кислота – это пентациклическая тритерпеновая кислота, содержащаяся в листьях бананы (*Lagerstroemia speciose* (L.) Pers.). В ряде исследований *in vitro*, а также в нескольких исследованиях на животных, включая исследования на людях, был обнаружен положительный эффект коросолиевой кислоты, в частности снижение уровня сахара в крови. [1] Известная своей значительной пользой для здоровья, маслиновая кислота, рассматривается как один из наиболее хорошо исследованных натуральных активных агентов. Примечательно, что она служит основным активным компонентом косметических средств по уходу за кожей. [2]

Целью настоящей работы было изучение биологических эффектов коросолиевой и маслиновой кислот *in vitro*. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Исследовать влияние коросолиевой и маслиновой кислот на уровень малонового диальдегида (МДА) в гемолизате эритроцитов крови крыс.
- 2) Оценить влияние исследуемых веществ на осмотическую стойкость эритроцитов крови крыс.
- 3) Исследовать влияние коросолиевой и маслиновой кислот на сорбционную способность эритроцитов крови крыс.

В качестве экспериментальных животных были использованы половозрелые крысы самцы.

В серии опытов исследовали влияние коросолиевой и маслиновой кислот на осмотическую стойкость и сорбционную способность эритроцитов крови крыс, а также на определение содержания МДА в гемолизате эритроцитов. Метод основан на образовании окрашенного комплекса при взаимодействии МДА с тиобарбитуровой кислотой. 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.

Для статистической обработки данных использовали программы Статистика 6.0 и Microsoft Excel. Для сравнения значений был проведен статистический анализ результатов с применением t-критерия Стьюдента и дисперсионного анализа.

Необходимо было выяснить, способны ли коросолиевая и маслиновая кислоты влиять на уровень малонового диальдегида (МДА) – одного из основных маркеров перекисного окисления липидов (табл. 1).

Была выявлена тенденция к снижению уровня МДА в эритроцитах под влиянием маслиновой кислоты в концентрации 10 мкМ и под влиянием коросолиевой кислоты в концентрации 10 мкМ. Они увеличивали уровень гемолиза эритроцитов, однако эти различия статистически не значимы ($p > 0,05$).

Тем не менее наблюдается тенденция к повышению осмотической стойкости эритроцитов, что выражается в снижении процента гемолиза, под влиянием маслиновой кислоты в концентрации 10 мкМ на 29 % (или в 1,40 раза), в концентрации 25 мкМ – на 54,48 % (или в 2,20 раза), в концентрации 50 мкМ – на 4,58 % (или в 1,04 раза); под влиянием коросолиевой кислоты в концентрации 25 мкМ – на 63,7 %. В серии экспериментов в качестве характеристики функционального состояния мембраны и для оценки мембранотропного влияния исследуемых веществ была исследована сорбционная способность эритроцитов (ССЭ) (табл. 3, рис. 1 и 2).

Таблица 1

Содержание МДА в гемолизате эритроцитов в присутствии исследуемых веществ в разных концентрациях и в их отсутствии

№	Вещества	МДА, мкмоль/л Среднее $\pm$ ст.ошибка		
		10 мкМ	25 мкМ	50 мкМ
1	Маслиновая кислота	2,760 $\pm$ 0,544	3,090 $\pm$ 2,091	4,012 $\pm$ 0,612
2	Коросолиевая кислота	2,676 $\pm$ 0,328	2,640 $\pm$ 1,452	2,972 $\pm$ 1,339
3	Контроль	3,523 $\pm$ 0,515		

Таблица 2

**Уровень гемолиза эритроцитов в 0,5 %-м растворе NaCl
под влиянием исследуемых веществ в разных концентрациях**

№	Вещества	Уровень гемолиза, % Среднее ± ст.ошибка		
		10 мкМ	25 мкМ	50 мкМ
1	Маслиновая кислота	23,3±5,4	14,9±4,0	31,3±7,6
2	Коросолиевая кислота	38,8±9,5	20,9±8,2	40,6±11,0
3	Контроль	32,8±15,3		

Таблица 3

**Сорбционная способность эритроцитов в присутствии исследуемых веществ
в разных концентрациях и в их отсутствии**

№	Вещества	Сорбционная способность, % Среднее ± ст.ошибка		
		10 мкМ	25 мкМ	50 мкМ
1	Маслиновая кислота	38,7±7,18	46,8±13,92	46,9±06,09
2	Коросолиевая кислота	34,8±4,33	36,7±3,78	39,1±4,42
3	Контроль	38,5±4,39		

Попарное сравнение оцениваемого показателя (сорбционной способности эритроцитов крови крыс, предварительно инкубированных с исследуемыми веществами в разных концентрациях) с контролем (сорбционная способность эритроцитов без веществ) не показало значимых различий в полученных данных. То есть ни маслиновая, ни коросолиевая кислота во всех исследуемых концентрациях не оказывали существенного влияния на сорбционную способность.

Тем не менее наблюдается тенденция к снижению сорбционной способности эритроцитов под влиянием коросолиевой кислоты в концентрации 10 мкМ на 12,3 % (или в 1,13 раза), в остальных двух концентрациях значения приближались к значениям контроля; тогда как для маслиновой кислоты в концентрации 25 мкМ выявлена тенденция к увеличению уровня сорбционной способности на 21,5 % (или в 1,21 раза) и в концентрации 50 мкМ – на 22,1 % (или 1,22 раза) по сравнению с контролем, хотя эти различия и не значимы.

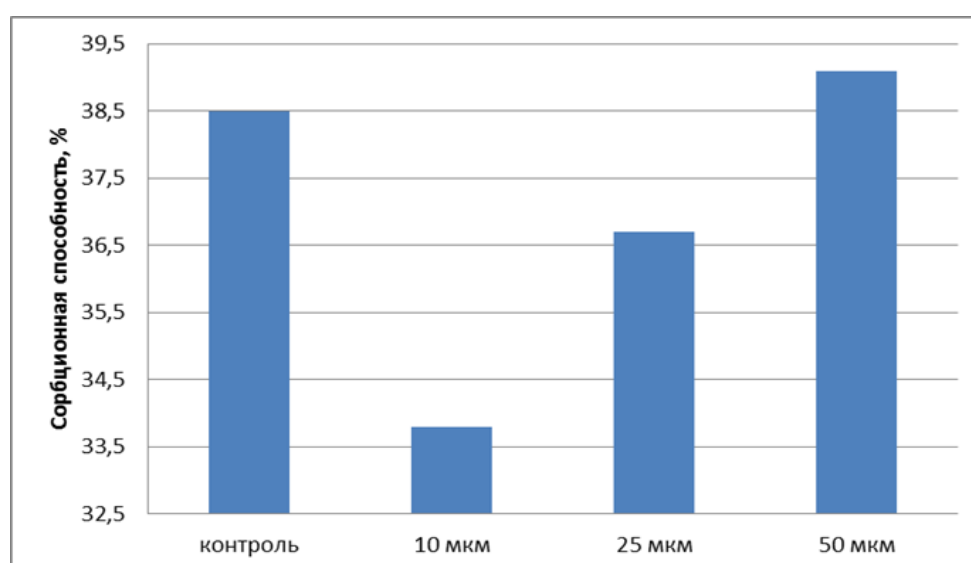


Рис. 1. Влияние коросолиевой кислоты в разных концентрациях на сорбционную способность эритроцитов по сравнению с контролем

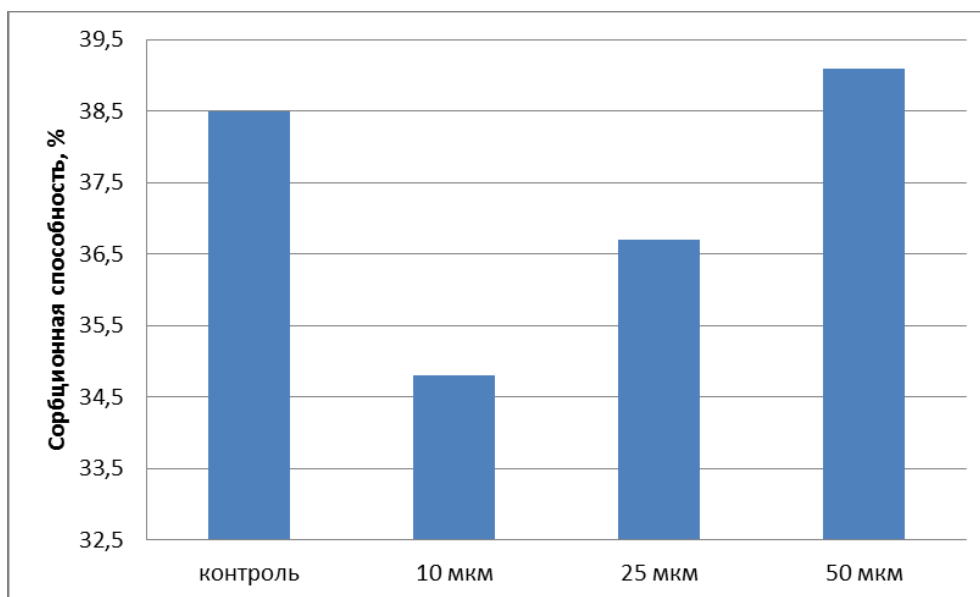


Рис. 2. Влияние маслиновой кислоты в разных концентрациях на сорбционную способность эритроцитов по сравнению с контролем

В соответствии с поставленными задачами и полученными результатами нами были сделаны следующие выводы:

1. При оценке уровня малонового диальдегида маслиновая кислота показала незначительный антиоксидантный эффект, несколько уменьшая уровень МДА при добавлении к эритроцитам в концентрациях 10 мкМ и 25 мкМ, а для коросолиевой кислоты такая тенденция выявлена для всех трех концентраций, однако, эти изменения по сравнению с контролем статистически не значимы.

2. Коросолиевая кислота в большей степени влияет на осмотическую стойкость эритроцитов. В концентрации 25 мкМ она снижала осмотическую стойкость в 2,2 раза по сравнению с маслиновой кислотой в концентрации 50 мкМ. По сравнению же с контролем обе кислоты во всех исследуемых концентрациях значимого влияния не оказали.

3. Маслиновая кислота оказывает большее влияние на сорбционную способность, чем коросолиевая кислота. Наблюдается тенденция к повышению показателя сорбционной способности под влиянием маслиновой кислоты в концентрации 25 и 50 мкМ, но по сравнению с контролем эти влияния не значимы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cheolin Park, Jae Sik LEE's. Review. on Corosolic Acid:Based on Various Pharmaceutical Effects // Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development June. 2019. No. 7 (3). Pp. 104–107.
2. Lozano-Mena G., Marta Sánchez., M. Emilia Juan. Maslinic Acid, a Natural Phytoalexin-Type Triterpene from Olives – A Promising Nutraceutical // Molecules, August 2014. No. 19(8). Pp. 11538–11559.

Эпидемиологические аспекты ротавирусной инфекции на территории Республики Марий Эл

Кардакова Л. М., студ. 2 курса

Науч. рук. – Аничкин А. Е., канд. биол. наук, доц.

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

Аннотация: Представлены данные ретроспективного эпидемиологического анализа заболеваемости ротавирусной инфекцией населения Республики Марий Эл за 5-летний период. Изучена характеристика распространенности и особенностей эпидемического процесса ротавирусной инфекции на территориях с различной численностью и плотностью населения. Показано, что интенсивность развития эпидемического

процесса выше в населенных пунктах с большей численностью населения. Важнейшими возбудителями вирусных гастроэнтеритов являются ротавирусы вызывающие у детей 30–50 % острых гастроэнтеритов. Высокая заболеваемость детей и повсеместное распространение заболевания требуют особого внимания к данной инфекции.

Ключевые слова: острые кишечные инфекции, ротавирусная инфекция, эпидемиология.

Введение. В соответствии с рекомендациями ВОЗ термин «острые кишечные инфекции» (ОКИ) объединяет более 30 заболеваний бактериальной, вирусной или протозойной этиологии, основным симптомом которых является острая диарея (рис. 1).

Возбудители ОКИ	Вирусы	Ротавирусы, астровирусы, аденовирусы, калицевirusы, вирус Норфолк, Бреда вирус, вирус простого герпеса, цитомегаловирус, вирус гепатита А
	Бактерии	Сальмонеллы, шигеллы, иерсинии, лептоспиры, микобактерии, гонококки, стафилококки, кишечная палочка, клостридии, кампилобактер
	Простейшие	Дизентерийная амеба, лямблия, криптоспоридия, исзоспоридия

Рис. 1. Инфекционные агенты, признанные ВОЗ основными причинами острых кишечных инфекций

Острые кишечные инфекции (ОКИ) остаются серьезной проблемой здравоохранения во всех странах мира. Доля вирусных гастроэнтеритов в структуре ОКИ в разных странах варьирует от 20 до 70 %, в Российской Федерации общая заболеваемость ОКИ остается на высоком уровне. Официально регистрируется более 0,7 млн. случаев ОКИ в год, из них около 60 % – вирусной этиологии с преобладанием ротавирусной инфекции (РВИ) [1]. Доля детей в структуре заболеваемости РВИ составляет 80 %, наиболее уязвимой являются дети 1–2 летнего возраста [2].

Целью настоящей работы было изучение современных эпидемиологических особенностей РВИ на территории Республики Марий Эл.

Материалы и методы. Методологическая основа работы спланирована согласно поставленной цели исследования и включает последовательное применение методов научного анализа с целью решения поставленных задач. Исследование эпидемиологических особенностей ротавирусной инфекции в Республике Марий Эл выполнено по принципу сплошного скрининга с использованием эпидемиологических, клинических, лабораторных, аналитических и статистических методов исследования за пятилетний период.

Результаты. Был проведен анализ обследований физических лиц – жителей Республики Марий Эл за 2019–2023 годы. Всего обследовано за 5 лет 359 086 человек. В Республике Марий Эл в 2023 г. зарегистрировано более 2500 случаев ОКИ как установленной, так и неустановленной этиологии. В структуре заболеваемости ОКИ удельный вес всех кишечных инфекций установленной этиологии составил в 2023 г. 63 %. При анализе динамики заболеваемости населения Республики Марий Эл ОКИ за 2019–2023 гг. установлено, что в целом заболеваемость ОКИ имела умеренную тенденцию к снижению ($T_{сн.} = -2,1 \%$; $p < 0,05$) в 2022–2023 гг. [3]. Во внутригодовой динамике заболеваемости РВИ выявлена зимне-весенняя сезонность.

В многолетней динамике заболеваемости отмечается неравномерный характер распределения с чередованием подъемов и спадов уровней инцидентности. Наименьший показатель заболеваемости регистрировался в 2022 году, максимальный показатель инцидентности – в 2019 году (рис. 2).

Таким образом, полученная кривая свидетельствует, что заболеваемость ротавирусом в рассматриваемые годы в целом имеет благоприятную тенденцию к снижению уровня заболеваемости населения.

Активизация эпидемического процесса начинается с середины января, наибольшая заболеваемость регистрируется с конца февраля по апрель. Заканчивается сезонный подъем заболеваемости в конце мая, продолжительность его составляет 5 месяцев.

Наибольшее количество как обследований, так и количество ротавирусов за 5 лет выявлено в более населенных районах республики: г. Йошкар-Ола, Медведевский, Моркинский, Советский районы (рис 3).

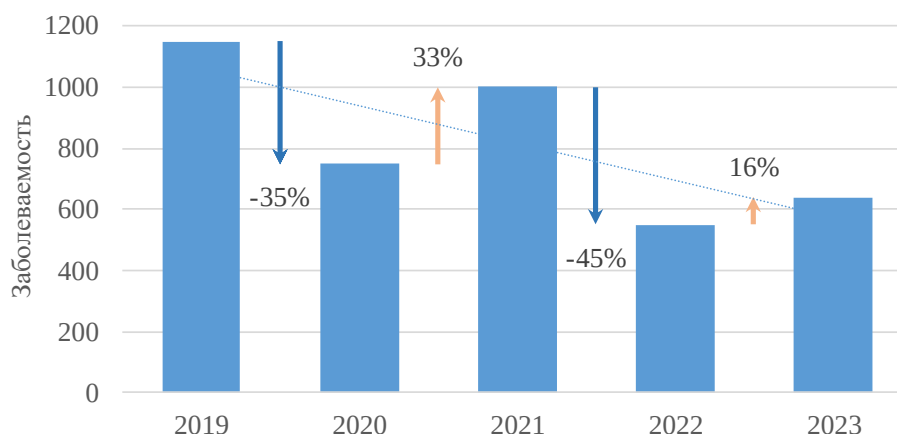


Рис. 2. Заболееваемость ротавирусной инфекцией и тенденция динамики заболееваемости

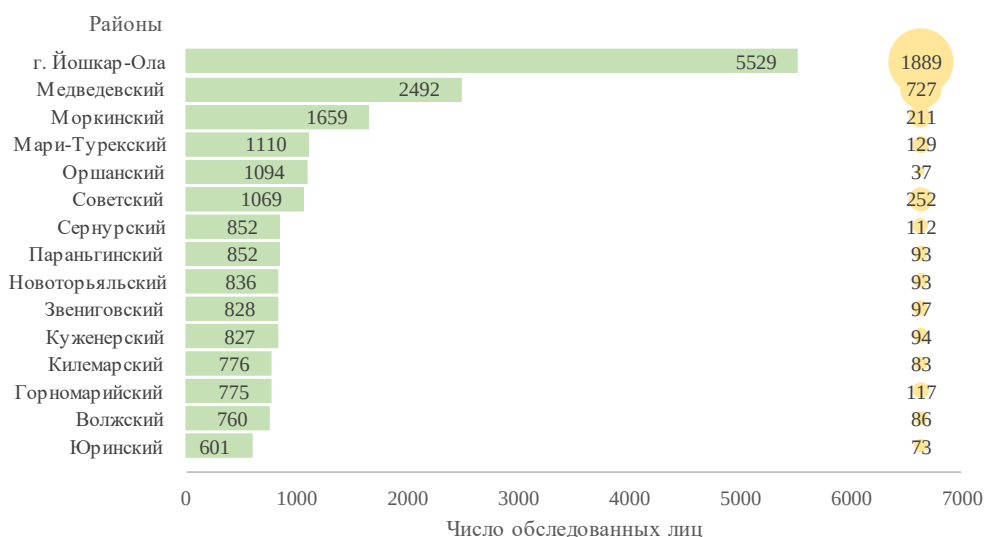


Рис. 3. Число заболевших ротавирусной инфекцией из числа обследованного населения по районам Республики Марий Эл

Наиболее высокие показатели заболеваемости ротавирусной инфекцией в Республике Марий Эл регистрируются среди детей. Так, до 80 % всех случаев ротавирусного гастроэнтерита приходилось на детей в возрасте до 3 лет, с наименьшей частотой ротавирусная инфекция выявлялась в возрастных группах детей с 3 до 11 лет – до 16 %, с 11 до 17 лет – 4 %. Больше всего случаев РВИ было выявлено в 2019 и 2023 годах (рис. 4).

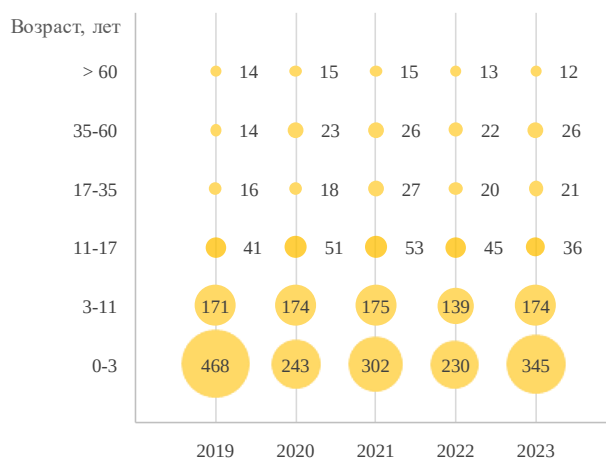


Рис. 4. Число заболевших ротавирусной инфекцией по возрастам

Распространяется РВИ бытовым путем с вовлечением в эпидемический процесс преимущественно детей, посещающих детские образовательные организации. Традиционное переформирование детских образовательных организаций в сентябре способствует заносу РВИ в коллектив с вновь поступающими (возвращающимися после отпуска) детьми и ее распространению в условиях скученности [4].

В настоящее время признается существование аэрозольного механизма передачи возбудителя РВИ. Отмечено частое развитие у заболевших катаральных явлений верхних дыхательных путей. Совпадение внутригодовой динамики эпидемического процесса РВИ и острой респираторной вирусной инфекции, с одной стороны, подтверждает существование аэрозольного механизма передачи ротавируса, а с другой – свидетельствует о том, что аэрозольный механизм передачи возбудителя оказывает существенное влияние на формирование сезонных подъемов заболеваемости РВИ в холодный период года.

На сегодняшний день, наряду с проводимыми профилактическими и противоэпидемическими мероприятиями вакцинация является наиболее эффективным средством профилактики на популяционном уровне.

В России в настоящее время зарегистрирована и разрешена к использованию вакцина RV5 («РотаТек») [5]. Всемирная организация здравоохранения рекомендует внедрить вакцинацию от ротавирусной инфекции в Национальный календарь профилактических прививок и рассматривать это профилактическое направление как приоритетное.

Выводы. Среди населения Республики Марий Эл РВИ имеет значительное распространение, при этом ее удельный вес в структуре ОКИ в настоящее время составляет более 50 %. Установлено, что наибольший риск заболеть ротавирусной инфекцией имеют дети от 0 до 3 лет. Данные статистического анализа подтверждают, что на уровень заболеваемости населения РВИ существенное влияние оказывает степень урбанизированности территории, которая определяет число контактов среди населения, доступность медицинской помощи и лабораторной диагностики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабик Р. К., Сагалова О. И. Оптимизация диагностики вирусных и бактериальных кишечных инфекций у детей и взрослых // Инфекционные болезни. 2020. № 2 (13). С. 46–54.
2. Горелов А. В., Усенко Д. В. Ротавирусная инфекция у детей // Вопросы современной педиатрии. 2020. № 6. С. 78–84.
3. Бессмертных Б. С., Ткачева М. Н. Статистические методы в эпидемиологии. М., 2007. 464 с.
4. Дегтярев А. А. Обоснование системы мероприятий по профилактике кишечных инфекций. М., 2019. 119 с.
5. Crawford S. E., Ramani S., Tate J. E., Parashar U. D., Swenson L., Hagbom M., Franco M. A., Greenberg H. B., O’Ryan M., Kang G., Desselberg U., Estes M. K. Rotavirus infection // Nat Rev Dis Primers. 2017. Vol. 9. No. 3. P. 17083.

Структура ценопопуляции *Primula v́eris* L.

Клёнова В. А., студ.4 курса

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

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Klnova02@bk.ru

Primula v́eris L. – первоцвет весенний, многолетнее травянистое растение с коротким вегетационным периодом. Известен своими лекарственными свойствами. Из корневищ, корней, листьев и венчиков цветков первоцвета весеннего получают лекарственное сырье. Листья первоцвета богаты витамином С и витамином А. Применяется при головной боли, как болеутоляющее, а также при язвенной болезни желудка и гастралгии [7]. В Республике Марий Эл Н. В. Абрамов [1] указывал 2 вида, являющиеся подвидами п. весеннего (*P. veris* L.): типовой (*P. veris*) и п. крупночашечный (*P. macrocalyx* Bunge). Примула весенняя встречается в разреженных светлых лесах, на лесных полянах, опушках, по всей территории; примула крупночашечная – изредка в некоторых природных районах республики. Структура ценопопуляций данного вида в разных регионах изучена очень слабо. В Республике Марий Эл таких исследований не проводилось. Полученные результаты могут быть использованы для мониторинга популяций этого вида.

Целью работы является изучение структуры ценопопуляции примулы весенней *Primula veris* L.

Материал и методика. Исследование ценопопуляции примулы весенней проводили в мае 2023 г., в охраняемой зеленой зоне «Дубовая роща» города Йошкар-Ола Республики Марий Эл. В месте обитания примулы весенней была заложена трансекта длиной 13 м и шириной 1 м, которую разделили на 13 учетных площадок размером 1×1 м, 6 из которых располагались при полном освещении, две находились в полутени (переходные) и 6 учетных площадок располагались под кроной дуба черешчатого *Quercus robur* L. В изученной ценопопуляции примулы было выделено два ценопопуляционных локуса – при полном освещении (вне кроны дуба) и в

тени (под кроной дуба). Ценопопуляционные локусы (субпопуляции) – это элементы горизонтальной структуры ценопопуляций, в их качестве могут быть рассмотрены любые участки, которые могут отличаться друг от друга по плотности размещения растений, их состоянию, фитомассе и прочее [9].

В пределах изученного местообитания проведено геоботаническое описание, которое было обработано по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова [10] с помощью автоматического метода определения позиций сообщества по средним арифметическим значениям, предложенного Г. Н. Бузук и О. В. Созиновым [2]. Изученное местообитание характеризуется слабокислой ($pH=5,5-6,5$), довольно богатой почвой, слабо переменным, переходным от сухо-лесолугового к влажно-лесолуговому увлажнением.

На каждой учетной площадке были подсчитаны все растения примулы весенней, определено онтогенетическое состояние по описаниям В. Н. Павловой [8]. Для популяционных локусов подсчитывались параметры: индекс восстановления, индекс замещения, индекс возрастности, тип популяционных локусов, индекс эффективности и эффективная экологическая плотность ценопопуляции [4; 6] с помощью Excel-пакета для анализа онтогенетических спектров популяций растений предложенного Л. А. Животовским [5]. Для растений примулы всех онтогенетических состояний были измерены морфометрические признаки: количество листьев, длина и ширина листа, длина черешка. Для примулы весенней характерно такое явление, как гетеростилия или разностолбчатость. Поэтому для популяционных локусов была определена частота встречаемости генеративных растений с короткостолбчатыми и длинностолбчатыми цветками.

В работе использовали следующие статистические методы: t-критерий для сравнения параметров двух независимых нормальных распределений; критерий χ^2 для анализа таблиц сопряженности $R \times C$; двухфакторный дисперсионный анализ (модель I) [3; 11].

Результаты и обсуждение. Нами изучена плотность и онтогенетическая структура примулы весенней. В таблице 1 представлено распределение растений примулы весенней разных онтогенетических состояний по учетным площадкам (вне кроны и под кроной дуба черешчатого). Учетные площадки № 7 и № 8 находятся на границе подкронового и внекронового пространства (переходные), поэтому при дальнейших расчетах они не учитывались.

Сравнение плотности растений примулы на учетных площадках вне кроны и под кроной дуба показало ($t_{\text{эсп.}} = 4,11$; $v = 10$; $p = 0,002$), что во внекроновом пространстве плотность растений выше (66 экз./м^2), чем в подкроновом (39 экз./м^2).

Таблица 1

Распределение растений примулы весенней по учетным площадкам вне и под кроной дуба черешчатого

Учетная площадка	Онтогенетическое состояние						Всего
	j	im	v	g ₁	g ₂	g ₃	
1 (вне кроны)		1	5	29	24		59
2 (вне кроны)		1	14	33	17	1	66
3 (вне кроны)		6	5	24	22		57
4 (вне кроны)		4	10	23	14		51
5 (вне кроны)	1	3	27	32	18	1	82
6 (вне кроны)		5	31	18	28		82
7 (переходная)			16	26	21		63
8 (переходная)	1	5	22	20	23		71
9 (под кроной)			21	11	14		46
10 (под кроной)	1	3	14		2		20
11 (под кроной)		1	14	11	16		42
12 (под кроной)		1	16	16	17		50
13 (под кроной)			7	5	4		16
14 (под кроной)		1	1	9	8		19
Всего	2	26	165	211	184	2	590

На рисунке 1 представлены онтогенетические спектры локусов примулы, произрастающей вне и под кроной дуба черешчатого. Онтогенетические спектры вне и под кроной – одновершинные центрированные. Сравнение онтогенетических спектров в зависимости от освещенности показало, что они различаются ($\chi^2 = 15,22$, $v = 5$, $p < 0,01$). Вне кроны деревьев (рис. 1а) преобладают средневозрастные генеративные растения, их доля составляет около 30 %; виргинильных и молодых генеративных растений – 20 и 23 % соответственно.

Под кроной (рис. 1б) преобладают виргинильные растения – их более 35 %. Также достаточно велико число молодых и средневозрастных генеративных растений 26–32 %. В обоих случаях (вне и под кроной) частота ювенильных и старых растений очень маленькая – не более 1 %.

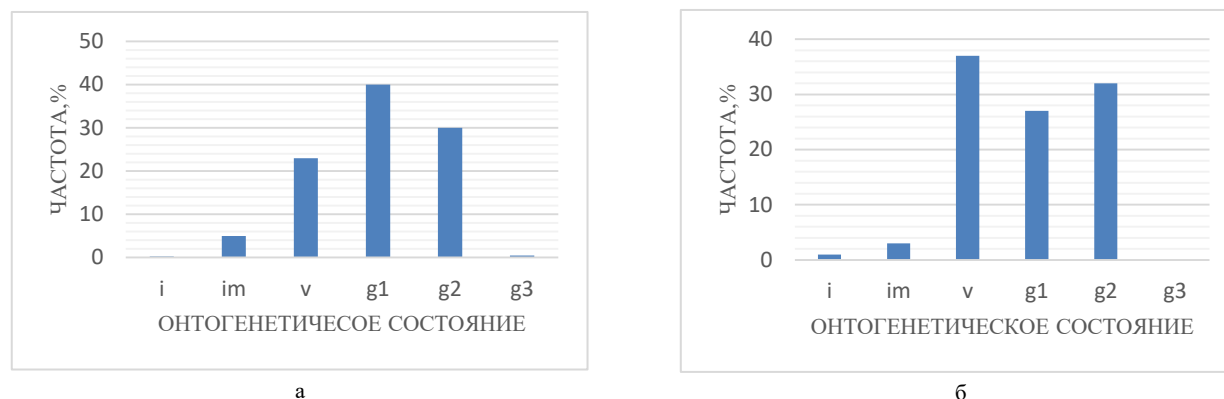


Рис. 1. Онтогенетические спектры локусов примулы весенней: а – вне кроны дерева, б – под кроной дерева

Для популяционных локусов были рассчитаны популяционные параметры (табл. 2). Ценопопуляция самоподдерживается слабо, на одно взрослое растение приходится один потомок. Тип ценопопуляционных локусов – зреющие. По индексу эффективности средняя энергетическая нагрузка на среду, вызываемая данными популяционными локусами одинаковая – 0,7. Эффективная экологическая плотность ценопопуляции во вне кроновом пространстве выше – 245, чем в подкроновом – 232.

В популяциях примулы встречаются цветки с длинным и коротким столбиком. В таблицах 2–3 приведено распределение цветков примулы по этому признаку в разных условиях освещения.

Таблица 2

Популяционные параметры ценопопуляционных локусов примулы весенней

Параметр	Вне кроны	Под кроной
Индекс восстановления	0,4	0,7
Индекс замещения	0,4	0,7
Индекс возрастности	0,3	0,3
Тип ценопопуляционных локусов	Зреющие	Зреющие
Индекс эффективности	0,7	0,7
Эффективная экологическая плотность	245	232

В ценопопуляции примулы встречаются соцветия, представленные только длинностолбчатыми цветками, только короткостолбчатыми цветками, а также были обнаружены 2 растения, у которых в одном соцветии цветки имели одинаковую длину пестика и тычинок (в дальнейшем анализе они не участвовали).

У примулы, произрастающей в подкроновом пространстве, распределения генеративных растений по длине столбика цветка однородные ($\chi^2 = 0,69$, $v = 1$, $p = 0,41$), т. е. при низкой освещенности соотношение длинностолбчатых и короткостолбчатых цветков у молодых и средневозрастных генеративных растений одинаковое. В подкроновом пространстве доля длинностолбчатых растений составляет в среднем 41 %, доля короткостолбчатых растений – 58 %. Во внекроновом пространстве у молодых генеративных растений чаще встречаются короткостолбчатые цветки – 56 %, у средневозрастных генеративных растений – длинностолбчатые особи – 66,5 % (табл. 3).

Таблица 3

Распределение генеративных растений примулы вне кроны деревьев по длине столбика цветка, %

Онтогенетическое состояние	Цветки		Объем выборки
	Длинностолбчатые	Короткостолбчатые	
g ₁	44,0	56,0	209
g ₂	66,5	33,5	258

Для сравнения морфометрических признаков у растений разных онтогенетических состояний в разных условиях освещения был проведен двухфакторный дисперсионный анализ. Количество листьев не зависит ни от онтогенетического состояния, ни от освещенности, и варьирует у разных растений от 2 до 9. Для признаков ширина и длина листовой пластинки, длина черешка значимо влияние обоих факторов (освещенность и онтогенетическое состояние), а также значимо взаимодействие этих факторов.

Множественные сравнения средних значений выявили, что вне кроны и под кроной дерева имматурные и виргинильные растения имеют одинаковую длину листа (рис. 3). У генеративных молодых и средневозрастных растений в подкroновом пространстве длина листа будет выше, чем у этих же растений во внекroновом пространстве. Ширина листовой пластинки растений примулы (рис. 4) в имматурном и средневозрастном генеративном онтогенетических состояниях не зависит от степени освещения. В виргинильном и молодом генеративном онтогенетических состояниях листья примулы имеют меньшую ширину на затененных участках. Длина черешка в имматурном, виргинильном и средневозрастном генеративном состоянии одинаковая в разных условиях освещения (рис. 5). Различие наблюдается только в молодом генеративном состоянии, в котором длина черешка в подкroновом пространстве больше, чем в внекroновом пространстве.

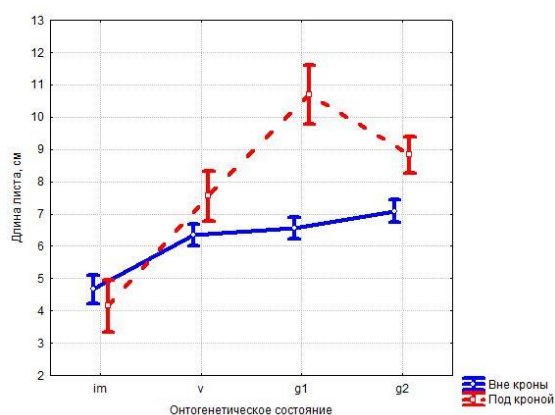


Рис. 3. Длина листа примулы разных онтогенетических состояний в разных условиях освещения

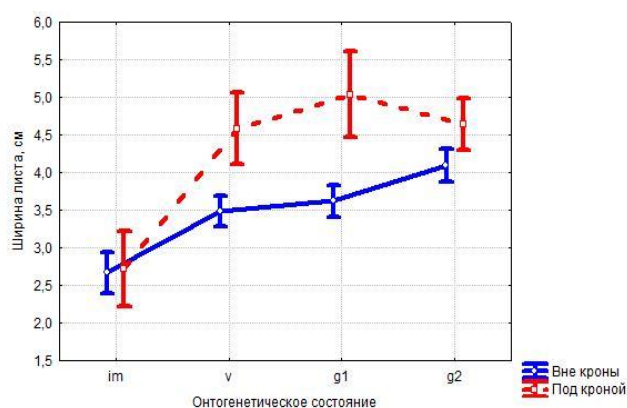


Рис. 4. Ширина листа примулы разных онтогенетических состояний в разных условиях освещения

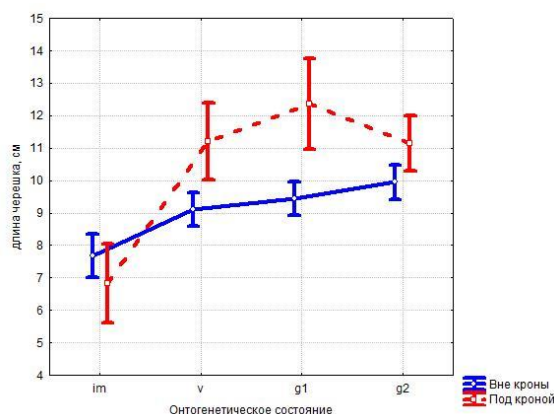


Рис. 5. Длина черешка примулы разных онтогенетических состояний в разных условиях освещения

Выводы. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Численность растений примулы на учетных площадках варьирует от 59 до 82 экз. Плотность растений выше на освещенных участках и составляет 66 экз./м². В условиях затенения (под кроной дерева) плотность составляет 40 экз./м².

2. На освещенных участках (вне кроны) в онтогенетическом спектре популяционных локусов преобладают средневозрастные генеративные растения (30 %), в подкroновом пространстве – виргинильные растения (35 %). Данная ценопопуляция самоподдерживается слабо. Вне и под кроной дерева возрастность растений данной ценопопуляции средняя. Энергетическая нагрузка на среду, вызываемая данной ценопопуляцией одинаковая на освещенных площадках и в тени. Тип ценопопуляционных локусов – зреющие.

3. В условиях высокого освещения в молодом генеративном онтогенетическом состоянии преобладают растения с короткостолбчатыми цветками (56 %), в средневозрастном генеративном онтогенетическом состоянии – с длинностолбчатыми цветками (66,5 %). В условиях более низкого освещения преобладают растения с короткостолбчатыми цветками в обоих генеративных онтогенетических состояниях (59 %).

4. Морфометрические признаки примулы изменяются в зависимости от онтогенетического состояния растения и освещенности. При более низкой освещенности (под кроной дерева) длина листовой пластинки больше в молодом и средневозрастном онтогенетических генеративных состояниях; ширина листовой пластинки и длина черешка – больше в виргинильном и молодом генеративном онтогенетических состояниях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Н. В. Флора Республики Марий Эл. Йошкар-Ола : Справочное пособие Мар. гос. ун-т, 2008. 196 с.
2. Бузук Г. Н. Созинов О. В. Регрессионный анализ в фитоиндикации. (на примере экологических шкал Д. Н. Цыганкова) // Ботаника (исследования). Вып. 37. Минск : Право и экономика, 2009. С. 356–362.
3. Глотов Н. В., Животовский Л. А., Хованов Н. В., Хромов-Борисов Н. Н. Биометрия. Л. : Изд-во Ленингр. Ун-та, 1982. 264 с.
4. Глотов Н. В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Ч. 1. Йошкар-Ола : Периодика Марий Эл, 1998. С. 146–149.
5. Животовский Л. А. ExOS: Excel-пакет для анализа онтогенетических спектров популяций растений // Сибирский экологический журнал. Т. 30. 2023. № 6. С. 788–794.
6. Жукова Л. А. Изменение возрастного состава популяций луговика дернистого на окских лугах при разной продолжительности выпаса // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений. Наука, 1967. С. 114–131.
7. Лавренов Г. В. Лекарственные травы: Травы, дарующие здоровье. М. : ТЕРРА, 1996. 480 с.
8. Павлова В. Н. Биологическая флора Московской области // Первоцвет весенний. Вып. 15. М. : Гриф и К. 2003. С. 140–145.
9. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии) / Л. Б. Заугольнова, Л. А. Жукова, А. С. Комаров и др. М. : Наука, 1983. 198 с.
10. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М. : Наука, 1983. 198 с.
11. Sokal R. R., Rohlf F. J. Biometry. N-Y. : Freeman, 1995. 887 p.

Влияние препарата NS-1619 на динамику некоторых лейкоцитарных параметров крови у дистрофин-дефицитных мышей

Козикова Е. С., студ. 1 курса

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

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

Мышечная дистрофия Дюшенна (МДД) – это заболевание сцепленное с X-хромосомой, поражающее 1 из каждых 3600–6000 новорожденных мальчиков. При данном виде патологии наблюдается нарушение двигательных функций, в результате которого заболевшие люди не могут нормально ходить из-за слабости проксимальных мышц. МДД возникает в результате мутаций в гене дистрофина, которые приводят к дефициту или дефекту белка дистрофина, что сводится к прогрессирующей мышечной дегенерации, приводящей к потере способности двигаться самостоятельно к возрасту 13 лет [1].

При миодистрофии Дюшенна в организме больных, как правило, развиваются воспалительные процессы [2], что, несомненно, должно отразиться на лейкоцитарном профиле крови. Поэтому для оценки состояния таких больных, эффективности проводимой у них терапии важно использовать интегральные показатели, такие как структура лейкоформулы, лейкоцитарные индексы и др.

Препарат NS-1619 относится к классу бензимидазолов [3]. Известны некоторые механизмы NS-1619 по активации Ca^{2+} -каналов с высокой проводимостью (ВКСа-каналы). Установлено, что этот препарат может непосредственно действовать на ВКСа-калиевый канал, через рецепторы G белка или за счет фосфорилирования субъединиц канала. Он также может ограниченно увеличивать внутриклеточную концентрацию ионов Ca^{2+} , что влечет за собой активацию ВКСа-каналов, увеличение выхода ионов калия и, как следствие, гиперполяризацию мембраны гладкомышечных клеток. Кроме того, NS-1619 также ингибирует потенциал-зависимые Ca^{2+} -каналы, потенциал-зависимые K^{+} -каналы, КАТФ-калиевые каналы. Подобные свойства активаторов ВКСа-каналов позволяют предполагать возможность применения селективных активаторов ВКСа-каналов для лечения и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний [4; 5].

В настоящей работе изучено влияние NS-1619 на лейкоцитарный состав крови, величину некоторых лейкоцитарных индексов и размеры лейкоцитов мышей. Работа выполнена на самцах мышей C57BL/10 (дикий тип, WT) и мышей C57BL/10ScSn-mdx с дефицитом дистрофина. Все животные были приобретены в Животноводческом комплексе, филиале Института биоорганической химии им. М. М. Шемякина и

Ю. А. Овчинникова Российской академии наук (Пущино, Россия). Объектом исследования служила кровь (лейкоциты), забор которой проводили при декапитации. Из полученной крови готовили мазки по общепринятым методикам, окрашивая их краской Романовского.

На мазках изучали лейкоцитарную формулу у мышей следующих групп наблюдения: 1 контрольные мыши (К, или WT, дикий тип); 2 мыши, имеющие дистрофию Дюшенна (MDX); 3 контрольные мыши, получавшие NS-1619 (К+NS); 4 мыши больные с дистрофией Дюшенна, леченые NS-1619 (MDX+NS). На основе данных лейкоформулы рассчитывали лейкоцитарные индексы (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).

Окрашенные мазки фотографировали, для чего использовали систему визуализации EVOS M5000 (Thermo Fisher Scientific, США). Затем на мазках определяли размеры нейтрофилов и лимфоцитов (в мкм), прибегая к компьютерной программе «ImageJ».

Для статистической обработки материала использовали табличный процессор Excel и программу STATISTICA 10. Для оценки различий признаков прибегали к непараметрическому критерию Краскела-Уоллиса и U-критерию Манна-Уитни. Различия считали достоверно значимыми при $p < 0,05$.

Как видно из таблицы 1, кровь у мышей всех групп наблюдения носит лимфоцитарный профиль, что соответствует норме [6]. Однако, в крови мышей всех групп, кроме контрольных, увеличено содержание юных клеток (в норме их вообще нет). Относительно контроля уменьшено содержание моноцитов в крови мышей, получавших NS-1619, как у контрольной группы, так и у больных мышей, леченых NS-1619. Кроме того, у контрольных животных, получавших NS-1619, увеличена доля базофилов. При этом, отмечается повышение частот палочкоядерных нейтрофилов у животных 3 и 4 групп и сокращение частоты эозинофилов у мышей группы 2.

Таблица 1

Процентное содержание отдельных видов лейкоцитов в крови мышей

Группа	Юные нейтрофилы	Палочкоядерные нейтрофилы	Сегментоядерные нейтрофилы	Эозинофилы	Базофилы	Моноциты	Лимфоциты
К	0	2,75±0,85	12,0±1,96	3,75±0,85	1,50±0,87	10,25±1,94	69,75±1,89
К+NS	2,0±2,0 ($p=0,009$)**	5,50±1,50	9,50±0,50	1,0±1,0 ($p=0,0223$)*	5,50±0,50 ($p=0,0490$)*	5,50±1,50 ($p=0,0407$)*	71,0±1,0
MDX	2,67±0,33 ($p=0,009$)**	5,33±0,88 ($p=0,0409$)*	8,67±3,18	2,33±0,33	0 ($p=0,0409$)*	8,33±1,63	72,67±4,06
MDX+NS	1,0±0 ($p=0,008$)**	6,0±2,0 ($p=0,0404$)*	10,50±1,50	3,0±0,50	4,50±0,50	4,50±2,50 ($p=0,0444$)*	70,50±0,50
Норма по лейкоформуле мышей [6]	0	1–5	13–30	0–4	0–2	2–5	60–78

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

Таким образом, при сравнении данных лейкоцитарной формулы относительно контроля, во всех группах мышей выявляются сдвиги. Так в группе К+NS в лейкоцитарной формуле увеличивается содержание юных нейтрофилов и базофилов, и уменьшаются доли эозинофилов и моноцитов. В группе MDX – повышена доля палочкоядерных и юных форм клеток; в группе MDX+NS – увеличено содержание юных и палочкоядерных клеток, а количество моноцитов снижено до нормы.

Следует указать, что количество сегментоядерных нейтрофилов во всех группах наблюдения (контроль в том числе) находится за пределами нижней границы референсного интервала. В тоже время доли молодых клеток (юных и палочкоядерных) во всех группах, кроме контроля превышают максимально допустимые значения физиологической нормы у этих животных [6], что можно расценивать как левый сдвиг лейкоформулы, который отражает развитие воспалительных процессов. Хорошо известно, что эти клетки являются предшественниками зрелых сегментоядерных клеток и обычно выбрасываются в кровь при развитии хронических воспалительных реакций в организме.

После определения лейкоцитарной формулы нами рассчитаны значения некоторых лейкоцитарных индексов, которые представлены в таблице 2.

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+NS	0,24±0,02	0,22±0,01	1,16±0,06	0,31±0,01	4,20±0,31	3,29±0,71 (p=0,0480)*	14,00±4 (p=0,007)**
MDX	0,24±0,07	0,20±0,06	1,94±0,53	0,24±0,06	4,85±1,14	2,06±0,53	9,19±2,17 (p=0,0416)*
MDX+NS	0,25±0,05	0,23±0,05	1,03±0,19	0,32±0,06	4,19±0,81	6,25±4,25 (p=0,0344)*	22,75±12,75 (p=0,003)**

Примечание: * p<0,05 относительно контроля

Как можно видеть из таблицы 2 статистические расхождения в значениях индексов между изученными группами животных были обнаружены по индексу соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ) и по индексу соотношения нейтрофилов и моноцитов (ИСНМ). Множественные сравнения выявили рост величины ИСЛМ у мышей групп К+NS, MDX, MDX+NS в 2,2 раза, в 1,4 раза и в 3,5 раза, соответственно, относительно контроля. У мышей групп К+NS, MDX+NS показано также по сравнению с контролем увеличение значения ИСНМ в 2,3 и в 4,4 раза, соответственно.

Индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ) отражает баланс между лимфоцитами и моноцитами, а также связь афферентного и эффекторного звеньев иммунологического процесса, он также является показателем степени активности системной воспалительной реакции [7]. Поэтому, увеличение значения индекса ИСЛМ, возможно, свидетельствует о нарастании активности воспалительных процессов, развитии процессов эндогенной интоксикации у больных и всех животных, получавших данный препарат. Нельзя также исключать, на наш взгляд, изменения направленности иммунологических процессов в организме указанных групп мышей, либо их качественные перестройки, что говорит о необходимости дополнительных исследований, в частности, оценки иммунологического статуса организма больных и леченных животных.

Увеличение значения ИСНМ у мышей групп К+NS и MDX+NS относительно такого в контроле может свидетельствовать о нарушении соотношения компонентов микрофагально-макрофагальной системы, что также указывает на необходимость дополнительных иммунологических исследований.

При оценке размеров клеток было установлено (рис. 1), что лимфоциты (p=0,0321) и нейтрофилы (p=0,0327) мышей практически всех изученных групп различаются по своему диаметру относительно такого в контроле. При межгрупповых сравнениях было выяснено, что у мышей групп К+NS, MDX и MDX+NS наблюдается увеличение размеров нейтрофилов; у животных группы К+NS – увеличение размеров лимфоцитов, а в группе мышей MDX+NS, наоборот, – уменьшение размеров лимфоцитов относительно аналогичного показателя в контроле. Диаметр лимфоцитов дистрофин-дефицитных мышей не отличается от такового контрольной группы животных.

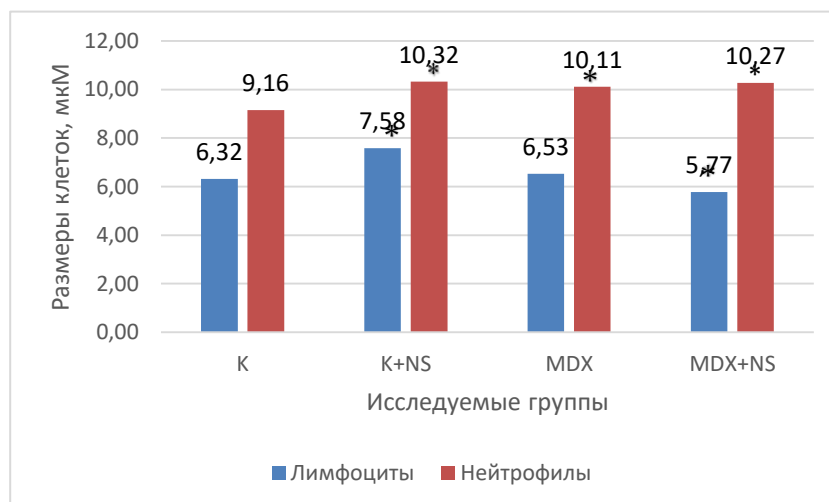


Рис. 1. Размеры лимфоцитов и нейтрофилов крови мышей различных групп

Примечание: * – p<0,05 относительно контроля

На основании анализа величин изученных лейкоцитарных параметров можно заключить, что наибольшие отклонения по ним характерны для крови групп контрольных мышей, получавших NS-1619 (K+ NS), и больных мышей, леченных NS-1619 (MDX+ NS).

Динамика величин лейкоцитарных индексов ИСЛМ и ИСНМ отражает сдвиги в лейкоцитарном профиле крови и свидетельствует об изменении иммунологической реактивности организма, необходимом для поддержания его гомеостаза в условиях патологии или фармакологического воздействия.

Полученные результаты говорят о необходимости более углубленного изучения влияния данного препарата на организм как здоровых, так и дистрофин-дефицитных мышей. В этом плане, на наш взгляд, очень важны комплексные иммунологические исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bushby K., Finkel R., Birnkrant DJ. Diagnosis and management of Duchenne muscular dystrophy // Part 1: diagnosis, and pharmacological and psychosocial management. 2010. Vol. 9. No 1. Pp. 77–78.
2. Eagle M., Baudouin S. V., Chandler C., Giddings D. R., Bullock R., Bushby K. Survival in Duchenne muscular dystrophy: improvements in life expectancy since 1967 and the impact of home nocturnal ventilation // *Neuromuscul Disord*. 2002. Vol. 12. Pp. 926–929.
3. Олесен С. П. Селективная активация Ca (2+)-зависимых K⁺ каналов новым бензимидазолом // *Европейский журнал фармакологии*. 1994. Т. 251. № 1. С. 9–15.
4. Yamamura H., Ohi Y., Muraki K., Watande M., Imaizumi Y. BK channel activation by NS-1619 is partially mediated by intracellular Ca²⁺ release in smooth muscle cells of porcine coronary artery // *British Journal of Pharmacology*. 2001. Vol. 132. No. 4. Pp. 828–834.
5. Лазуко С. С. Механизмы регуляции тонуса сосудов сердца: роль iNOS и калиевых каналов : монография. Витебск : ВГМУ. 2019. С. 185–187.
6. Ткаченко Е. А., Дерхо М. А. Лейкоцитарные индексы при экспериментальной кадмиевой интоксикации мышей // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. Т. 3. No. 47. С. 81–83.
7. Кательницкий И. И., Дарвин В. В., Зорькин А. А., Мазайшвили К. В. Лимфоцитарно-моноцитарный коэффициент как критерий диагностики и прогноза исхода реваскуляризирующих вмешательств у больных с синдромом критической ишемии нижних конечностей // *РМЖ*. 2019. Т. 8. No 2. С. 79–82.

Таксономический и эколого-биоморфологический анализ птеридофлоры Республики Марий

Коробейникова А. К., студ. 4 курса

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

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

Отдел Папоротниковидные – это группа споровых растений, относящаяся к числу наиболее древних. В отличие от плауновидных и хвощевидных, которые играют в современном растительном покрове незначительную роль, разнообразие папоротников все еще остается высоким (в настоящее время насчитывается около 300 родов и более 10 000 видов). Папоротники характеризуются весьма широким географическим распространением, но наибольшее разнообразие отмечается в тропическом поясе [1; 2].

Цель исследования – провести таксономический, морфологический, экологический и эколого-ценотический анализы птеридофлоры Республики Марий Эл.

Материалом для проведения исследования являются литературные данные [3–5] и коллекция папоротников музея-гербарии «YOŁA» им. Н. В. Абрамова Марийского государственного университета. В работе проводится морфологический анализ на основе классификаций жизненных форм К. Раункиера и И. Г. Серебрякова, экологический анализ растений по отношению к водному режиму и освещению, эколого-ценотический анализ. При характеристике жизненных форм и экологических групп использованы работы [5–8]. Эколого-ценотические группы рассмотрены по классификации О. В. Смирновой, Л. Г. Ханиной, В. Э. Смирнова [9]. Названия таксонов даны по изданию П. Ф. Маевского «Флора средней полосы...» 2014 г. [10].

Флора папоротников Республики Марий Эл насчитывает 8 семейств, включающих 14 родов и 22 вида. Семейство Asplenaceae включает 1 род и 1 вид *Asplenium ruta-muraria* L. – костенец постенный, семейство Athyriaceae представлено 4 родами и 6 видами (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth – коchedыжник женский, *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh. – пузырник ломкий, *C. sudetica* A. Br. et Milde – п. судетский, *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G. Kunze) Kurata – диплазиум сибирский, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm. – голокучник Линнея и *G. robertianum* (Hoffm.) Newm. – голокучник Роберта), семейство Dryopteridaceae представлено 2 родами и 5 видами (*Dryopteris expansa* (C. Presl) Fraser-Jenkins et Jermy – щитовник распростертый,

D. carthusiana (Vill.) Н. Р. Fuchs – щ. шартрский, *D. cristata* (L.) A. Gray – щ. гребенчатый, *D. filix-mas* (L.) Schott – щ. мужской и *Polystichum braunii* (Spenn.) Feqe – многорядник Брауна), семейство Hypolepidaceae насчитывает 1 вид из 1 рода *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn s. l. – орляк обыкновенный, семейство Onocleaceae включает 1 род и 1 вид *Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro – страусник обыкновенный, семейство Ophioglossaceae представлено 2 родами и 5 видами (*Botrychium lunaria* (L.) Swartz – гроздовник полулунный, *B. matricariifolium* A. Br. ex W. D. J. Koch – г. ромашколистый, *B. multifidum* (S. G. Gmelin) Rupr. – г. многораздельный, *B. virginianum* (L.) Swartz – г. виргинский и *Ophioglossum vulgatum* L. – уховник обыкновенный), семейство Salviniaceae 1 род и 1 вид *Salvinia natans* (L.) All. – сальвиния плавающая, семейство Thelypteridaceae представлено 2 видами из 2 родов (*Phegopteris connectilis* (Michx.) walt – фегоптерис связывающий и *Thelypteris palustris* Schott – телиптерис болотный). Наиболее крупными по числу видов являются следующие семейства: Athyriaceae (4 рода, 6 видов), Dryopteridaceae и Ophioglossaceae (по 5 видов из 2 родов).

В настоящее время коллекция папоротников гербария «YOLA» им. Н. В. Абрамова насчитывает 662 образца, 14 родов, 20 видов. В коллекции отсутствуют редкие виды: *Botrychium virginianum* и *B. matricariifolium* [11].

На основе классификации К. Раункиера среди представителей птеридофлоры были выделены 3 группы: геофиты – 11 видов (50 %) (*Botrychium lunaria*, *B. matricariifolium*, *B. multifidum*, *B. virginianum*, *Diplazium sibiricum*, *Gymnocarpium robertianum*, *G. dryopteris*, *Ophioglossum vulgatum*, *Phegopteris connectilis*, *Pteridium aquilinum*, *Thelypteris palustris*), гемикриптофиты – 10 видов (45,45 %) (*Asplenium ruta-muraria*, *Athyrium filix-femina*, *Cystopteris fragilis*, *C. sudetica*, *Dryopteris expansa*, *D. carthusiana*, *D. cristata*, *D. filix-mas*, *Matteuccia struthiopteris* и *Polystichum braunii*) и криптофиты – 1 вид (4,55 %) (*Salvinia natans*).

Среди видов папоротников по классификации И.Г. Серебрякова встречается 21 вид многолетних травянистых растений и 1 однолетнее растение. Многолетние травянистые растения преимущественно представлены короткорезищными травянистыми многолетниками – 14 видов (63,64 %) (*Asplenium ruta-muraria*, *Athyrium filix-femina*, *Botrychium lunaria*, *B. matricariifolium*, *B. multifidum*, *B. virginianum*, *Cystopteris fragilis*, *Dryopteris expansa*, *D. carthusiana*, *D. cristata*, *D. filix-mas*, *Matteuccia struthiopteris*, *Ophioglossum vulgatum* и *Polystichum braunii*), а также длинкорезищными травянистыми многолетниками – 7 видов (31,82 %) (*Cystopteris sudetica*, *Diplazium sibiricum*, *Gymnocarpium robertianum*, *G. dryopteris*, *Phegopteris connectilis*, *Pteridium aquilinum* и *Thelypteris palustris*). К однолетним растениям относится 1 вид (4,55 %) *Salvinia natans*.

В ходе исследования был проведен анализ видов папоротников по отношению к основным экологическим факторам. Было выявлено, что по отношению к влажности папоротники Республики Марий Эл относятся к 5 экологическим группам: ксеромезофиты, гигромезофиты, мезофиты, гигрофиты и гидрофиты. Преобладающей группой являются гигромезофиты – 10 видов (45,45 %) (*Athyrium filix-femina*, *Cystopteris fragilis*, *Diplazium sibiricum*, *Dryopteris expansa*, *D. carthusiana*, *D. cristata*, *Gymnocarpium robertianum*, *G. dryopteris*, *Matteuccia struthiopteris* и *Phegopteris connectilis*). К мезофитам относится 6 видов (27,27 %) (*Botrychium lunaria*, *B. matricariifolium*, *B. multifidum*, *Cystopteris sudetica*, *Dryopteris filix-mas* и *Polystichum braunii*). Гигрофиты представлены 3 видами (13,64 %) (*Botrychium virginianum*, *Ophioglossum vulgatum* и *Thelypteris palustris*), ксеромезофиты – 2 видами (9,09 %) (*Asplenium ruta-muraria* и *Pteridium aquilinum*). К гидрофитам относится 1 вид *Salvinia natans* (4,55 %).

По отношению к освещению выделяются 3 группы: светолюбивые, теневыносливые и тенелюбивые. Выявлено явное преобладание теневыносливых растений – 15 видов (68,18 %) (*Athyrium filix-femina*, *Botrychium lunaria*, *B. matricariifolium*, *B. multifidum*, *B. virginianum*, *Cystopteris fragilis*, *C. sudetica*, *Dryopteris expansa*, *D. cristata*, *Gymnocarpium robertianum*, *Matteuccia struthiopteris*, *Ophioglossum vulgatum*, *Phegopteris connectilis*, *Pteridium aquilinum* и *Thelypteris palustris*). Тенелюбивые растения представлены 5 видами (22,73 %) (*Diplazium sibiricum*, *Dryopteris carthusiana*, *D. filix-mas*, *Gymnocarpium dryopteris* и *Polystichum braunii*). К группе светолюбивых растений относятся только 2 вида (9,09 %) папоротников – *Salvinia natans* и *Asplenium ruta-muraria*.

Представители птеридофлоры Республики Марий Эл относятся к 6 эколого-ценотическим группам: бореальной, неморальной, нитрофильной, водно-болотной, лугово-степной и боровой. Неморальная группа, объединяющая неморальную внутрилесную группу, образованную видами сомкнутых широколиственных лесов и неморальную опушечную группу, образованную видами, растущими в окнах широколиственных лесов и на опушках. Неморальная внутрилесная группа включает 5 видов: *Asplenium ruta-muraria*, *Cystopteris fragilis*, *Dryopteris carthusiana*, *D. filix-mas* и *Polystichum braunii* (22,73 %). Нитрофильная группа, объединяющая нитрофильную (ольшаниковую) внутрилесную группу, образованную видами

сомкнутых черноольховых лесов и нитрофильную (ольшаниковую) опушечную группу, образованную видами разреженных черноольховых лесов. Нитрофильная внутрилесная и нитрофильная опушечная группы включают по 2 вида: *Dryopteris cristata* и *Thelypteris palustris* и *Athyrium filix-femina* и *Matteuccia struthiopteris* соответственно (18,18 %). Бореальная группа, объединяющая бореальную внутрилесную группу, образованную видами сомкнутых темнохвойных лесов и бореальную опушечную группу, образованную видами, растущими в окнах темнохвойных лесов и на опушках. К бореальной внутрилесной группе относятся 3 вида: *Botrychium matricariifolium*, *Diplazium sibiricum* и *Dryopteris expansa*, бореальная опушечная группа включает 5 видов: *Botrychium multifidum*, *Cystopteris sudetica*, *Gymnocarpium robertianum*, *G. dryopteris* и *Phegopteris connectilis* (36,36 %). Боровая группа, объединяющая боровую внутрилесную группу, образованную видами сомкнутых сосновых лесов и боровую опушечную группу, образованную видами разреженных сосновых лесов. К боровой опушечной группе относится 1 вид *Pteridium aquilinum* (4,55 %). Обобщенная группа лугов и степей, объединяющая ксерофильную группу, образованную видами разреженных широколиственных лесов лесостепи (байрачных дубрав), лугово-степную группу, подгруппу видов луговых и настоящих степей, подгруппу видов сухих лугов и подгруппу видов влажных лугов. К подгруппе видов влажных лугов относятся 2 вида: *Botrychium lunaria* и *B. virginianum* (9,09 %). Обобщенная водно-болотная группа, объединяющая прибрежно-водные и внутриводные виды, виды свежего аллювия, верховых (олиготрофных) и низинных (мезотрофных) болот. Данная группа включает 2 вида *Ophioglossum vulgatum* и *Salvinia natans* (9,09 %).

Выводы

1. Флора папоротников Республики Марий Эл насчитывает 8 семейств, включающих 14 родов и 22 вида. Наибольшее видовое разнообразие имеют 3 семейства: кочедыжниковые (рода голокучник, диплазиум, кочедыжник, пузырник), щитовниковые (рода многорядник, щитовник) и ужовниковые (рода гроздовник, ужовник).

2. На основе классификации жизненных форм по К. Раункиеру среди представителей птеридофлоры отмечены геофиты – 11 видов, гемикриптофиты – 10 видов и криптофиты – 1 вид. По классификации И. Г. Серебрякова встречается 1 однолетнее растение и 21 вид многолетних травянистых растений, среди которых 14 видов короткокорневищных травянистых многолетников и 7 видов длиннокорневищных травянистых многолетников.

3. По приуроченности к местообитаниям с разными условиями увлажнения выявлены гигромезофиты – 10 видов, мезофиты – 6 видов, гигрофиты – 3 вида, ксеромезофиты – 2 вида, гидрофиты – 1 вид. По отношению к освещению выделяются теневыносливые растения – 15 видов, тенелюбивые – 5 видов, светолюбивые – 2 вида.

4. Представители птеридофлоры Республики Марий Эл относятся к 6 эколого-ценотическим группам: бореальная – 8 видов, неморальная – 5 видов, нитрофильная – 4 вида, лугово-степная и водно-болотная по 2 вида, боровая – 1 вид.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашаева Г. Г., Якупова В. В., Лебедева М. В. Папоротникообразные коллекции оранжереи ЮУБСИ УФИЦ РАН // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 12–1 (90). С. 197–185.
2. Олейникова С. В., Гаевский Н. А., Селенина Е. А. Сравнение фотосинтетической активности гаметофитов и молодых спорофитов тропических папоротников в культуре // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии : сб. научных статей по материалам XII Международной научно-практической конференции. 2013. С. 90–92.
3. Абрамов Н. В. Конспект флоры Республики Марий Эл / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 1995. 192 с.
4. Абрамов Н. В. Флора Республики Марий Эл: справ. Пособие / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2008. 196 с.
5. 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.
6. Бакин О. В., Рогова Т. В., Ситников А. П. Сосудистые растения Татарстана. Казань : изд-во Казанского университета, 2000. 496 с.
7. Гафурова М. М. Сосудистые растения Чувашской Республики. Флора Волжского бассейна. Тольятти : Кассандра, 2014. 333 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.
10. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
11. 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.
12. Красная книга Республики Марий Эл. Растения. Грибы / Л. В. Рыжова, О. В. Жукова, Ю. Г. Суетина, Г. А. Богданов, Г. П. Урбанавичюс, М. В. Бекмансуров / под ред. О. Г. Барановой, Л. В. Рыжовой, Ю. Г. Суетиной. Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2023. 352 с.

Редкие виды папоротников Республики Марий Эл и сопредельных регионов

Коробейникова А. К., студ. 4 курса

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

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

В настоящее время сохранение редких и исчезающих видов растений является глобальной задачей. Наряду с влиянием окружающей среды, антропогенная деятельность приводит к сокращению биоразнообразия. Наиболее распространенными способами защиты и сохранения редких видов являются занесение растений в Красные книги, охрана на особо охраняемых природных территориях и интродукция исчезающих видов в ботанических садах [1–3].

Цель исследования – провести сравнительный анализ редких видов папоротников Республики Марий Эл и сопредельных регионов.

Материалом для проведения исследования являются литературные данные [4–11].

Первые сведения по редким и исчезающим видам папоротников Республики Марий Эл приводятся Н. В. Абрамовым в 1979 г. [4]. В первое издание Красной книги растений республики (1997 г.) были включены 9 видов папоротников [5]. Во второе издание Красной книги (2013 г.) были включены 11 видов папоротников, добавлены 2 вида: *Botrychium matricariifolium* A. Br. ex Koch и *Cystopteris sudetica* A. Br. et Milde [6]. В третьем издании Красной книги (2023 г.) присутствуют те же 11 видов (табл. 1), однако *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G. Kunze) Kurata и *Ophioglossum vulgatum* L., ранее относившиеся к категории (2) – сокращающиеся в численности виды, стали относиться к категории (3) – редкие виды (табл. 2) [7].

В результате сравнительного анализа редких видов папоротников выяснилось, что в Красные книги РМЭ и всех соседних регионов (табл. 1) занесено от 8 до 11 видов, общими являются 3 вида: *Cystopteris sudetica* A. Br. et Milde, *Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newm. и *Salvinia natans* (L.) All. Специфика региональных Красных книг заключается в том, что виды в них внесены с учетом особенностей состояния популяций и экологических условий конкретной территории [12]. Отсутствие других видов в какой-либо Красной книге связано с их отсутствием или с широким распространением на территории определенного региона. На территории Республики Марий Эл и соседних регионов нет видов папоротников, занесенных в Красную книгу Российской Федерации (2008 г.) и в приказ Минприроды России «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации» (2023 г.) [13; 14].

Таблица 1

Редкие виды папоротников в Красных книгах Республики Марий Эл, Кировской области, Нижегородской области, Республики Татарстан и Чувашской Республики

Вид	Красная книга				
	Республики Марий Эл, 2023	Кировской области, 2014	Нижегородской области, 2017	Республики Татарстан, 2016	Чувашской Республики, 2020
<i>Asplenium viride</i> Huds. — костенец зеленый			+		
<i>A. ruta-muraria</i> L. – костенец постенный	+	+		+	
<i>Botrychium lanceolatum</i> (S. G. Gmel) Angstr. – гроздовник ланцетовидный		+			
<i>B. lunaria</i> (L.) Swartz – г. полулунный	+		+	+	+
<i>B. matricariifolium</i> A. Br. ex Koch – г. ромашколистный	+	+	+		
<i>B. multifidum</i> (S.G. Gmelin) Rupr. – г. многораздельный	+		+	+	+
<i>B. virginianum</i> (L.) Sw. – г. виргинский	+	+	+		+
<i>Cystopteris montana</i> (Lam.) Desv. – пузырник горный		+			
<i>C. sudetica</i> A. Br. et Milde – п. судетский	+	+	+	+	+
<i>Diplazium sibiricum</i> (Turcz. ex G. Kunze) Kurata – диплазиум сибирский	+		+	+	+

Вид	Красная книга				
	Республики Марий Эл, 2023	Кировской области, 2014	Нижегородской области, 2017	Республики Татарстан, 2016	Чувашской Республики, 2020
<i>Dryopteris assimilis</i> S. Walker – щитовник схожий				+	+
<i>Gymnocarpium robertianum</i> (Hoffm.) Newm. – голокучник Роберта	+	+	+	+	+
<i>Ophioglossum vulgatum</i> L. – ужовник обыкновенный	+		+	+	+
<i>Phegopteris connectilis</i> (Michx.) watt – фегоптерис связывающий				+	
<i>Polystichum braunii</i> (Spenn.) Feqe – многорядник Брауна	+		+	+	+
<i>Salvinia natans</i> (L.) All. – сальвиния плавающая	+	+	+	+	+
Всего	11	8	11	11	10

С момента появления первых Красных книг и списков видов, рекомендуемых к охране, каждый вид, занесенный в такие книги или списки, обычно относят к той или иной категории. В отечественной литературе и нормативных правовых актах эти категории называют категориями статуса редкости, они служат своеобразными «метками», определяющими приоритеты в деле сохранения видов и влияют на рекомендуемые меры охраны [15]. На уровне региональных Красных книг нет унифицированной системы категорий статуса редкости.

Для охраны редких и находящихся под угрозой исчезновения видов в Красной книге Российской Федерации приняты шесть категорий статуса редкости: (0) – вероятно исчезнувшие; (1) – находящиеся под угрозой исчезновения; (2) – сокращающиеся в численности; (3) – редкие; (4) – неопределенные по статусу; (5) – восстанавливаемые и восстанавливающиеся в численности [13]. Несмотря на то, что эти категории были рекомендованы к использованию при составлении Красных книг субъектов Российской Федерации, данный перечень категорий применялся не во всех регионах. Вместе с этим возникают противоречия в совмещении редких видов, занесенных в Красную книгу РФ и региональные Красные книги. Изобретение новых категорий приводит к путанице в системе ранжирования угроз, а также создает проблемы в их толковании [16].

В Красной книге Республики Марий Эл, Республики Татарстан и Чувашской Республики приняты те же шесть категорий статуса редкости, что и в Красной книге Российской Федерации [7; 10; 11].

В Красной книге Кировской области используется система категорий статусов видов, разработанная на основе категорий статуса редкости Международного союза охраны природы: EX – исчезнувшие; EW – исчезнувшие в дикой природе; CR – в критической опасности, или находящиеся на грани исчезновения; EN – в опасности, или исчезающие виды; VU – в уязвимом положении; NT – близки к уязвимому положению; LC – находятся под наименьшей угрозой; DD – данных недостаточно и NE – угроза не оценивалась [17]. Все охраняемые виды Кировской области отнесены к пяти основным категориям: категория I – виды, находящиеся под угрозой исчезновения и виды, возможно, уже исчезнувшие или находки которых не регистрировались на протяжении последних 10 лет; категория II – виды, численность которых быстро сокращается; категория III – виды, не находящиеся под угрозой вымирания, но встречающиеся в таком небольшом числе особей или на таких ограниченных территориях, что любая серьезная опасность может быстро привести к их исчезновению, малочисленные, узкоареальные, реликтовые и эндемичные виды; категория IV – виды, статус редкости которых не установлен в силу малой изученности; V – восстановленные виды, виды, выходящие из-под угрозы исчезновения [8].

В Красной книге Нижегородской области для каждого вида указывается категория статуса из перечня утвержденных для Нижегородской области: 0 – виды, исчезнувшие на территории Нижегородской области, виды, встречи которых не зарегистрированы в течение последних 100 лет (для беспозвоночных животных, растений и грибов); А – виды, находящиеся под угрозой исчезновения; Б – уязвимые виды, численность которых быстро сокращается; В – редкие виды, виды с низкой численностью, в том числе: В1 – виды, для которых низкая численность (плотность популяций) является биологической нормой, В2 – виды, находящиеся на границе ареала, В3 – виды, ставшие редкими в результате деятельности человека; Г – виды, являющиеся редкими в результате действия естественных или антропогенных факторов, численность которых имеет тенденцию к росту (восстанавливающиеся в результате принятых мер охраны...); Д – неопределенные виды, малоизвестные, недостаточно изученные, для которых нет достаточно данных, чтобы конкретизировать их статус; Е – угрожаемые виды, нуждающиеся в охране в какой-либо части Нижегородской области; Ж – коммерчески

угрожаемые виды, большей части популяций которых угрожает истребление в связи с их коммерческой эксплуатацией; 3 – виды или группы видов, для которых занесению в Красную книгу и особой охране подлежат ключевые местообитания (территории, представляющие особую ценность для сохранения данных видов) [9]. В большинстве случаев категории не совпадают.

Таблица 2

Категории статуса редкости видов папоротников, занесенных в Красные книги Республики Марий Эл, Кировской области, Нижегородской области, Республики Татарстан и Чувашской Республики

Вид	Красная книга				
	Республики Марий Эл, 2023	Кировской области, 2014	Нижегородской области, 2017	Республики Татарстан, 2016	Чувашской Республики, 2020
<i>Asplenium viride</i> – костенец зеленый			А		
<i>A. ruta-muraria</i> – костенец постенный	1	I		2	
<i>Botrychium lanceolatum</i> – гроздовник ланцетовидный		I			
<i>Botrychium lunaria</i> – г. полулунный	2		В1	2	2
<i>B. matricariifolium</i> – г. ромашколистный	1	I	Д		
<i>B. multifidum</i> – г. многораздельный	3		В1	2	3
<i>B. virginianum</i> – г. виргинский	0	III	В1		1
<i>Cystopteris montana</i> – пузырник горный		III			
<i>C. sudetica</i> – п. судетский	3	III	А	1	1
<i>Diplazium sibiricum</i> – диплазиум сибирский	3		Б	2	1
<i>Dryopteris assimilis</i> – щитовник схожий				3	3
<i>Gymnocarpium robertianum</i> – голокучник Роберта	3	III	В1	2	1
<i>Ophioglossum vulgatum</i> – уховник обыкновенный	3		В1	2	1
<i>Phegopteris connectilis</i> – фегоптерис связывающий				3	
<i>Polystichum braunii</i> – многорядник Брауна	3		А	3	2
<i>Salvinia natans</i> – сальвиния плавающая	5	III	З	5	5

Оценивая природоохранный статус, было выявлено, что в Красных книгах Республики Марий Эл, и Нижегородской области преобладают виды папоротников, относящиеся к категории редкие виды, в Красной книге Кировской области большинство – виды, не находящиеся под угрозой вымирания, но встречающиеся в таком небольшом числе особей или на таких ограниченных территориях, что любая серьезная опасность может быстро привести к их исчезновению, в Красной книге Республики Татарстан большинство видов относятся к категории сокращающиеся в численности виды, а в Красной книге Чувашской Республики половина видов относится к категории виды, находящиеся под угрозой исчезновения (табл. 2).

На территории Республики Марий Эл папоротники охраняются на двух ООПТ федерального значения и на восьми ООПТ республиканского значения, среди которых 4 заказника и 4 памятника природы. В заповеднике «Большая Кокшага» охраняется 2 вида папоротников: *Botrychium matricariifolium* и *B. multifidum*. В Национальном парке «Марий Чодра» – 6 видов: *B. lunaria*, *B. multifidum*, *Cystopteris sudetica*, *Diplazium sibiricum*, *Ophioglossum vulgatum* и *Polystichum braunii*. В заказнике «Марийское Присурье» под охраной находятся 5 видов: *Botrychium lunaria*, *Ophioglossum vulgatum*, *Polystichum braunii*, *Diplazium sibiricum* и *Salvinia natans*, в заказнике «Каменная гора» – 3 вида: *Asplenium ruta-muraria*, *Botrychium lunaria*, *Cystopteris sudetica*, в заказнике «Горное Заделье» – 2 вида *Cystopteris sudetica* и *Gymnocarpium robertianum*, а в заказнике «Шайра Кундеш-Сотнурская возвышенность» 1 вид – *Cystopteris sudetica*. На территории памятника природы «Болото Пошкит Куп» охраняется 4 вида – *Botrychium lunaria*, *B. matricariifolium*, *Polystichum braunii* и *Salvinia natans*, в памятнике природы «Карман Курык» 3 вида – *Botrychium lunaria*, *B. multifidum* и *Gymnocarpium robertianum*, а на территории памятников природы «Озеро Большой Мартын» и «Озеро соленое» охраняется 1 вид – *Botrychium lunaria* [7].

Таким образом, Красные книги, в том числе региональные, являются одним из наиболее распространенных и действенных способов сохранения биоразнообразия. В результате сравнительного анализа редких видов папоротников выяснилось, что в Красные книги РМЭ и всех соседних регионов занесено от 8 до 11 видов, общими являются 3 вида. На территории Республики Марий Эл охраняются 11 видов папоротников: *Asplenium ruta-muraria*, *Botrychium lunaria*, *B. matricariifolium*, *B. multifidum*, *B. virginianum*, *Cystopteris sudetica*, *Diplazium sibiricum*, *Gymnocarpium robertianum*, *Ophioglossum vulgatum*, *Polystichum braunii* и *Salvinia natans*. Однако, в настоящее время в Красных книгах субъектов Российской Федерации используются разные шкалы, определяющие статус видов, из-за чего сравнение категорий статуса редкости оказывается сложным. Наибольшее число видов папоротников, занесенных в Красную книгу РМЭ охраняются на территории Национального парка «Марий Чодра» (6 видов), заказника «Марийское Присурье» (5 видов) и памятника природы «Болото Пошкит Куп» (4 вида).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вронская О. О., Роднова Т. В. Интродукция редких и исчезающих видов в Кузбасском ботаническом саду // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2019. № 18. С. 566–569.
2. Зарипова А. А., Абдуллина А. И., Хайрулина С. Н. Особенности сохранения редких и исчезающих видов растений // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2020. № 1 (53). С. 51–56.
3. Силантьева М. М., Елесова Н. В., Сперанская Н. Ю. Редкие и исчезающие виды растений и растительные сообщества на особо охраняемых природных территориях Алтайского края // Acta Biologica Sibirica. 2019. Т. 5. № 4. С. 38–43.
4. Абрамов Н. В. Редкие и исчезающие растения Марийской АССР и вопросы их охраны. Йошкар-Ола : Знание, 1979. 37 с.
5. Красная книга Республики Марий Эл: редкие и нуждающиеся в охране растения Марийской флоры / Составитель Н. В. Абрамов. Йошкар-Ола : Мар. книж. изд-во, 1997. 128 с.
6. 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.
7. Красная книга Республики Марий Эл. Растения. Грибы / Л. В. Рыжова, О. В. Жукова, Ю. Г. Суетина, Г. А. Богданов, Г. П. Урбанавичюс, М. В. Бекмансуров; под ред. О. Г. Барановой, Л. В. Рыжовой, Ю. Г. Суетиной. Йошкар-Ола : Мар. Гос. ун-т, 2023. 352 с.
8. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров : Кировская областная типография, 2014. 336 с.
9. Красная книга Нижегородской области. 2-е изд., перераб. И доп. Т. 2.: Сосудистые растения, моховидные, водоросли, лишайники, грибы / С. В. Бакка [и др.]; науч. ред. А. В. Чкалов. Калининград : РОСТ-ДООАФК, 2017. 304 с.
10. Красная книга Республики Татарстан: животные, растения, грибы / Министерство лесного хозяйства Республики Татарстан [главный редактор: А. А. Назиров]. Издание 3-е. Казань : Идеал-пресс, 2016. 759 с.
11. Красная книга Чувашской Республики. Том 1. Часть 1: Редкие виды растений и грибов. Издание второе, переработанное и дополненное / Науч. ред. М. М. Гафурова, М. С. Игнатов, Т. Ю. Толпышева, Т. Ю. Светашева; под общ. ред. М. М. Гафуровой. Москва : Буки Веди, 2020. 332 с.
12. Соловьева В. В., Сенатор С. А. Гидрофильный компонент флоры в региональных красных книгах Волжского бассейна // Раритеты флоры Волжского бассейна. доклады участников российской научной конференции. 2009. С. 226–233.
13. Красная книга Российской Федерации (Растения и Грибы). М., 2008. 856 с.
14. Приказ Минприроды России от 23.05.2023 № 320 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации»: зарегистрировано в Минюсте России 21.07.2023 № 74362 // КонсультантПлюс [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_452852/?ysclid=lvjrdl4dte11712617 (дата обращения: 24.04.2024).
15. Гельтман Д. В. Категории статуса редкости в красных книгах // Ботанический журнал. 2017. Т. 102. № 7. С. 875–888.
16. Ушаков М. В. Теоретические аспекты региональной Красной книги // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. 2016. № 6. С. 46–55.
17. Международная Красная книга (МСОП). URL: <https://cicon.ru/krasnaya-kniga-mira.html> (дата обращения: 25.04.2024).

Морфо-функциональная характеристика почек мышей при экспериментальной миодистрофии Дюшенна

Краева Е. Н., студ.4 курса

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

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Kkraeva49@gmail.com

Миодистрофия Дюшенна – агрессивное X-сцепленное наследственное прогрессирующее заболевание из группы первичных миопатий, связанное с мутациями гена DMD, резким снижением количества дистрофина в мышцах у людей мужского пола [1]. Общемировая заболеваемость миодистрофией Дюшенна составляет 1:5000 новорожденных мальчиков. Частота встречаемости других форм ПМД в популяции существенно ниже [2]. Дистрофиновый комплекс стабилизирует плазматическую мембрану симпластов и поперечно-полосатых мышечных клеток. В мышцах больных миодистрофией и у носителей данного заболевания обнаружен дефицит дистрофина, а экспрессия атрофина в волокнах значительно повышена [3]. Недостаток дистрофина приводит

к нарушению работы дистрофин-гликопротеинового комплекса, нестабильности мембран, мышечной дегенерации и некрозу мышечных волокон [4].

В настоящей работе приведены данные исследований по изучению морфологии почек мышей при миодистрофии Дюшенна. Так как миодистрофия Дюшенна является нейро-мышечным заболеванием в научной литературе, прежде всего, рассматриваются проблемы скелетной или сердечной мускулатуры при данном заболевании, а также обсуждаются вопросы генетического лечения. Однако, по нашему мнению, недостаточно работ, описывающих морфо-функциональное состояние почек при данной патологии, хотя изменения в этом органе существенным образом могут влиять на продолжительность и качество жизни. Таким образом, актуальность данной темы очевидна.

Для выполнения настоящего исследования использовались мыши 4 групп: **wt (wild type)** – контроль (дикий тип); **wt+mt** – контрольные животные, которым вводили митохондрии здоровых мышей; **mdx** – мутантные мыши с дистрофией Дюшенна и **mdx+mt** – мутантные мыши, которым внутримышечно в задние конечности вводились аллогенные митохондрии. Введение аллогенных митохондрий дистрофин-дефицитным мышам, как показано в отдельных исследованиях [5], сопровождается улучшением ультраструктуры скелетной мускулатуры животных, снижением интенсивности дегенеративных процессов, а также улучшением их функции.

Для изучения структуры почек готовили гистологические препараты (5 мкм) по стандартным методикам [6], используя ротационный микротом Minux S710 (RWD Life Science, Китай). Исследование срезов проводилось на микроскопе Biobase DM-300M (Jinan Biobase Medical Co., Китай). Для определения размеров отдельных структур почечной паренхимы (высота эпителия проксимальных канальцев и площадь сосудистых клубочков) срезы фотографировали при помощи микроскопа EVOS M5000 (Thermo Fisher Scientific, США). Для морфометрии гистологических структур использовали программу ImageJ.

Цифровые данные обрабатывали с помощью табличного процессора Excel и программы STATISTICA 12. Для статистического анализа данных проводили сначала проверку на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. В дальнейшем использовали критерий Краскела-Уоллиса. Различия признаков считались значимыми при $p < 0,05$.

В результате проведенных исследований в почках мышей групп **wt** и **wt+mt** патологических изменений не было выявлено, т.е. они соответствуют нормальной морфологии данного органа, характерной для большинства млекопитающих [7].

При исследовании почек мышей группы **mdx** (дистрофин-дефицитные мыши) в паренхиме органов были обнаружены отек цитоплазмы эпителиальных клеток и деструктивные процессы (рис. 1).

При этом в эпителии проксимальных и дистальных извитых канальцев отмечались картины мелко- и среднекапельной вакуольной дистрофии. Ядра клеток таких канальцев были смещены к периферии (рис. 1А). Встречались извитые канальцы, где просвет резко сужен, а в ряде полей зрения он вовсе был не различим (рис. 1Б).

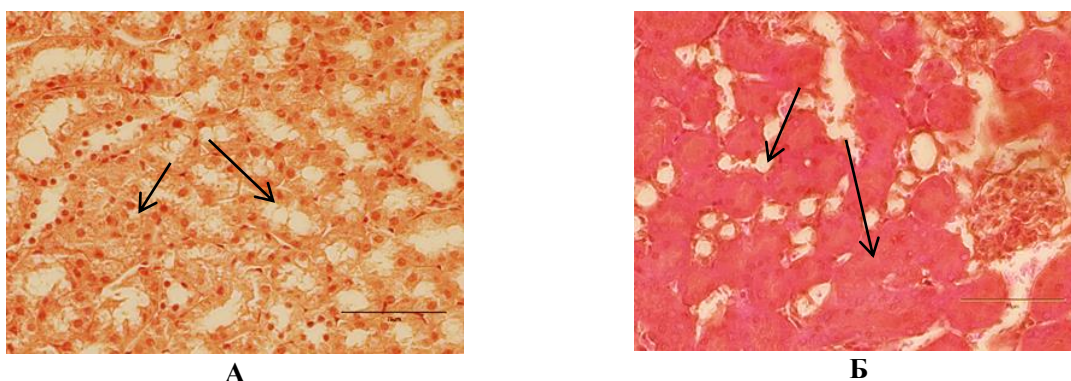


Рис. 1. Эпителий извитых канальцев в корковом веществе почек мышей группы **mdx** (гематоксилин-эозин; шкала – 75 мкм: А – вакуольная дистрофия эпителия канальцев (стрелки); Б – проксимальные извитые канальцы с невыраженным просветом (стрелки)

В просветах ряда канальцев можно было наблюдать десквамацию эпителиальных клеток. В нескольких полях зрения высота эпителия канальцев казалась визуально уменьшенной, что можно считать проявлением слабо-выраженной атрофии либо началом ее развития (рис. 2). В отдельных участках препаратов наблюдались диапезные кровоизлияния, что может свидетельствовать о нарушении кровообращения в органе.

Почечные тельца на препаратах в большинстве имели нормальное морфологическое строение, но встречались тельца и с визуально увеличенным объемом капиллярных петель, в результате чего просвет между висцеральным и париетальным листком практически не был выражен (рис. 3).

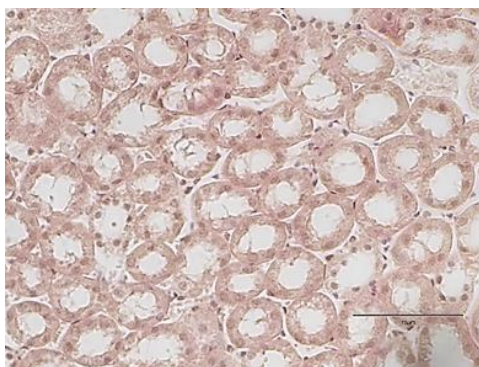


Рис. 2. Эпителий извитых канальцев почки мыши группы mdx со слабо-умеренными признаками атрофии (гематоксилин-эозин; шкала – 75 мкм)

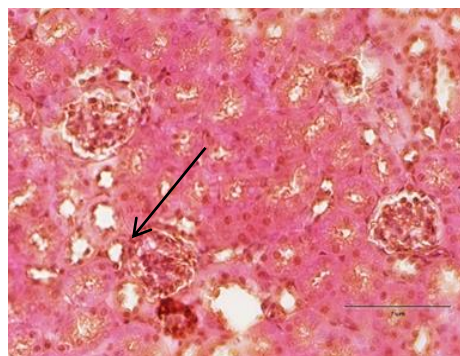


Рис. 3. Почечное тельце мыши группы mdx с увеличенным объемом капиллярных петель сосудистого клубочка (стрелка, гематоксилин-эозин; шкала – 75 мкм)

В почках мышей группы **mdx+mt** эпителий канальцев также имел признаки вакуольной дистрофии. В просветах канальцев наблюдались клетки слущенного эпителия. Встречались почечные тельца с выраженными петлями дольчатого вида (рис.4). В ряде полей зрения в клубочках почечных телец дифференцировались запустевшие капилляры, что также может свидетельствовать о нарушениях кровообращения органа. Встречались участки паренхимы, где высота эпителия канальцев была визуальнo уменьшена.

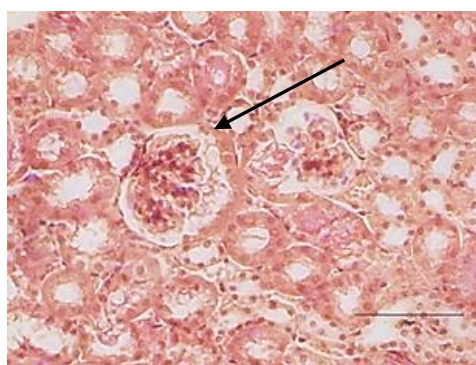


Рис. 4. Почечное тельце в почке мыши группы mdx+mt, имеющее дольчатый вид сосудистого клубочка (гематоксилин-эозин; шкала – 75 мкм)

В ходе морфометрического исследования нами в каждой почке были определены высота эпителия в 20 случайных проксимальных извитых канальцах и площадь сосудистых клубочков в 20 случайных почечных тельцах. Результаты морфометрического исследования представлены на рис.5 и рис. 6.

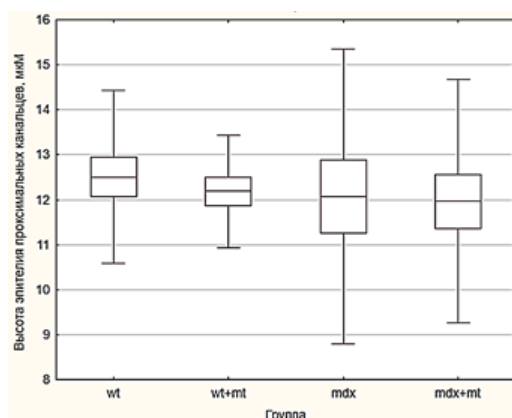


Рис. 5. Распределение средних значений высоты эпителия проксимальных канальцев почек мышей разных групп

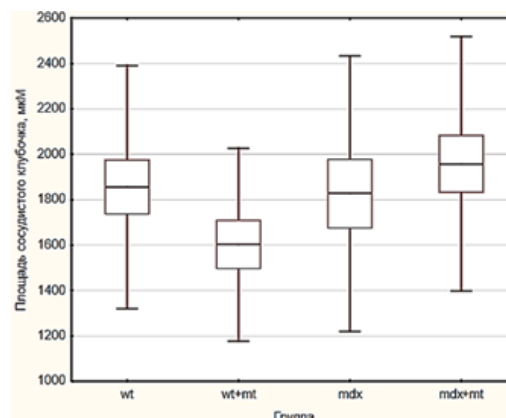


Рис. 6. Распределение средних значений площади сосудистых клубочков почек мышей разных групп

Как можно видеть из рис. 5. высота эпителия проксимальных канальцев в почках всех групп мышей статистически не различается ($p > 0,05$).

По площади сосудистого клубочка (рис. 6) также не установлено существенных различий между сравниваемыми группами мышей ($p > 0,05$).

Таким образом, по изученным морфометрическим показателям почек не установлено каким-либо различий. Введение аллогенных митохондрий не влияет на состояние исследуемого органа. Однако, учитывая наличие патологических морфологических сдвигов, наблюдаемых нами в паренхиме почек мышей групп mdx и mdx+mt (дистрофия и десквамация канальцевых клеток эпителия), необходимо в дальнейшем провести определение площадей паренхимы органа, имеющих зоны с дистрофией клеток и канальцев, где обнаружены картины массовой десквамации эпителия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравцова В. В. Функциональная гетерогенность Na,K-АТФ-азы в скелетной мышце : дисс. ... д-ра. биол. наук: 03.03.01. СПб. 2018. 236 с.
2. Соколовская М. А., Макарецкая Е. С., Гаврилова Е. Н. Клинический случай семейной миодистрофии Дюшенна // Мать и Дитя в Кузбассе. 2022. Т. 90. № 3. С. 182–188.
3. Gao Q. Q., McNally E. M. The Dystrophin Complex: Structure, Function and Implications for Therapy // Compr Physiol. 2015. Vol. 5. № 3. Pp. 1223–39.
4. Гайнетдинова Д. Д., Новоселова А. А. Современные возможности диагностики и лечения мышечной дистрофии Дюшенна // Казанский мед. ж. 2020. Т. 101. № 4. С. 530–537.
5. Дубинин М. В. Дисфункция митохондрий в экспериментальной модели мышечной дистрофии Дюшенна у мышей: механизмы и возможные подходы к коррекции: дисс. ... д-ра. биол. наук: 1.5.22. Йошкар-Ола, 2024. 269 с.
6. Меркулов Г. А. Курс патологической техники. Л. : Медицина. 1969. 424 с.
7. Васильев Ю. Г., Трошин Е. И., Яглов В. В. Цитология, гистология, эмбриология : учебник Санкт-Петербург : Лань. 2021. 576 с.

Изучение содержания некоторых каротиноидов в тканях моркови (*Daucus sativus* (Hoffm.) Rohl.) методами спектрофотометрии

Мамаева А. С., студ. 2 курса

Науч. рук. – Пузаткина Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
mamaeva577@gmail.com

Каротиноиды обычно представляют собой красочные тетраптерпеноидные пигменты С40, вырабатываемые различными растениями, бактериями и грибами. Хотя сообщается, что в природе существует более 1100 каротиноидов, лишь немногие из них играют роль в рационе человека. Несмотря на то, что эти диетические каротиноиды обычно не являются незаменимыми питательными веществами, они могут играть важную роль в обмене веществ и здоровье человека. Некоторые каротиноиды могут действовать как предшественники витамина А, что приводит к метаболизму до более коротких апокаротиноидов, таких как ретинол, например, из β -каротина и β -криптоксантина под действием β -каротиноксигеназы 1 (BCO1) [1].

Каротиноиды, широко распространенные жирорастворимые пигменты, отвечают за привлекательную окраску некоторых фруктов и овощей, которые обычно присутствуют в нашем ежедневном рационе. Их особенно много в желто-оранжевых фруктах (морковь, помидоры, тыква, перец и др.) и, хотя они и замаскированы хлорофиллами, в темно-зеленых листовых овощах [2].

В корнях моркови основными каротиноидами являются каротины, в частности β -каротин (75 %), α -каротин (23 %) и лютеин (1,9 %), а также ксантофиллы, а именно β -криптоксантин, ликопин и зеаксантин. Содержание бета-каротина составляет около 80 % от общего количества каротиноидов, содержащихся в корнях домашней моркови [3].

Для анализа каротиноидов в ЛРС часто используется метод спектрофотометрии как наиболее простой, быстрый и экономичный способ их количественного определения. В ходе этого метода каротиноиды определяются по положениям пиков поглощения света, которые изменяются в зависимости от длины полиенового фрагмента, присутствия циклических концевых групп в структуре, стерических факторов, состава растворителя и др. Полиеновая структура каротиноидов ведет к интенсивному поглощению электромагнитного излучения в диапазоне от 400 до 500 нм [4].

Объектом исследования были выбраны 2 сорта моркови: «Шантенэ» и «Лосиноостровская». Используя спектрофотометрический метод с гексаном и петролевым эфиром в качестве растворителя, было определено содержание каротиноидов в тканях моркови.

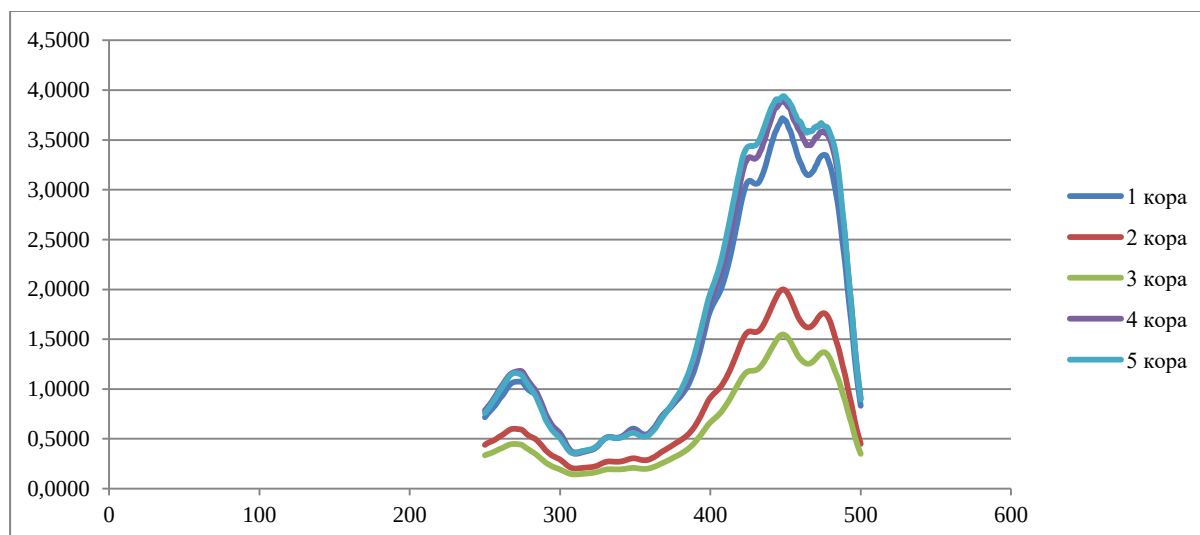


Рис. 1. Спектр поглощения каротиноидов в растворе с гексаном в коре моркови сорта «Шантенэ»

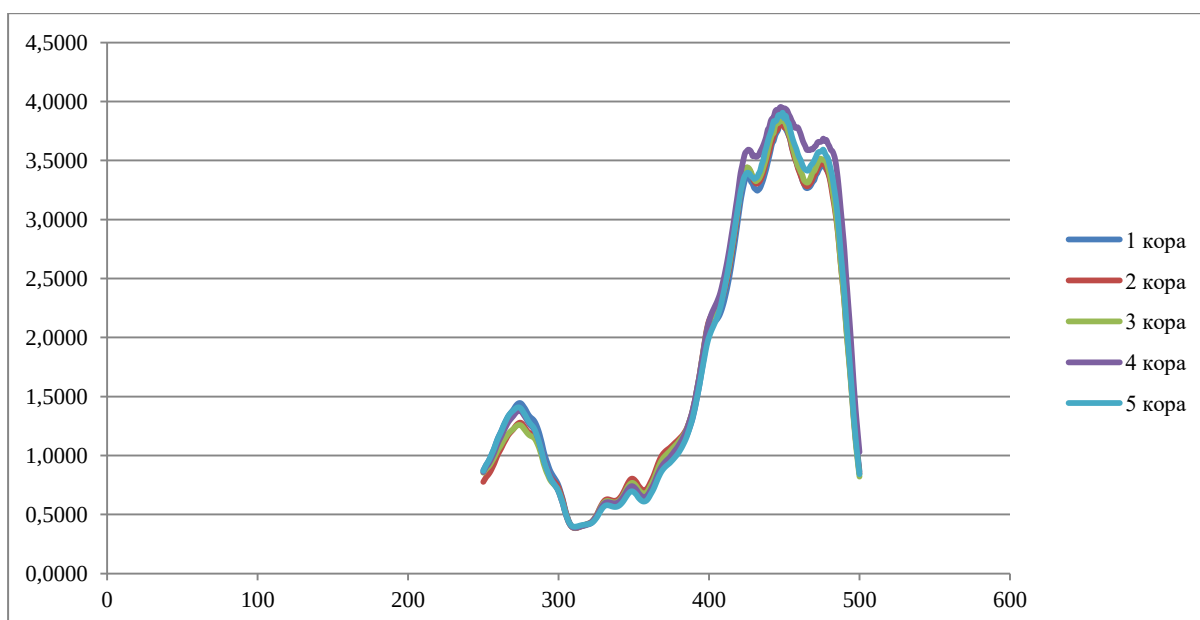


Рис. 2. Спектр поглощения каротиноидов в растворе с гексаном в коре моркови сорта «Лосиноостровская»

Средние значения содержания каротиноидов представлены в таблице 1 и 2 для различных тканей моркови.

Таблица 1

Содержание каротиноидов (мг/100 г.) в моркови (*Daucus sativus* (Hoffm.) Rohl.) сорта «Шантенэ» ($M \pm m$)

Daucus sativus	Гексан		Петролейный эфир	
	1 диапазон	2 диапазон	1 диапазон	2 диапазон
Кора	4,82±1,84	4,38±1,75	0,09±0,03	0,07±0,03
Сердцевина	2,78±0,95	2,47±0,84	0,06±0,03	0,05±0,03
Лист	3,57±0,23	3,07±0,21	0,58±0,17	0,50±

Таблица 2

Содержание каротиноидов (мг/100 г.) в моркови (*Daucus sativus* (Hoffm.) Rohlf.) сорта «Лосиноостровская» ($M \pm m$)

<i>Daucus sativus</i>	Гексан		Петролейный эфир	
	1 диапазон	2 диапазон	1 диапазон	2 диапазон
Кора	6,16±0,06	5,64±0,13	0,03±0,01	0,03±
Сердцевина	5,55±0,64	5,01±0,64	0,05±0,01	0,05±0,01
Лист	4,18±0,50	3,65±0,45	0,47±0,23	0,14±0,10

В результате спектрального анализа получены спектры, на которых наблюдаются наибольшие максимумы поглощения, которые соответствуют наличию следующих соединений каротиноидной группы:

- сорт «Шантенэ»:
 - 1 диапазон (445–449 нм) – α -каротин, зеаксантин.
 - 2 диапазон (473–476 нм) – α -каротин, зеаксантин.
- сорт «Лосиноостровская»:
 - 1 диапазон (445–449 нм) – α -каротин, зеаксантин.
 - 2 диапазон (473–477 нм) – β -каротин, α -каротин, зеаксантин.

При анализе сорта «Шантенэ» с использованием гексана было обнаружено, что наибольшее содержание каротиноидов наблюдается в коре моркови в 1 и 2 диапазоне. Наименьшее количество каротиноидов было обнаружено в сердцевине моркови в тех же диапазонах длин волн. Листья моркови имели среднее содержание каротиноидов.

По результатам анализа сорта «Лосиноостровская» с использованием гексана было выявлено, что наибольшее содержание каротиноидов также отмечается в коре в обоих диапазонах длин волн.

Наименьшее содержание каротиноидов было обнаружено в листьях моркови, а среднее содержание – в сердцевине.

При сравнении тканей моркови сортов «Шантенэ» и «Лосиноостровская», можно сделать вывод, что содержание каротиноидов во всех тканях моркови сорта «Лосиноостровская» выше, чем у сорта «Шантенэ». Кроме того, можно отметить, что в первом диапазоне длин волн содержание каротиноидов в обоих сортах больше, чем во втором диапазоне.

Анализ показал, что использование петролейного эфира в качестве растворителя не выявляет всех возможных каротиноидов и не дает полной картины содержания этих пигментов в тканях моркови.

Таким образом, для более точного определения содержания каротиноидов в тканях моркови рекомендуется использовать гексан в качестве растворителя, поскольку он позволяет обнаружить все возможные каротиноиды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bohn T., Balbuena E., Ulus H., Iddir M., Wang G., Crook N., Eroglu A. Carotenoids in Health as Studied by Omics-Related Endpoints // *Advances in Nutrition*. 2023. Vol. 14(6). Pp. 1538–1578.
2. Xavier A. A., Pérez-Gálvez A. Carotenoids as a Source of Antioxidants in the Diet // *Subcell Biochem*. 2016. Vol. 79. Pp. 359–375.
3. Mandrich L., Esposito A. V., Costa S., Caputo E. Chemical Composition, Functional and Anticancer Properties of Carrot // *Molecules*. 2023. Vol. 28 (20). P. 7161.
4. Величко В. В., Круглов Д. С. Спектрофотометрическое определение А-витаминной активности каротиноидосодержащего сырья // *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2021. № 4. С. 17–26.

Митохондриально-направленные эффекты конъюгата маслиновой кислоты и липофильного катиона F16

Микина Н. В.¹, Семенова А. А.¹, Недопёкина Д. А.², Спивак А. Ю.², Дубинин М. В.¹

¹Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

²Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, г. Уфа
natasamikina@gmail.com

Известно, что маслиновая кислота, относящаяся к классу пентациклических тритерпеноидов, обладает антидиабетическими свойствами [0]. Такое действие маслиновой кислоты, как предполагается, обусловлено ее способностью устранять развитие митохондриальной дисфункции и окислительного стресса. За счет наличия в молекулах легко трансформируемых функциональных групп (3-ОН, 28-СООН) маслиновая кислота имеет

высокий синтетический потенциал и активно используются в качестве перспективной структурной платформы в трансформациях, направленных на создание новых лекарственных средств [0]. В Институте нефтехимии и катализа РАН был получен конъюгат маслиновой кислоты и проникающего катиона F16. Было показано, что такой конъюгат обладает токсическим действием к раковым клеткам и такие его эффекты обусловлены влиянием этого соединения на митохондрии [0].

В настоящей работе изучены митохондриально-направленные эффекты конъюгата маслиновой кислоты и липофильного катиона F16 (F-31) на изолированных митохондриях печени лабораторных крыс.

В условиях *in vitro* эксперимента было оценено влияние конъюгата на функциональное состояние митохондрий по скорости дыхания в присутствии глутамата/малата (субстраты комплекса I дыхательной цепи) или сукцината (субстрат комплекса II) в присутствии ротенона. Установлено, что маслиновая кислота в концентрациях 10–20 мкМ не влияет на скорость дыхания органелл во всех метаболических состояниях как в присутствии глутамата и малата, так и сукцината/ротенона (данные не приведены). В то же время конъюгат F-31 уже в концентрации 10 мкМ увеличивал скорость дыхания органелл в состояниях 2, 3 и 4, но при этом снижал максимальную скорость дыхания органелл, индуцированную 2,4-динитрофенолом (ДНФ) в присутствии глутамата и малата (табл. 1А). Такое действие конъюгата сопровождалось снижением параметра дыхательного контроля и коэффициента ADP/O. При изучении влияния конъюгата в концентрации 10 мкМ на параметры сукцинат-зависимого дыхания митохондрий выявлены более выраженные эффекты (табл. 1Б).

Таблица 1

Влияние F-31 на параметры дыхания и окислительного фосфорилирования митохондрий печени в присутствии глутамата и малата (А) и сукцината (Б).

F-31, мкМ	V ₂	V ₃	V ₄	V _u	RC	ADP/O
	нмоль O2/мин на 1 мг белка				относительные единицы	
А						
0	5,65±0,14	40,34±0,86	6,40±0,14	45,09±1,01	6,30±0,06	2,34±0,06
5	7,51±0,48*	43,26±1,81	10,87±0,30**	58,13±1,68**	3,99±0,28**	2,09±0,06
10	32,36±2,24**	49,88±0,73**	40,36±0,35**	39,89±0,10*	1,24±0,03**	0,94±0,17**
Б						
0	9,69±0,08	40,52±0,54	12,37±0,29	51,29±1,11	3,28±0,08	1,75±0,04
5	9,34±0,08	35,78±0,70**	14,13±0,47*	48,35±0,79	2,49±0,13*	1,81±0,05
10	17,62±0,10**	29,19±0,84**	22,47±0,49**	21,73±0,49**	1,29±0,07**	0,94±0,07**
5 мкМ +олиго	10,12±0,26	35,85±1,29	9,20±0,22	49,89±0,96	2,45±0,02	1,62±0,04

Примечание: приведены средние значения ± стандартная ошибка среднего (n = 4). * – различия между данными опытов (присутствие указанной концентрации F-31) и контролем (отсутствие F-31) статистически значимы, p < 0.05; ** – p < 0.01.

Наблюдаемое дозозависимое увеличение скорости дыхания в состоянии 2 и 4 указывает на возможное разобщающее действие конъюгата. Этот эффект может быть связан с повышенной проницаемостью митохондриальной мембраны для H⁺, индуцируемой этим соединением. С другой стороны, ингибитор F₁F₀-АТразы митохондрий олигомицин значительно снижал способность конъюгата увеличивать потребление кислорода в состоянии 4 (табл. 1Б).

Анализ активности митохондриальных комплексов электрон-транспортной цепи показал, что конъюгат, в отличие от маслиновой кислоты, повышает активность сукцинатдегидрогеназы (комплекс II), активность bc₁-комплекса (комплекс III) и цитохром с-оксидазы (комплекс IV) (рис. 1).

Также отмечается значительное ингибирование суммарной активности комплексов I и III и суммарной активности комплексов II и III (рис. 2). Последнее свидетельствует о значительном снижении подвижности кофермента Q, играющего важную роль в транспорте электронов к комплексу III дыхательной цепи.

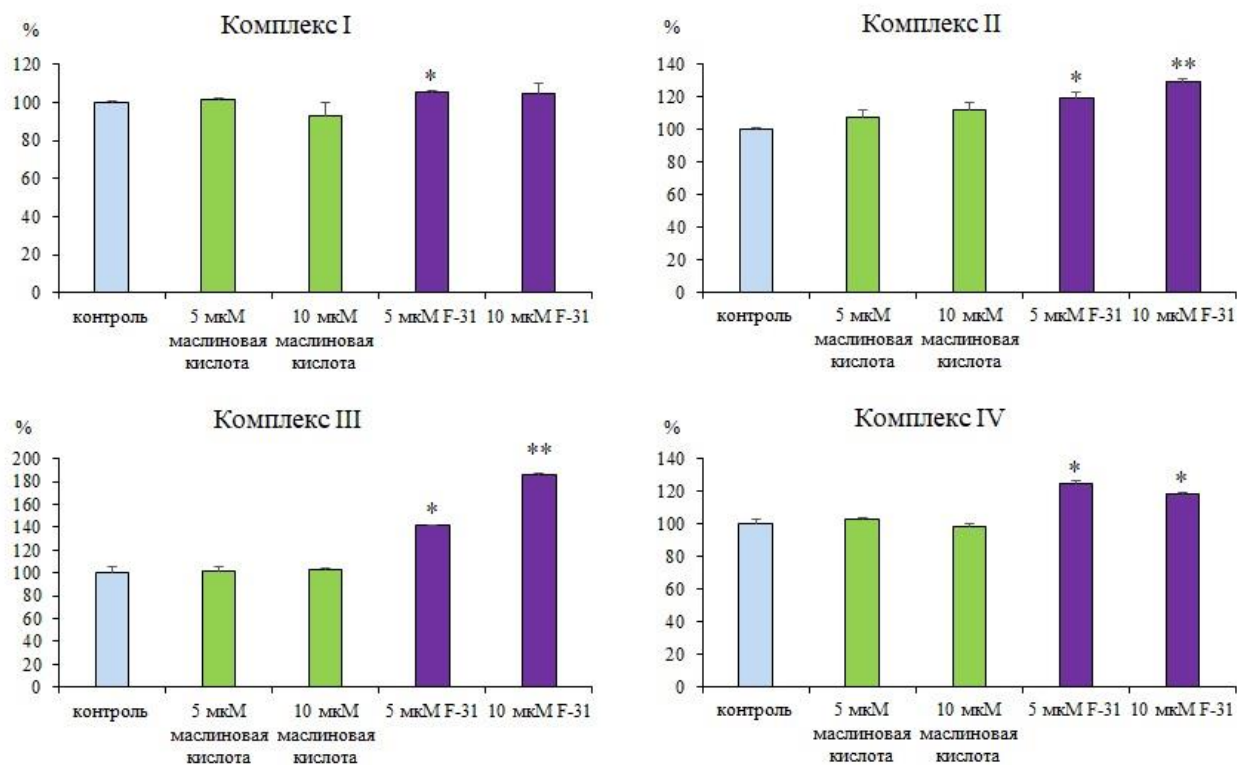


Рис. 1. Влияние маслиновой кислоты и ее конъюгата F-31 на активность комплексов дыхательной цепи митохондрий (значения в % от активности по сравнению с контролем)

Примечание: В отсутствие добавок (контроль) активность комплексов ЭТЦ I, II, III и IV составляла 702 ± 17 и 821 ± 11 нмоль/мин/мг белка соответственно. Окислительно-восстановительную активность в отсутствие маслиновой кислоты и ее конъюгата F-31 (контроль) принимали за 100 %.

* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ (по сравнению с контролем).

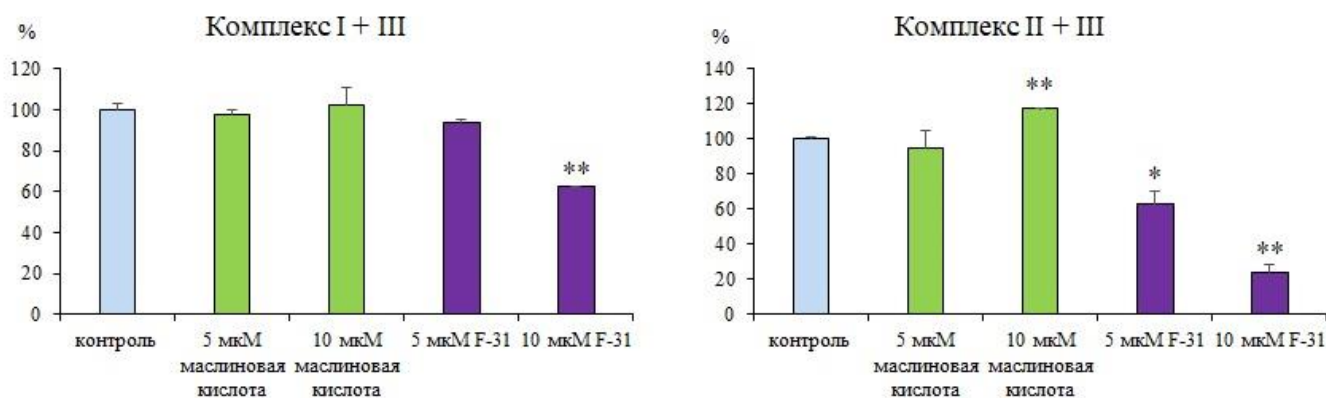


Рис. 2. Влияние маслиновой кислоты и ее конъюгата F-31 на активность комплексов дыхательной цепи митохондрий (значения в % от активности по сравнению с контролем)

При измерении величины мембранного потенциала было выявлено, что действие конъюгата F-31 на митохондрии, в отличие от исходного соединения, сопровождалось дозозависимым снижением мембранного потенциала органелл (рис. 3). Это свидетельствует о протонофорной активности, а также способности этого соединения индуцировать проницаемость внутренней мембраны митохондрий.

При исследовании влияния соединений на скорость генерации перекиси водорода митохондриями печени крыс показано, что конъюгат F-31, в отличие от маслиновой кислоты, в концентрации 5 мкМ увеличивает скорость генерации H_2O_2 . Следует отметить, что эффект конъюгата более выражен при использовании NAD-зависимых субстратов, чем в митохондриях, энергизованных сукцинатом (рис. 4). Такое действие конъюгата может привести к развитию окислительного стресса, что в свою очередь может стать причиной дисфункции митохондрий.

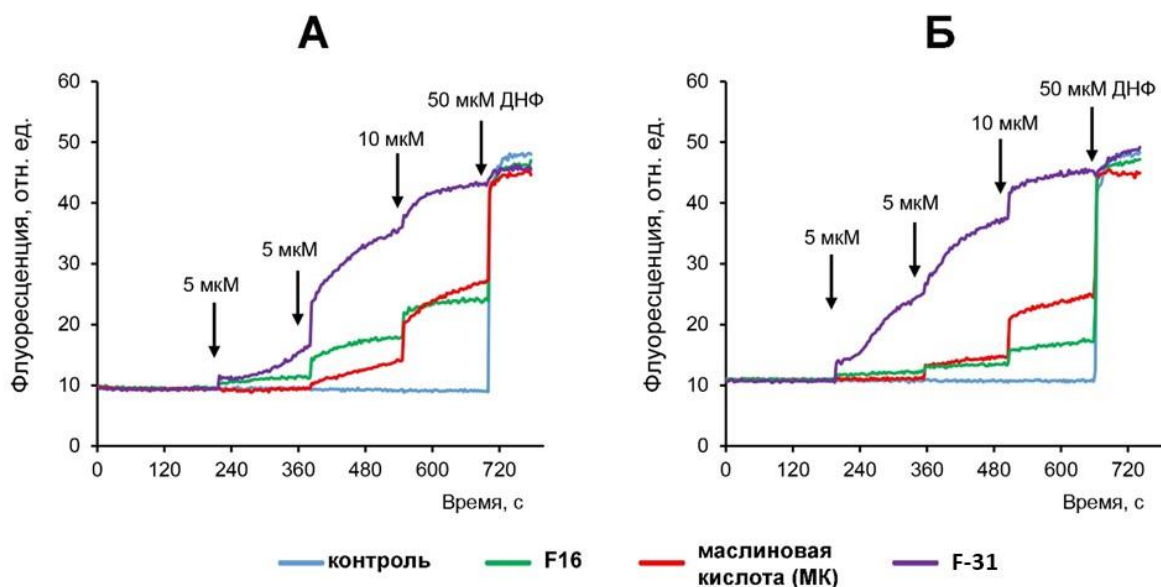


Рис. 3. Влияние маслиновой кислоты (МК), конъюгата F-31 и катиона F16 на мембранный потенциал митохондрий печени крыс, энергизованных глутамат/малатом (А) или сукцинатом (Б)

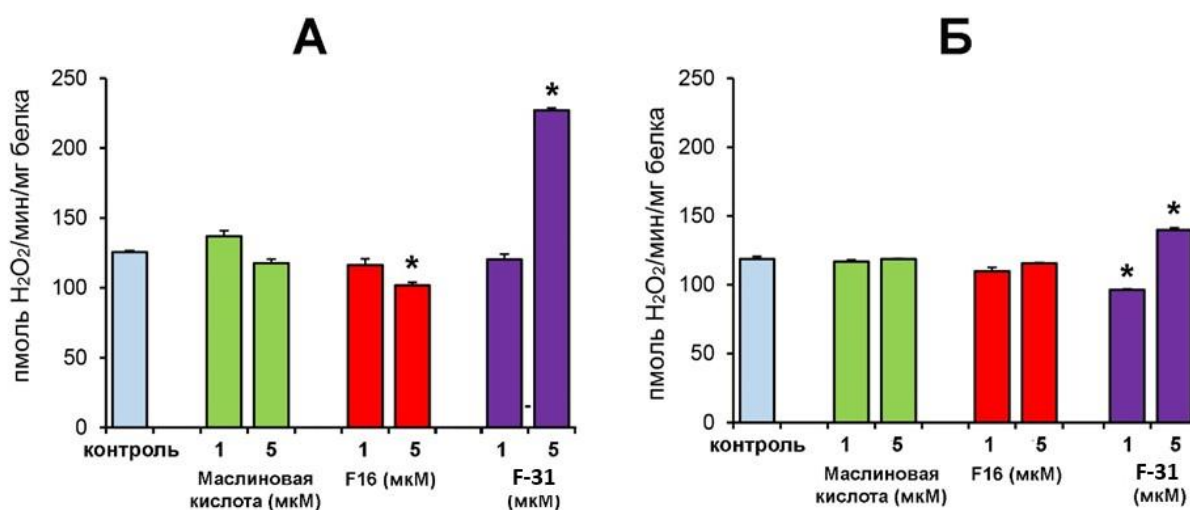


Рис. 4. Влияние маслиновой кислоты (МК), катиона F16 и конъюгата F-31 на скорость продукции перекиси водорода митохондриями печени крыс, энергизованными глутамат/малатом (А) или сукцинатом (Б). Приведены средние значения $\pm$ стандартная ошибка среднего ($n=4$). * $p < 0,05$ против контроля

Таким образом, конъюгат маслиновой кислоты с катионом F16 предположительно обладает токсическим действием на клетки. Это действие может быть обусловлено его влиянием на биоэнергетику митохондрий, а именно изменение активности комплексов дыхательной цепи и различные протонотормные эффекты. Эти эффекты могут приводить к митохондриальной дисфункции, активной генерации АФК и развитию окислительного стресса, приводящего к гибели и разрушению клеток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nazaruk J., Borzym-Kluczyk M. The role of triterpenes in the management of diabetes mellitus and its complications // *Phytochemistry reviews: proceedings of the Phytochemical Society of Europe*, 2015. V. 14 (4). P. 675–690.
2. Spivak A.Y., Nedopekina D.A., Gubaidullin R.R., Dubinin M.V., Belosludtsev K.N. Conjugation of Natural Triterpenic Acids with Delocalized Lipophilic Cations: Selective Targeting Cancer Cell Mitochondria // *J. Pers. Med.*, 2021. V.11(6). P. 470.
3. Mokhtari K., Rufino-Palomares E.E., Pérez-Jiménez A., Reyes-Zurita F.J., Figuera C., García-Salguero L., Medina P.P., Peragón J., Lupiáñez J.A. Maslinic Acid, a Triterpene from Olive, Affects the Antioxidant and Mitochondrial Status of B16F10 Melanoma Cells Grown under Stressful Conditions // *Evid. Based Complementary Altern. Med.*, 2015. V.2015. P. 11.

Исследование влияния витамина Д и витамина К на некоторые показатели обмена кальция у лабораторных крыс разного возраста при раздельном и сочетанном введении

Михайлов А. В., Иванова Т. В., Манаева В. П., Кузнецов Д. И., Булгариев Р. И.

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

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
yasminka1@mail.ru

Кальций является одним из самых распространенных химических элементов в организме человека и млекопитающих. Его физиологическое значение состоит прежде всего в регулировании проницаемости клеточной мембраны, что необходимо для сокращения скелетных и сердечной мышц, для передачи нервного импульса. Кальций также регулирует деятельность некоторых эндокринных желез. Кроме того, он играет ключевую роль в процессе свертывания крови, а именно – способствует переходу протромбина в тромбин. Есть ферментативные реакции, в которых кальций является кофактором. И самое главное – кальций необходим для формирования костей и зубов.

Количество кальция, которое содержится в костной ткани, должно находиться в состоянии динамического равновесия с концентрацией данного иона в плазме крови [1]. Следует отметить, что почти 99% кальция содержится именно в костях, и только 1% – в плазме крови, мышцах, мозге, коже. Костная ткань является довольно динамической структурой, подверженной постоянным обновлениям [2], так как старые кальциевые отложения разрушаются и заменяются новыми, может изменяться плотность кости. На величину костной массы оказывают влияние самые различные факторы, такие как, физическая активность, питание, гормоны и генетика.

Значительную роль в обмене кальция и в поддержании плотности кости играют витамины Д и К. Так, витамин Д в виде активной формы кальцитриола участвует во всасывании кальция в кишечнике, а именно повышает проницаемость мембраны энтероцитов для кальция и индуцирует синтез этими клетками кальций связывающего протеина и белка, поставляющего кальций из энтероцита в кровь. В почках витамин Д усиливает реабсорбцию кальция, тем самым сохраняя кальций в организме.

Поступив в кровь кальций должен попасть в ткани – костную, мышечную и другие, а не оставаться в большом количестве в крови. Переносчиком кальция в крови является витамин К-зависимый белок. Кроме того, витамин К-зависимым белком является и остеокальцин – неколлагеновый белок, синтезируемый преимущественно остеобластами и способствующий отложению кальция в костях. При недостатке витамина К остеокальцин не переходит в активную карбоксилированную форму, что существенно снижает его потенциал взаимодействия с костной тканью [3]. В этом случае он в большем объеме остается циркулировать в крови. Также витамин К регуляторно обеспечивает апоптоз остеокластов, поддерживает баланс этих клеток, и предотвращает чрезмерную деминерализацию костной ткани [4].

Современная превентивная медицина широко предлагает сочетанное введение добавок витамина Д с витамином К. До сих пор есть много спорных моментов касающихся эффективности такого сочетания для минеральной плотности костной ткани. Один весомый аргумент, который приводится в пользу сочетанного приема данных витаминов – это предотвращение кальцификации стенок сосудов. Актуальной является сравнительная оценка влияния витамина Д и витамина К на кальциевый обмен при раздельном и совместном введении.

Целью настоящего исследования является изучение некоторых показателей обмена кальция у лабораторных крыс разного возраста, находящихся на стандартном не обогащенном специально кальцием рационе питания, в условиях введения витаминов Д и К раздельно и совместно.

Материалы и методы. Эксперимент проводили с февраля по апрель 2024 года. В эксперименте были использованы лабораторные животные в количестве 48 крыс самцов двух возрастных групп: молодые крысы с массой тела на начало эксперимента менее 100 г и зрелые (взрослые) крысы с массой тела на начало эксперимента более 250 г. Они в свою очередь были еще разделены на экспериментальные группы: контрольная группа – получали физиологический раствор, опытная группа 1 – получали витамин Д, опытная группа 2 – получали витамин К, опытная группа 3 – получали витамин Д + витамин К. По 6 животных в каждой группе. Введение исследуемых веществ осуществляли инъекционно внутривенно. Для инъекций использовали водорастворимые препараты витамина Д («АкваДетрим» 15000 Ед, АО «Польфарма») и витамина К («Викасол», менадиона натрия бисульфит, для инъекций, 10 мг/мл, ОАО «Дальхимфарм»). Объем вводимого раствора определяли исходя из средней текущей массы животных каждой экспериментальной группы, таким образом, что все животные получали менадиона натрия бисульфит – 0,5 мг/кг массы тела и колекальциферол – 170 МЕ/кг массы тела. Инъекции осуществляли в течение 62 дней, ежедневно. По истечению периода инъекций

осуществляли забор материала на исследование. Забор крови проводили в пробирки с гепарином в качестве антикоагулянта. Затем отделяли плазму крови от форменных элементов методом центрифугирования в общелабораторной центрифуге при 1500 об/мин в течение 10 минут. Плазму аккуратно отбирали микропипеткой в эппендорфы, маркировали, хранили в течение дня исследования в холодильнике при +4°C, затем замораживали. Проводили оценку уровня кальция и остеокальцина в плазме крови и содержания кальция в костях с использованием наборов реагентов и по общепринятым методикам.

Результаты исследования. Проведенное исследование не выявило каких-либо значимых различий в концентрации кальция в плазме крови всех групп животных (рис. 1).

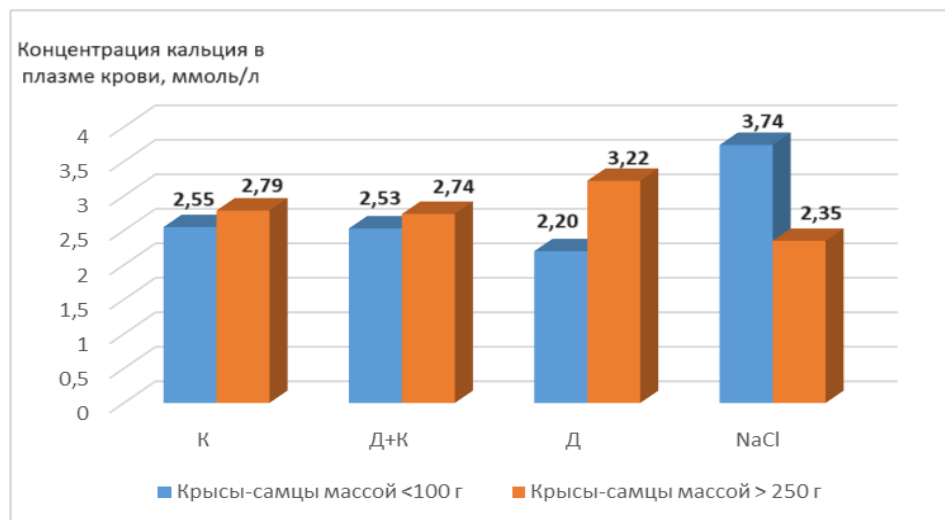


Рис. 1. Концентрация кальция в плазме крови крыс самцов разных групп исследования (указаны средние значения концентраций)

Определение остеокальцина в плазме крови проводили методом иммуноферментного анализа с использованием набора реагентов N-MID Остеокальцин ELISA. Дисперсионный анализ с применением поправки Манна-Уитни выявил значимые различия концентрации остеокальцина в плазме крови взрослых крыс самцов, получавших инъекции отдельно витамина Д по сравнению с соответствующей контрольной группой животных (инъекции NaCl). Он оказался на 52,5 % выше ($p=0,045328$), чем у животных, получавших физиологический раствор (рис. 2). Кроме того, уровень остеокальцина в плазме крови крыс самцов данной группы был несколько выше показателей животных других опытных групп этого же возраста, но эти различия оказались не значимы.

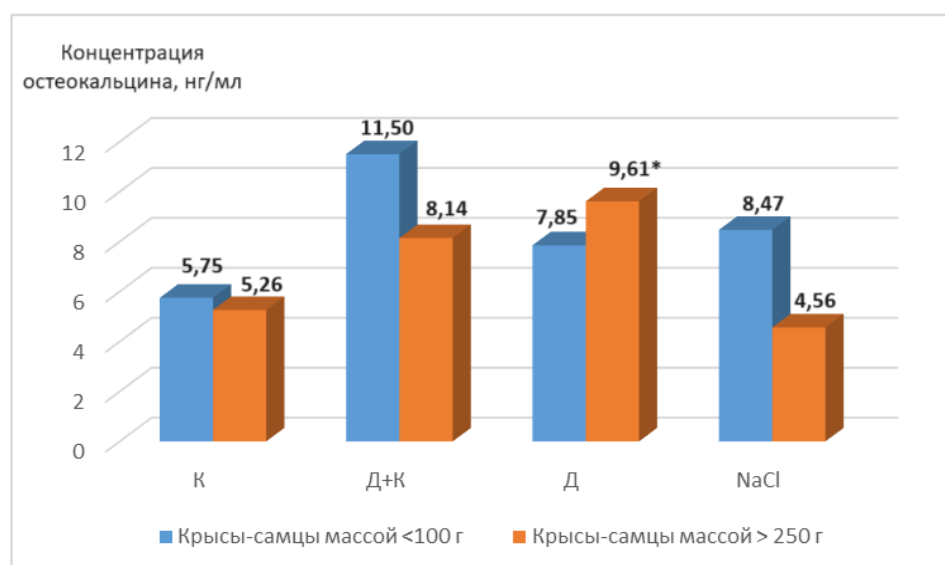


Рис. 2. Концентрация остеокальцина в плазме крови крыс самцов разных групп исследования (указаны средние значения концентраций)

* – статистически достоверные различия между опытом (Д; >250 г) и контролем (NaCl; >250 г) ($p<0,05$)

Вероятной причиной выявленных различий можно считать влияние витамина Д на активность синтеза остеокальцина. Инъекции совместно витаминов Д и К крысам самцам той же возрастной группы показали схожий, но чуть меньший результат (по сравнению с контролем статистически значимых различий нет). У молодых крыс самцов значимых различий между группами сравнения не выявлено, хотя уровень остеокальцина в плазме крови при совместном введении витаминов Д и К оказался несколько выше, чем у животных остальных групп той же возрастной категории.

Для оценки содержания кальция в костной ткани осуществляли забор обеих бедренных костей задних конечностей животных без эпифиза, из которых готовили препарат. Экстракцию кальция проводили в 1М растворе соляной кислоты. Измерение проводили методом атомно-абсорбционной фотометрии, с дальнейшим пересчетом на минеральное вещество костной ткани, с учетом массы взятого для анализа образца. Результаты представлены на рисунке 3. Были выявлены статистически значимые различия в группе молодых крыс (<100 г), получавших инъекции витамина К по сравнению с животными этой же возрастной группы, которым инъекционно вводили витамин Д. Так уровень кальция в костях в расчете на минеральное вещество кости под влиянием инъекций витамина К оказался на 51 % больше, чем у тех, кто получал витамин Д, и на 36,8% выше, чем в контроле ($p=0,02324$). Также уровень кальция в костях в пересчете на минеральное вещество кости под влиянием инъекций витаминов Д+К на 40,6 % больше, чем в группе, получавших только витамин Д, и на 27,4 % больше, чем в контроле.

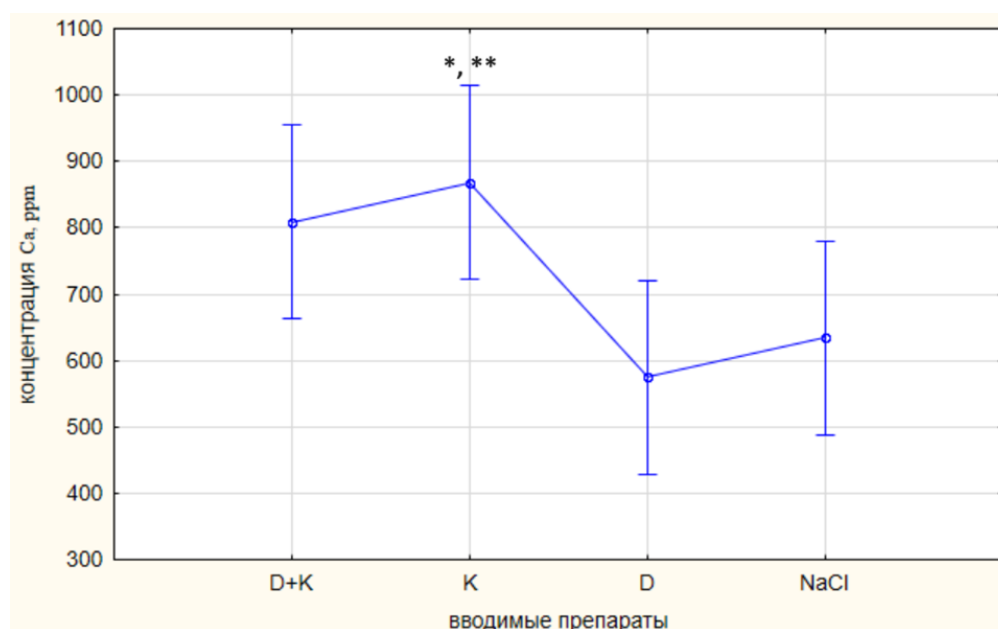


Рис. 3. Концентрация кальция в костях молодых крыс самцов (<100 г), получавших инъекционно исследуемые витамины и получавших физиологический раствор

*, ** – статистически достоверные различия между опытной группой (витамин К) и опытной группой (витамин Д), а также контрольной группой (NaCl) животных ($p<0,05$)

Таким образом, самым чувствительным к инъекциям исследуемых витаминов показателем оказалось содержание кальция в костной ткани молодых крыс самцов. Тогда как на уровень кальция в плазме крови вводимые вещества существенного влияния не оказали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костюченко Л. А. и др. Эффективность использования сочетанного витаминного комплекса: витамин Д и витамин К (обзор литературы) / Л. А. Костюченко, Н. С. Харитонов, В. М. Вдовин // Бюллетень медицинской науки. 2018. № 3 (11). С. 33–40.
2. Пилипчук Т. П. и др. Исследование биохимических показателей костного метаболизма у крыс в динамике развития синдрома длительного сдавливания / Т. П. Пилипчук, М. И. Коваль, И. Я. Криницкая // Sciences of Europe. 2020. № 59. С. 20–23
3. Панкратова Ю. В. и др. Витамин К-зависимые белки: остеокальцин, матриксный Gla-белок и их внекостные эффекты / Ю. В. Панкратова, Е. А. Пигарова, Л. К. Дзеранова // Ожирение и метаболизм. 2013. № 2. С. 11–18.
4. Koshihara Y. et al. Vitamin K stimulates osteoblastogenesis and inhibits osteoclastogenesis in human bone marrow cell culture / Y. Koshihara, K. Hoshi, R. Okawara, H. Ishibashi, S. Yamamoto // J. Endocrinol. 2003. No. 176 (3). Pp. 339–348. DOI: <https://doi.org/10.1677/joe.0.1760339>

Жизнедеятельность *Formica rufa* L. в условиях некоторых лесных биотопов Республики Татарстан

Низамова А. С., студ. 5 курса

Науч. рук. – Турмухаметова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
n.alsu2015@yandex.ru

Рыжие лесные муравьи (*Formica rufa* L.) играют важную роль в лесных экосистемах, выполняя функции хищников, мутуалистов и инженеров экосистем. Жизнедеятельность муравьев существенно зависит от суточной активности и архитектуры муравейников, которые влияют на их адаптацию и выживание в различных условиях окружающей среды. Исследование биоритмов и структуры гнезд рыжих лесных муравьев не только позволяет глубже понять поведенческие особенности этого вида, но и расширяет наше понимание взаимосвязи между муравьями и их окружающей средой.

Большинство видов муравьев охватывают чрезвычайно большие по площади ареалы. Учитывая существенные различия в условиях обитания в разных районах столь обширной области распространения, можно предположить, что экология и поведение, в частности – динамика активности в течение дня, у представителей конкретного вида может существенно отличаться на различных территориях.

Представители *F. rufa* одинаково охотно заселяют как хвойные, так и лиственные леса, избегая при этом открытых мест. Купол муравейника может находиться на лугу, но всегда рядом с опушкой леса, или же под отдельно стоящим деревом или группой деревьев [1; 2].

Цель исследования: изучить жизнедеятельность *Formica rufa* в условиях лесных биотопов Зеленодольского района Республики Татарстан.

Исследование проводилось в пгт. Васильево Зеленодольского района. Район находится на северо-западе Республики Татарстан. Левобережная часть района, где проводилось исследование, расположена в зоне умеренно-континентального климата и относится к Предкамскому климатическому району с относительно влажным и прохладным летом и умеренно холодной и снежной зимой. Левобережная часть района расположена в пределах лесной зоны. Большая часть территории занята лесными формациями. Преобладают дерново-подзолистые почвы. Доминирующим типом лесной растительности являются сосновые леса с разреженным моховым покровом [3].

Рыжий лесной муравей относится к видам с дневной активностью [1]. Одной из главных задач исследования была оценка суточной активности муравьев в различных условиях. Было выбрано 5 модельных муравейников разного объема и месторасположения. Сбор данных по суточной активности муравьев проводился в июле 2023 г. Исследования проводили в разные по погоде дни – пасмурные с повышенной влажностью, а также в ясные и засушливые. Для анализа активности муравьев в различное время суток было выбрано три временные точки: 9:00; 13:00 и 17:00 [4].

В работе применяли методы статистического анализа: трехфакторный дисперсионный анализ (модель I), Шеффе-тест, критерии Краскела-Уоллиса, Вилкоксона-Манна-Уитни, корреляционный анализ Спирмена [5]. Обработка данных была проведена в программе Statistica 13.0.

Нами была установлена зависимость активности муравьев от погодных условий и времени суток ($P < 0,05$). В ясную и сухую погоду утром средним значением активности среди всех муравейников было 65 шт./мин, в то время как в пасмурную и влажную всего 14 шт./мин. Такая же тенденция наблюдается и в других временных точках: днем в солнечную погоду наблюдается средняя активность 65 шт./мин, против 7 в пасмурную. В вечернее время это значения 39 и 13 шт./мин в солнечную и пасмурную погоду, соответственно. Изучение активности муравьев в ясную и пасмурную погоду в зависимости от влажности и солнечной радиации показало, что активность муравьев выше в солнечную погоду, чем в пасмурную ($P < 0,05$). На основе среднего значения активности между всеми пятью муравейниками, можно сделать вывод, что в солнечную и сухую погоду активность муравьев в 5 раз выше.

Выявлена биотопическая приуроченность *F. rufa*. Гнездо рыжего лесного муравья состоит из подземной и наземной частей. Особенностью строения гнезда является покровный слой. Он сооружается муравьями из мелкого растительного материала: чешуек почек, еловых шишек, засохших соцветий, мелких сухих веток, сухой травы. Покровный слой имеет значительную плотность и толщину. Функция покровного слоя заключается в защите гнезда от промокания и в сохранении тепла в муравейнике [6; 7].

У каждой муравьиной тропы свое назначение: кормовая, строительная, коммуникативная, обменная. В ходе исследования выяснено назначение и конечное место троп модельных муравейников. Исследования показали, что по кормовым тропам осуществлялось наиболее активное перемещение муравьев. Дороги обеспечивают оптимальное для использования ресурсов кормового участка размещения фуражиров на нем. Величина динамической плотности на кормовом участке и интенсивность движения по дорогам являются важными показателями в характеристике поведения муравьев на своей территории.

Были произведены измерения параметров гнезда для дальнейших подсчетов его объема и площади. Также были произведены измерения длины и количества муравьиных троп [4]. В ходе чего проводился анализ зависимости объема муравейника и средней длины всех его троп.

Результаты анализа показали наличие положительной статистически значимой связи между средней длиной троп и объемом муравейника ($p < 0,05$), что свидетельствует о тесной взаимосвязи между структурой муравейника и характеристиками муравьиной активности. Это подчеркивает важность изучения не только поведенческих аспектов, но и архитектуры муравьиных поселений для понимания адаптации рыжих лесных муравьев к условиям их обитания.

Полученные результаты нашего исследования по изменчивости суточных биоритмов рыжих лесных муравьев в лесных биотопах Зеленодольского района Республики Татарстан подтверждают предыдущие исследования о влиянии погодных условий на активность муравьев [8; 9; 10]. Наши результаты представляют интерес для дальнейших исследований в области поведения и экологии муравьев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Длусский Г. М. Муравьи рода *Formica* (Hymenoptera, Formicidae, G. Formica). М. : Наука, 1967. 236 с.
2. Захаров А. А. Мониторинг муравьев Формика. Информационно-методическое пособие. Российская академия наук. М. : КМК, 2013. 100 с.
3. Гарифуллина Г. Ю., Мустафина Э. М. География Зеленодольского муниципального района и города Зеленодольска : учебно-методическое пособие / М-во образования и науки РФ; ТГТУ. Казань : Школа, 2008. 136 с.
4. Дунаев Е. А. Муравьи Подмосковья: методы экологических исследований. М. : МосгорСЮН, 2-е изд. 1999. 96 с.
5. Елисеева И. И., Юзбашев М. М. Общая теория статистики. М. : Финансы и статистика, 2004. 656 с.
6. Захаров А. А. Муравей, семья, колония. М. : Наука, 1978. 224 с.
7. Захаров А. А. Рыжие лесные муравьи и защита их гнезд огораживанием. М. : Изд-во Международного социально-экологического союза, 2002. 18 с.
8. Бритиков А. И. Дневная активность рыжего лесного муравья (*Formica rufa* Linnaeus, 1761) и северного лесного муравья (*Formica aquilonia* Yarrow, 1955) // StudArctic forum. 2021. № 2 (22). С. 34–58.
9. Павлова Н. С., Аникин В. В., Воронин М. Ю. Особенности суточной активности муравьев (Hymenoptera, Formicidae) в Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2013. Т. 13. № 4. С. 73–76.
10. Parr C. L., Bishop T. R. The response of ants to climate change. // Glob Chang Biol. 2022. Vol. 12. No. 15 Pp. 112–122. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16140>

Исследование влияния новосинтезированных митохондриально-направленных производных маслиновой кислоты на функциональную активность клеток рака молочной железы

Николаева Н. Н.¹, Актуганова М. Э.¹, Ильзоркина А. И.², Белослудцев К. Н.^{1,2}

¹Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

²ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, г. Пущино
niiikolaeva03@mail.ru; bekonik@gmail.com

Рак является серьезной проблемой общественного здравоохранения во всем мире. Поиск эффективных противораковых терапевтических средств остается сложной задачей, что связано с особенностями раковых клеток: неконтролируемой пролиферацией, измененным метаболизмом, способностью к инвазии и метастазированию, устойчивостью к сигналам остановки клеточного цикла и инициации апоптоза [1].

Экспериментальные данные подтверждают большой потенциал противоопухолевого терапевтического применения маслиновой кислоты и ее производных [4; 5]. Основными мишенями маслиновой кислоты в клетке являются митохондрии, которые служат главным источником образования АФК и имеют способность запуска апоптоза в условиях их гиперпродукции [2]. Маслиновая кислота плохо растворяется в воде и имеет низкую способность проникать через мембраны внутрь клеток, что снижает ее селективность и желаемый терапевтический эффект [3]. Мы предположили, что продукт химической конъюгации маслиновой кислоты и катиона трифенилфосфония Р-4 будет способен к усиленному трансмембранному переносу и селективному накоплению в органеллах.

Так как потенциал новосинтезированного соединения Р-4 в качестве противоракового средства в настоящее время еще не изучен, в работе было проведено сравнительное исследование влияние маслиновой кислоты и ее производного Р-4 на функциональную активность клеток рака молочной железы. Были изучены цитотоксические свойства MAS и Р-4 в раковой клеточной линии MCF-7, их влияние на развитие окислительного стресса и скорость образования АФК в митохондриях, а также эффекты исследуемых молекул на клеточный цикл.

Мы обнаружили, что исследуемые соединения MAS и Р-4 обладают выраженным цитотоксическим эффектом в отношении раковых клеток (IC₅₀ равен 19.4 мкМ и 2.1 мкМ, соответственно). Показано, что Р-4 повышает продукцию АФК в митохондриях (табл. 1) и способствует развитию окислительного стресса, что может вызывать окислительное повреждение органелл и запуск апоптоза.

Таблица 1

Влияние маслиновой кислоты (MAS) и ее тетрафенилфосфониевого производного (Р-4) на скорость образования пероксида водорода в изолированных митохондриях

Группа	Концентрация, мкМ	Скорость образования H ₂ O ₂ , нмоль*мин ⁻¹ *мг ⁻¹
Контроль	0	140,84 ± 7,65
MAS	5	147,10 ± 2,80
	10	121,74 ± 10,17 *
Р-4	5	131,50 ± 2,80 *
	10	161,13 ± 4,06 *

Примечание. Результаты представлены как среднее значение ± стандартная ошибка средней (n = 4). *P<0.05 относительно контрольной группы (0 мкМ).

В работе также получены предварительные данные о том, что под действием исследуемых соединений в клеточном цикле MCF-7 увеличивается число клеток в фазе G2/M и уменьшается в фазе S.

Работа поддержана грантом РНФ № 20-15-00120_П.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bahar E, Han SY, Kim JY, Yoon H. Chemotherapy Resistance: Role of Mitochondrial and Autophagic Components // *Cancers*. 2022. No. 14(6). P. 1462.
2. He Y, Wang Y, Yang K, Jiao J, Zhan H, Yang Y, Lv D, Li W, Ding W. Maslinic Acid: A New Compound for the Treatment of Multiple Organ Diseases // *Molecules*. 2022. No. 27(24). P. 8732.
3. Ooi KX, Poo CL, Subramaniam M, Cordell GA, Lim YM. Maslinic acid exerts anticancer effects by targeting cancer hallmarks // *Phyto-medicine*. 2023. No. 110. P. 154631.
4. Wang X, Zhang X, Zheng G, Dong M, Huang Z, Lin L, Yan K, Zheng J, Wang J. Mitochondria-targeted pentacyclic triterpene NIR-AIE derivatives for enhanced chemotherapeutic and chemo-photodynamic combined therapy // *Eur J Med Chem*. 2024. No. 264. P. 115975.
5. Wróblewska-Luczka P, Cabaj J, Bargiel J, Łuszczek JJ. Anticancer effect of terpenes: focus on malignant melanoma // *Pharmacological Reports* : PR. 2023. No. 75(5). Pp. 1115–1125.

К вопросу о состоянии популяции перловицы вздутой *Unio tumidus* (Philipsson in Retzius, 1788) в реке Ветлуга

Охотникова В. М., студ.4 курса

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

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

В Республике Марий Эл в различных водоемах изучался видовой состав моллюсков, в частности, и виды рода *Unio* [1; 2; 3]. Малакофауна водоемов республики изучалась также в связи с содержанием в тканях моллюсков каротиноидных пигментов [4; 5] и в связи с зараженностью брюхоногих моллюсков личиночными стадиями трематод [6].

Однако исследований популяций моллюсков перловицы вздутой в водоемах Республики Марий Эл ранее не проводилось. Целью данной работы было изучение состояния популяции перловицы вздутой *Unio tumidus* (Philipsson in Retzius, 1788) в реке Ветлуга в границах Юринского района Республики Марий Эл. В задачи исследований входило: изучение количественных характеристик популяции *U. tumidus*; проведение анализа окраски раковин исследуемого вида; анализ размерно-возрастной структуры популяции перловицы вздутой.

Для количественного учета моллюсков на глубине до 1 метра применяли метод площадок с плавающей рамкой площадью 1м² [7]. Сбор материала проводили в районе деревни Копорулиха, села Марьино, поселка Юркино, кордона Теплая речка и кордона Мелковка. В каждой точке пробы отбирались на 3-х учетных площадках (УП). На пяти участках реки Ветлуга собрано 286 экземпляров *U. tumidus*.

Численность перловицы вздутой в реке Ветлуга на пяти участках варьировала от 14 экз/м² до 26 экз/м² (табл. 1).

Таблица 1

Численность *U. tumidus* в реке Ветлуга (экз/м²)

Участок реки Ветлуга	УП № 1	УП № 2	УП № 3	M±m
Район деревни Копорулиха	26	20	18	21,3±2,4
Район села Марьино	21	17	17	18,3±1,3
Район кордона Теплая речка	18	14	17	16,3±1,2
Район поселка Юркино	18	20	22	20,0 ± 1,1
Район кордона Мелковка	17	19	22	19,3±1,4

На участке в районе деревни Копорулиха среднее значение численности популяции составляет 21,3 ± 2,4 экз/м². Наибольшей численностью моллюсков характеризуется учетная площадка № 1, там она составляет 26 экз/м². На участке в районе села Марьино среднее значение численности популяции – 18,3 ± 1,3 экз/м². Наибольшей численностью моллюсков характеризуются учетные площадки № 2 и № 3, там она составляет по 17 экз/м². На участке в районе кордона Теплая речка средняя численность популяции – 16,3 ± 1,2 экз/м². Наибольшей численностью моллюсков характеризуется учетная площадка № 1 – 18 экз/м². На участке в районе поселка Юркино средняя численность популяции составляет 20,0 ± 1,1 экз/м². Наибольшей численностью моллюсков характеризуется учетная площадка № 3 – 22 экз/м². На участке в районе кордона Мелковка средняя численность популяции составляет 19,3 ± 1,4 экз/м². Наибольшей численностью моллюсков характеризуется учетная площадка № 3 – 22 экз/м².

Таким образом, наибольшей плотностью перловиц характеризуется участок реки Ветлуга в районе деревни Копорулиха.

Биомасса перловицы вздутой в реке Ветлуга на пяти участках варьировала от 208,1 до 689,4 г/м² (табл. 2).

Таблица 2

Биомасса *U. tumidus* в реке Ветлуга (г/м²)

Участок реки Ветлуга	УП №1	УП №2	УП №3	M±m
Район деревни Копорулиха	582,7	537,9	500,2	540,3 ± 23,8
Район села Марьино	394,5	257,9	208,1	286,8±55,7
Район кордона Теплая речка	306,4	288,5	353,7	316,2±19,4
Район поселка Юркино	554,4	516,8	689,4	586,8±52,4
Район кордона Мелковка	431,3	581,8	656,9	556,7±66,3

Средняя биомасса перловицы вздутой наибольшая на участке в районе поселка Юркино, а самая наименьшая на участке в районе села Марьино (табл. 2).

Анализ окраски раковин перловицы вздутой показал, что для раковин перловицы вздутой реки Ветлуга характерны следующие окраски: лимонно-желтый, оливковый, зеленый, светло-коричневый, темно-коричневый. В большей степени раковины окрашены в темно-коричневый цвет, его имели 149 раковин перловицы вздутой, что составляет 52,0 % от всей выборки. В наименьшей степени представлена лимонно-желтая окраска, ее имели 7 особей, что составляет всего 3 % от всей выборки.

Все собранные в реке Ветлуга экземпляры перловицы вздутой были разделены нами на размерно-возрастные группы. В районе деревни Копорулиха популяция представлена особями шести возрастных групп, но самыми многочисленными являются особи пятилетнего возраста с длиной раковин от 56 мм до 63 мм, они составляют 39 % от всей выборки (рис. 1).

В районе села Марьино популяция представлена особями также шести возрастных групп, но самыми многочисленными являются особи трехлетнего возраста с длиной раковин от 30 мм до 40 мм, они составляют 38 % от всей выборки.

В районе кордона Теплая речка самыми многочисленными являются особи четырехлетнего возраста с длиной раковин от 41 мм до 55 мм, составляющие 31 % от всей выборки.

В районе поселка Юркино и в районе кордона Мелковка популяция состоит из особей четырех возрастных групп, самыми многочисленными являются особи пятилетнего возраста, составляющие соответственно 45 % и 36 %.

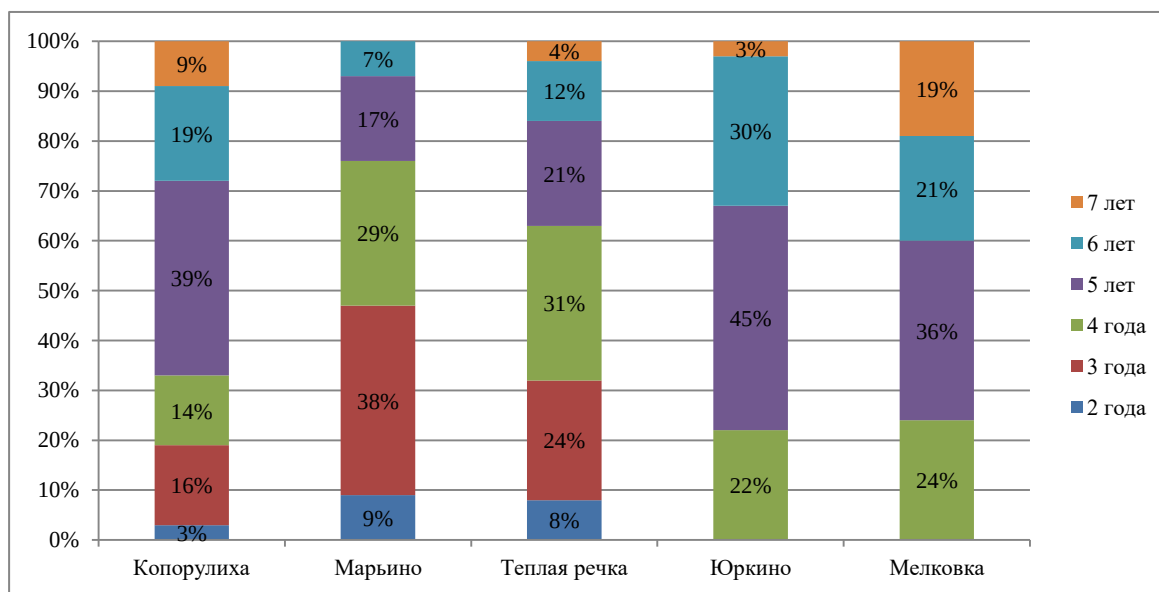


Рис. 1. Возрастной состав *U.tumidus* в реке Ветлуга

Таким образом, в реке Ветлуга в черте Юринского района, на разных участках доминируют особи разного возраста: трехлетнего, четырехлетнего и пятилетнего возрастов. Особи двухлетнего возраста отмечены только в районе деревни Копорулиха, села Марьино и кордона Теплая речка и то в малом количестве (от 3 % до 9 % от всей выборки). В районе поселка Юркино и кордона Мелковка молодые особи двухлетнего возраста не зарегистрированы. Там преобладали особи пятилетнего и шестилетнего возрастов (рис. 1).

В районе поселка Юркино и в районе кордона Мелковка отмечена наибольшая длина, высота и выпуклость раковин моллюсков. Наименьшая длина, высота и выпуклость раковин моллюсков отмечена в районе села Марьино и в районе кордона Теплая речка. При проведении статистического анализа выяснилось, что длина раковины ($p < 0,001$), высота раковины ($p < 0,001$) и выпуклость раковины ($p < 0,001$) перловицы вздутой зависит от участка реки Ветлуга, с которого собраны особи перловицы.

Проведенные исследования популяции перловицы вздутой в реке Ветлуга позволяют сделать следующие выводы: наибольшая численность *U. tumidus* зарегистрирована на участке реки Ветлуга в районе деревни Копорулиха ($21,3 \pm 2,4$ экз/м²), биомасса – на участке реки в районе поселка Юркино ($586,8 \pm 52,4$ г/м²). Раковины *U. tumidus* в большей степени имели темно-коричневую окраску (52 % от всей выборки). На исследуемых участках реки Ветлуга в популяции *U. tumidus* представлены особи разных возрастных групп, преобладают особи пятилетнего возраста.

ЛИТЕРАТУРА

- Бедова П. В. К изучению малакофауны текущих водоемов Республики Марий Эл // Беспозвоночные животные Южного Зауралья и сопредельных территорий. 1998. С. 64–67.
- Бедова П. В. Малакофауна озер Керебеляжской группы НП «Марий Чодра» // Принципы и способы сохранения биоразнообразия. Матер. Всерос. Науч. конф. Йошкар-Ола. 2004. С. 63–64.
- Бедова П. В. Малакофауна водоемов заповедника и прилегающих территорий // Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Вып. 3. 2008. С. 183–197.
- Бедова П. В., Колупаев Б. И. Использование моллюсков в биологическом мониторинге состояния водоемов // Экология. 1998. № 5. С. 410–411.
- Бедова П. В. Динамика содержания каротиноидов в тканях моллюсков в связи с качеством среды обитания: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 1999. 24 с.
- Бедова П. В. Зараженность популяции *Viviparus viviparus* L. реки Малая Кокшага паразитами трематод и содержание в тканях моллюсков каротиноидов // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 1 (22). С. 24–28.
- Жадин В. И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. М. Л. : Изд-во АН СССР, 1952. 375 с.

Сравнительное исследование стимуляции дыхания митохондрий печени холевой и хенодезоксихолевой кислотами в отсутствие и присутствии ионов магния

Павлова Е. К., аспирант 2 курса,

*Семенова А. А., канд. биол. наук, доцент кафедры Биохимии,
клеточной биологии и микробиологии*

Науч. рук. – Самарцев В. Н., доктор биол. наук, профессор

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
evgewa2010_2011@mail.ru

Желчные кислоты (ЖК) – это органические кислоты, производные холановой кислоты, отличающиеся тем, что к ее кольцевой структуре присоединены гидроксильные группы. ЖК относятся к классу стероидов, являются веществами животного происхождения и обладают высокой биологической активностью [1; 2]. Первичные ЖК – холевая (ХК) и хенодезоксихолевая (ХДХК) – синтезируются в печени из холестерина.

Эти кислоты являются главными химическими компонентами желчи, ответственными за выполнение всех ее функций, включающих элиминацию свободного и этерифицированного холестерина, гидрофобных метаболитов. Кроме того, ЖК способствуют выведению многих ксенобиотиков, лекарственных соединений и тяжелых металлов [3; 4].

Как известно, внутриклеточное накопление ЖК при холестазе вызывает повреждение гепатоцитов вплоть до их гибели. Известно несколько типов клеточной смерти, различающихся как по морфологическим признакам, так и по биохимическим механизмам. Однако во всех случаях центральная роль в этих процессах отводится митохондриям, которые объединяют множество внутриклеточных сигнальных путей, приводящих к гибели клетки. Желчные кислоты оказывают разнообразное воздействие на митохондрии жизненно важных органов млекопитающих; они ингибируют транспорт электронов по дыхательной цепи, вызывают снижение дыхания в состоянии 3, коэффициента дыхательного контроля и мембранного потенциала [5]. Желчные кислоты, являясь амфифильными соединениями, способны также увеличивать плотность отрицательных зарядов на поверхности мембран митохондрий и, вследствие этого, влиять на активности митохондриальных ферментов и переносчиков [5]. Добавление ионов магния к инкубируемым в сахарозной среде митохондриям приводит к экранированию отрицательных зарядов на поверхности мембран [6]. Можно ожидать, что добавление ионов магния к митохондриям окажет влияние на разобщающее действие желчных кислот.

Целью настоящего исследования было выяснить, как влияют ионы магния на разобщающее действие желчных кислот: гидрофильной холевой и гидрофобной хенодезоксихолевой.

Выделение митохондрий из печени крыс. Митохондрии из печени белых половозрелых крыс самцов (возраст 9–12 месяцев, весом 210–250 г) выделяли общепринятым методом дифференциального центрифугирования с последующим освобождением от эндогенных жирных кислот с помощью бычьего сывороточного альбумина (БСА) фракции V в соответствии с описанной ранее методикой [7]. Среда выделения содержала 250 мМ сахарозы, 1 мМ EGTA, 5 мМ MOPS (pH до 7.4 доводили трис). Концентрацию белка митохондрий определяли по Бредфорду [8]. Во время проведения эксперимента суспензию митохондрий (40–50 мг митохондриального белка в 1 мл) хранили на льду.

Оценка дыхания митохондрий печени крыс. Дыхание митохондрий регистрировали полярографическим методом при 25°C в термостатируемой ячейке объемом 1 мл с помощью кислородного электрода типа Кларк и установки Охуgraph Plus (Hansatech Instruments, Великобритания) [9].

Применяли среду инкубации, содержащую сахарозу 200 мМ, 20 мМ KCl, 5 мМ янтарной кислоты, 0,5 мМ EGTA, 10 мМ MOPS (pH до 7,4 доводили трис).

При проведении экспериментов в ячейку или в кювету сразу после митохондрий во всех случаях добавляли ротенон (2 мкМ) и, если необходимо, MgCl₂ (3 мМ). Все другие добавки осуществляли, как указано в таблице и на рисунках. В контрольных пробах к митохондриям добавляли растворители в том же объеме, как в добавках с исследуемыми веществами. Во всех случаях растворители не влияли существенно на параметры митохондрий. В работе использовали холат калия, хенодезоксихолевую кислоту, янтарную кислоту, очищенный от жирных кислот бычий сывороточный альбумин фракции V, MOPS, Трис, 2,4-динитрофенол, ротенон, EGTA (“Serva”, Германия); сахарозу, KCl, MgCl₂ (“Fluka”, США). Использовали растворы ХК (0,1 М), ХДХК (20 мМ) в бидистиллированной воде.

В ходе эксперимента было оценено влияние на митохондриальное дыхание гидрофобной желчной кислоты – ХДХК, а так же гидрофильной холевой кислоты (ХК) в присутствии и отсутствии ионов магния (Mg²⁺) (табл. 1).

Таблица 1

Влияние холевой кислоты (А) и хенодезоксихолевой кислоты (Б) на скорость дыхания митохондрий печени (J_u , нмоль O_2 /мин на 1 мг белка) в отсутствии и присутствии ионов магния (Mg^{2+})

А. Эффект холевой кислоты (ХК)			Б. Эффект хенодезоксихолевой кислоты (ХДХК)		
[ХК], мкМ (n=4)	J_u		[ХДХК], мкМ (n=4)	J_u	
	Без Mg^{2+}	Mg^{2+} 3 мМ		Без Mg^{2+}	Mg^{2+} 3 мМ
0	8,9±0,21	9,6±0,15	0	8,7±0,48	9,5±0,40
200	9,6±0,31	10,8±0,27	20	9,6±0,61	10,4±0,48
400	11,1±0,58	12,3±0,37	40	11,8±0,99	11,5±0,73
600	13,7±0,91	14,1±0,79	60	15,3±1,68	13,0±1,16
800	16,9±1,23	16,0±0,61	80	19,7±1,82	14,7±1,50*
1000	20,6±0,72	18,5±0,95	100	24,4±1,49	16,6±1,50*
+ДНФ 50	37,6±1,47	41,1±0,61	+ДНФ 50	37,4±1,81	41,8±0,67

Примечание: * $p < 0,05$ (t-критерий Стьюдента), значимость относительно ХДХК, в отсутствии ионов магния (Mg^{2+})

По представленным в таблице данным видно, что эти желчные кислоты в указанных концентрациях стимулируют дыхание митохондрий печени приблизительно в равной степени (табл. 1). Присутствие ионов магния (Mg^{2+}) в концентрации 3 мМ, вызывает разобщающий эффект желчных кислот, наблюдаемый в высоких концентрациях ХК и ХДХК. Прямое разобщающее действие желчных кислот в отношении окислительного фосфорилирования митохондрий связано с их мощным детергентным влиянием на молекулы фосфолипидов липидного бислоя биологических мембран [10]. Во всех случаях последующее добавление протонотонного разобщителя 2,4-ДНФ в оптимальной для него концентрации 50 мкМ вызывает дальнейшую стимуляцию дыхания (табл. 1). Следовательно, дыхание митохондрий в присутствии ХК и ХДХК не лимитируется транспортом электронов по дыхательной цепи.

Эффективность действия желчных кислот (ΔJ_u) может быть выражена количественно как величина стимуляции дыхания митохондрий: $\Delta J_u = J_u - J_0$. В связи с этим, на рис. 1(а) и 1(б) представлены графики зависимости величины ΔJ_u от концентрации ХК и ХДХК соответственно, в отсутствии (●), присутствии (▲) ионов магния.

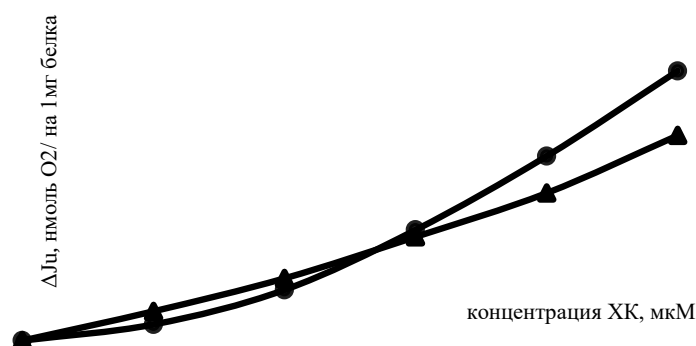


Рис. 1(а). Зависимость величины ΔJ_u от концентрации ХК, в отсутствии (●), присутствии (▲) ионов магния

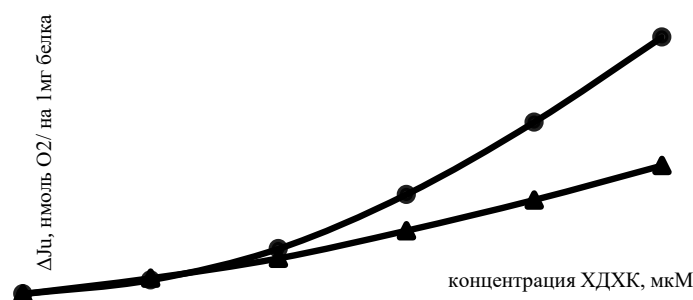


Рис. 1(б). Зависимость величины ΔJ_u от концентрации ХДХК, в отсутствии (●), присутствии (▲) ионов магния

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что эффективность действия желчных кислот (ΔJ_u) на дыхание митохондрий печени зависит от концентраций ХК и ХДХК, важно отметить, что она нелинейная и носит параболический характер. Ионы магния ингибируют действие только ХДХК в больших концентрациях 80 и 100 мкМ. ХК и ХДХК в концентрациях 1000 и 80 мкМ соответственно стимулируют дыхание в равной степени, т. е. более гидрофобная ХДХК в 12 раз более активна, чем ХК.

Таким образом, можно предположить, что разобщающее действие первичных желчных кислот (ХК и ХДХК) частично подавляется ионами магния вследствие формирования неактивного комплекса катиона магния и аниона желчной кислоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Enhsen A., Kramer W., Wess G. Bile Acids in Drug Discovery // International Journal of Immunopharmacology. 1999. No. 21 (2). Pp. 409–418.
2. Patel S., Bariya D., Mishra R., Mishra S. Bile Acid-Based Receptors and Their Applications in Recognition // Steroids. 2022. Vol. 179. P. 108981.
3. Hofmann A.F., Hagey L.R. Key discoveries in bile acid chemistry and biology and their clinical applications: history of the last eight decades // Lipid Res. 2014. № 55(8). Pp. 1553–1595.
4. Boyer J. L. Bile formation and secretion // Compr Physiol. 2013. № 3 (3). Pp. 1035–1078.
5. Samartsev, V. N., Khoroshavina, E. I., Pavlova, E. K., Dubinin M. V., Semenova A. A. Bile Acids as Inducers of Protonophore and Ionophore Permeability of Biological and Artificial Membranes // Membranes. 2023. Vol. 13. P. 472.
6. Samartsev V. N., Mokhova E. N. ADP/ATP antiporter- and aspartate/glutamate antiporter-mediated fatty acid-induced uncoupling of liver mitochondria // Biochem. Mol. Biol. Int. 1997. Vol. 42. Pp. 29–34.
7. Samartsev V. N., Smirnov A. V., Zeldi I. P., Markova O. V., Mokhova E. N., Skulachev V. P. Involved of aspartate/glutamate antiporter in fatty acid-induced uncoupling of liver mitochondria // Biochim. Biophys. Acta. 1997. No. 1339. Pp. 251–257.
8. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Anal. Biochem. 1976. № 72. Pp. 248–254.
9. Dubinin M. V., Semenova A. A., Ilzorkina A. I., Markelova N. Y., Penkov N. V., Shakurova E. R., Belosludtsev K.N., Parfenova L. V. New quaternized pyridinium derivatives of betulin: Synthesis and evaluation of membranotropic properties on liposomes, pro- and eukaryotic cells, and isolated mitochondria // Chem. Biol. Interact. 2021. № 349. P. 109678.
10. Das M., Du Y., Mortensen J. S., Bae H. E., Byrne B., Loland C. J., Kobilka B. K., Chae P. S. An engineered lithocholate-based facial amphiphile stabilizes membrane proteins: assessing the impact of detergent customizability on protein stability // Chemistry. 2018. №. 24(39). P. 9860–9868.

Карантинные сорные растения

Пашутина Е. Н.¹, Соколова Е. И.²

¹Государственный гуманитарно-технологический университет, г. Орехово-Зуево

²Луганский государственный аграрный университет, г. Луганск

s-e-i@mail.ru, pashutina07@mail.ru

В сохранении биологического разнообразия ключевую роль играет карантинное фитосанитарное состояние растительного мира, так как человек больше проигрывает от того, когда теряет определенные виды растений, чем выигрывает [1; 2]. Распространение вредителей и болезней растений может нанести значительный вред не только окружающей среде в целом, но и жизни и здоровью человека. По подсчету ООН от вредителей, болезней и сорняков в размере до 35 % исчисляются потери урожая. Климат Луганской области умеренно-континентальный, с засушливым и жарким летом и прохладной и малоснежной зимой [3]. Эти условия способствуют акклиматизации вредных организмов в области.

Цель и методика работы. Цель работы является описание и анализ распространение карантинных сорных растений в условиях города Луганск. Работа выполнена при общем флористическом обследовании территории маршрутным методом 2020–2023 гг. [4; 5].

С 1 июля 2017 года на территории стран-членов Евразийского экономического союза применяется Единый перечень карантинных объектов ЕАЭС. Этот перечень был утвержден Решением Совета Евразийской экономической комиссии № 158 от 30.11.2016 года. В целом сельскохозяйственным культурам и продукции растениеводства вредят более 400 видов вредителей, 200 возбудителей болезней, 300 видов сорняков. Перечень карантинных вредных организмов, которые влияют на фитосанитарное благополучие территории России, насчитывает на 25.01.2023 более 200 видов.

В РФ, согласно Единого перечня ЕАЭС, насчитывают 57 карантинных вредных организмов, ограниченно распространенных. В этом списке девять растений: горчак ползучий (*Acroptilon repens* DC.), амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.), амброзия многолетняя (*Ambrosia psilostachya* DC.), амброзия

трехраздельная (*Ambrosia trifida* L.), ценхрус длинноколючковый (*Cenchrus longispinus* (Hack.) Fern), повилики (*Cuscuta* spp.), паслен колючий (*Solanum rostratum* Dun.), паслен трехцветковый (*Solanum triflorum* Nutt.) [6; 7].

На территории Луганска нами было выявлено и зарегистрировано: амброзия полыннолистная (*A. artemisiifolia* L.), повилики (*Cuscutaceae* spp.), горчак ползучий (*A. repens* DC.), ценхрус длинноколючковый (*C. longispinus* (Hack.) Fern). Следует отметить, что из повилик, которые имеют обширное распространение по всему миру, в Луганске встречаются повилика полевая (*Cuscuta campestris* Yunck.) и повилика Лемана (*Cuscuta lehmanniana* Bunge.). Из года в год частота встречаемости этих, пяти карантинных растений не уменьшается, и они занимают значительные территории. Например, корреляционно-регрессионный анализ распространения амброзии полыннолистной ($r = 0,93$) указывает на наличие значительной положительной связи между годами и площадью заселения.

В современных условиях риск распространения карантинных растений возрастает, поскольку в грузах, идущих с других территорий, обнаруживаются чужеродные сорняки, которые обладают высокой способностью к натурализации, что приводит к образованию новых растительных сообществ, сорные растения вытесняют местные виды в конкурентной борьбе.

Выводы. Климатические условия способствуют акклиматизации карантинных сорных растений в Луганском регион. В Луганске зафиксировано пять видов из Единого перечня ЕАЭС: амброзия полыннолистная (*A. artemisiifolia* L.), повилика полевая (*C. campestris* Yunck.) и повилика Лемана (*C. lehmanniana* Bunge.), горчак ползучий (*A. repens* DC.), ценхрус длинноколючковый (*C. longispinus* (Hack.) Fern). Установлено, что спорадически встречается в городских фитоценозах, сорное растение, циклахена дурнишниковидная (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.). В ближайшие годы, по прогнозам, тенденция распространения карантинных сорняков сохранится.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ситникова Н. В. Карантинные сорные растения: учеб. пособие. Казань : КФУ, 2013. 150 с.
2. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации в 2022 году. Москва. 35 с. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/nacionalnyj-doklad-o-karantinno-fitosanitarom-sostojanii-territorii-rossijskoj-federacii-v-2022-godu/> (дата обращения: 25.04.2024).
3. Соколов И. Д., Пауштина Е. Н., Медведь О. М., Соколова Е. И. Тенденции изменений приземной температуры воздуха в Луганщине // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2022. Т. 8 (74). № 1. С. 101–113.
4. Старостенкова М. М., Гуленкова М. А., Шафранова Л. М., Шорина Н. И. Учебно-полевая практика по ботанике. М. : Высш. шк., 1990. 191 с.
5. Фетюхин И. В., Авдеев А. П., Авдеев С. С., Черненко В. В., Рябцева Н. А. Методы учета структуры сорного компонента в агрофитоценозах : учебное пособие. Персиановский : Донской ГАУ, 2018. 76 с.
6. Пауштина Е. Н., Соколова Е. И. Анализ распространения *Ambrosia artemisiifolia* L. в Луганске // Современные проблемы естественных наук и фармации : сборник статей Всероссийской научной конференции (г. 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. С. 257–259.
7. Коноля Н. И. Семенная продуктивность сорных растений как фактор их широкого распространения // Биоразнообразие, природопользование, экологическая безопасность: материалы пула научно-практических конференций, Керчь : Керченский государственный морской технологический университет, 23–27 января 2023, С. 356–360.

Структурно-функциональные особенности селезенки мышей при экспериментальной миодистрофии Дюшенна

Попова К. Н., студ.4 курса

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

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Ksenya.p2002@xmail.com

Мышечная дистрофия Дюшенна – это генетическое заболевание, которое вызывает прогрессирующую дегенерацию скелетных мышц. Оно возникает в результате дефекта гена, кодирующего белок дистрофин. Дистрофин является полифункциональным белком, его содержание по отношению к общему белку мышц составляет всего 0,002 % и достигает 5 % среди мембранных белков цитоскелета. Дистрофин связан с белками сарколеммы, образуя три субкомплекса: дистрогликановый, саркогликановый и синтрофиновый. Предполагается, что белки дистрофинового ряда выполняют ключевую роль в поддержании ассоциированных с мембраной комплексов в местах межклеточных контактов [1].

В то время как основные клинические проявления миодистрофии Дюшенна хорошо изучены, состояние внутренних органов при данной патологии до сих пор остается не до конца описанным и, в лучшем случае, имеются указания на полиорганную недостаточность, развивающуюся со временем у таких больных [2]. Так, например, практически не известны особенности морфологии селезенки и вообще органов иммунной системы при данном заболевании. Учитывая, что селезенка – это один из ключевых органов иммунной системы, выполняющий целый ряд функций, обеспечивающих полноценное функционирование организма [3], изучение ее морфологии при развитии миодистрофии Дюшенна, на наш взгляд, совершенно необходимо.

В данной работе проведено исследование гистологического состояния селезенки мышей на фоне экспериментального развития миодистрофии Дюшенна. Объектом исследования была селезенка нескольких групп животных: wt (wild type) – контрольная группа; wt+mt – группа контрольных мышей, которым вводили аллогенные митохондрии здоровых мышей; mdx – мутантные мыши с дистрофией Дюшенна; mdx+mt – мутантные мыши, которым внутримышечно в бедренные мышцы задних конечностей вводились аллогенные митохондрии.

Забор селезенки производился после декапитации мышей. Далее органы фиксировались в 10 % нейтральном формалине, и впоследствии обезживались через батарею спиртов. В дальнейшем для проводки использовали хлороформ, хлороформ-парафин и чистый парафин. Для получения гистологических срезов (5 мкм) применяли микротом Minux S710 (RWD Life Science, Китай). Срезы окрашивали гематоксилин-эозином и заключали в канадский бальзам [4]. Изучение гистологического строения органа проводилось на микроскопе Biobase DM-300M (Jinan Biobase Medical Co., Китай).

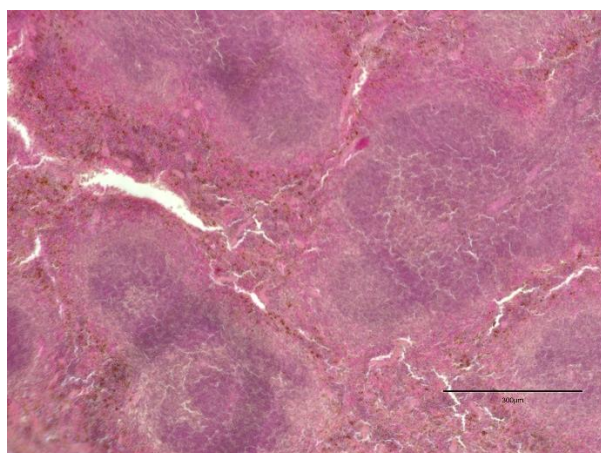
Для морфометрических исследований срезы селезенки фотографировали на микроскопе EVOS M5000 (Thermo Fisher Scientific, США), а затем проводили определение средней площади отдельно каждого фолликула белой пульпы, используя программу ImageJ, а также рассчитывали количество фолликулов на единицу площади паренхимы органа. Все полученные данные обрабатывались в программах Excel и STATISTICA12.

Для статистической обработки для величин изучаемых параметров предварительно проводили проверку на нормальность распределения, применяя тест Шапиро-Уилка. В дальнейшем применяли непараметрический критерий Краскела-Уоллиса. Полученные значения считали различимыми при $p < 0,05$.

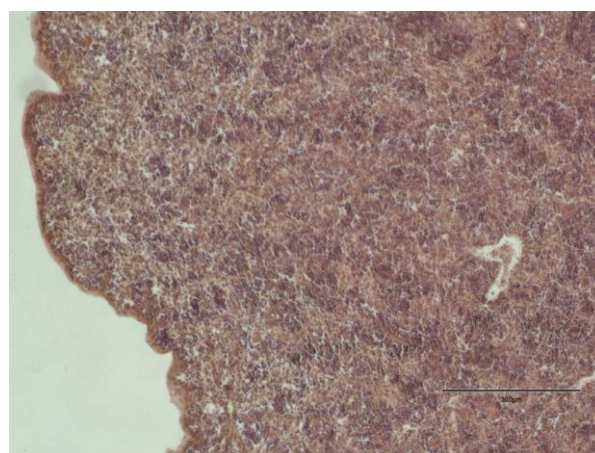
При гистологическом изучении препаратов в селезенке изученных групп мышей (wt, wt+mt, mdx) не установлено каких либо существенных гистологических отклонений от нормального состояния [5] (рис. 1А). В то же время у одной из мышей группы mdx+mt, не наблюдалось выраженной картины разделения паренхимы на белую и красную пульпу (рис. 1Б), т. е. типичная гистологическая структура оказалась стертой за счет отсутствия лимфоидных фолликулов и гиперплазии красной пульпы, поэтому в дальнейшем анализе эта селезенка не учитывалась.

У мышей всех остальных групп капсула селезенки имела нормальные размеры и морфологию. В строме органа четко были видны трабекулы различной протяженности и толщины. Стенки артериол выглядели плотными с четким эндотелием. На препаратах хорошо различались селезеночные тяжи и полнокровные венозные синусы.

Паренхима органов во всех группах обследованных мышей была представлена белой и красной пульпой, при этом последняя по объему визуально преобладала над белой пульпой. В белой пульпе определялись фолликулы с неярко выраженными зонами: периартериальной, реактивной, мантийной, а также маргинальной зоной. Следует отметить, что центры размножения имелись не во всех фолликулах. Их формы колебались – от вытянутых до округлых и имели разный размер.



А



Б

Рис. 1. Морфологическая картина селезенки у мышей:
А – фолликулы белой пульпы, Б – селезенка без выраженной белой пульпы. X100

При морфометрическом исследовании в селезенке у каждого животного измеряли площадь фолликулов (мкм^2) (в среднем для 20 фолликулов у одной мыши) и количество фолликулов на единицу площади паренхимы (мкм^2) (в 20 полях для одного животного) (рис. 2). Размеры и количество учитывали только для целых фолликулов, полностью попадающих в срез.

Из рисунка 2 видно, что по средней площади фолликулов, сравниваемые группы мышей не различаются ($p < 0,05$).

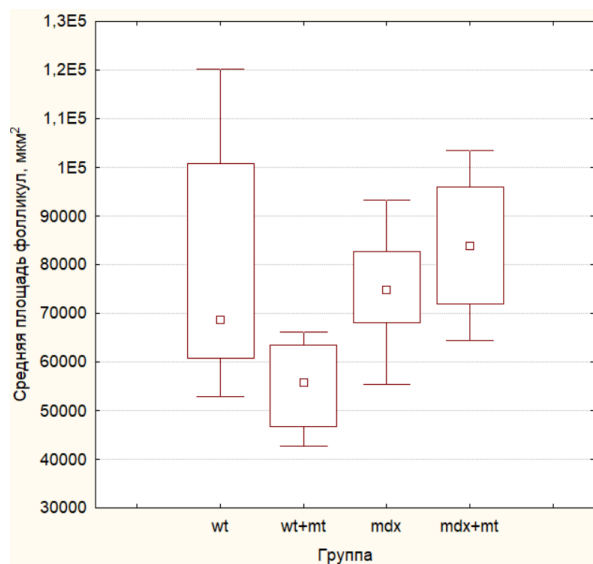


Рис. 2. Средняя площадь фолликула

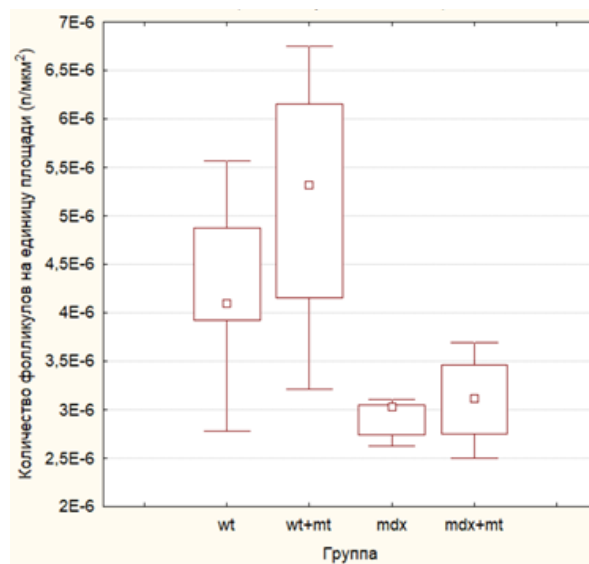


Рис. 3. Количество фолликулов белой пульпы на единицу площади паренхимы

В то же время по другому параметру – количество фолликулов на единицу площади паренхимы были установлены статистические различия $p = 0,0305$ (рис. 3). Оказалось, что минимальное количество фолликулов выявляется в паренхиме селезенки дистрофин-дефицитных мышей и больных мышей, которым вводили аллогенные митохондрии.

Селезенке принадлежит важная роль в иммунном статусе организма [3], поэтому, сокращение числа фолликулов у больных миодистрофией животных может отражать снижение у них иммунной резистентности. При этом необходимо учитывать тот факт, что при миодистрофии Дюшенна всегда отмечается развитие воспалительных процессов в организме [6]. Наблюдаемая гистологическая картина в селезенке дистрофин-дефицитных мышей, возможно, свидетельствует об обострении течения воспалительных процессов.

Проведенное исследование селезенки выявило ее морфологические особенности в группах больных животных, что вызывает ряд вопросов и требует дальнейшего более подробного изучения элементов паренхимы этого органа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гринио Л. П. Некоторые особенности патогенеза миодистрофии дюшенна // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2019. Т. 119. № 3. С. 79–81.
2. Chang M., Cai, Y., Gao Z. et al. Duchenne muscular dystrophy: pathogenesis and promising therapies // J. Neurol. 2023. Vol. 270/ Pp. 3733–3749. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00415-023-11796-x>
3. Шапкин Ю. Г., Масляков В. В. Селезенка и иммунный статус организма: обзор // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. 2009. Т. 168. № 2. С. 110–113.
4. Шубина О. С., Дуденкова Н. А., Моисеева М. В., Комусова О. И. Методы исследования в анатомии, цитологии и гистологии : учебно-методическое пособие. Саранск: МГПУ им. М. Е. Евсевьева. 2021. 132 с.
5. Константинова, И. С., Булатова Э. Н., Усенко В. И. Основы цитологии, общей гистологии и эмбриологии животных : учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань. 2022. 240 с.
6. Eagle M., Baudouin S. V., Chandler C., Giddings D. R., Bullock R., Bushby K. Survival in Duchenne muscular dystrophy: improvements in life expectancy since 1967 and the impact of home nocturnal ventilation // Neuromuscul Disord. 2002. Vol. 12. Pp. 926–929.

Организация и работа студенческого научного кружка по биохимии и молекулярной биологии в марийском государственном университете

Попова О. В.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
yasminka1@mail.ru

Огромную роль в профессиональной подготовке студента-медика и биолога играет внеаудиторная деятельность. Один из способов повышения интереса к избранной области профессиональной деятельности, расширения профессионального кругозора, навыков работы с современной научной информацией и ресурсами – организация профильных студенческих научных кружков.

Студенческий научный кружок по биохимии и молекулярной биологии (далее СНК) в Марийском государственном университете был организован в ноябре 2019 года на базе кафедры биохимии, клеточной биологии и микробиологии по распоряжению директора Института естественных наук и фармации Воскресенской Ольги Леонидовны. Целью новообразованного СНК стало создание единого сообщества студентов и молодых ученых, интересующихся достижениями в области биохимии и молекулярной биологии. Формат работы СНК – открытые заседания в виде научно-практической конференции с заслушиванием студенческих докладов на разные темы по профилю кружка с дальнейшим обсуждением. Кроме этого, одним из вариантов работы СНК стало проведение открытых лекций ученых Марийского государственного университета, на которых участники знакомятся с научными исследованиями, проводимыми в университете, достижениями мирового масштаба, современными методами биохимических и молекулярно-биологических исследований, прикладным аспектом получаемых результатов. Структура СНК включает студенческую активную группу (актив кружка), из числа участников которой на каждый учебный год избирается староста кружка и его заместитель. Руководство подготовкой работ теоретического и исследовательского характера осуществляет куратор кружка из числа профессорско-преподавательского состава кафедры биохимии, клеточной биологии и микробиологии. В начале каждого учебного года студентам предлагается перечень тем для подготовки докладов на заседания кружка, либо они могут предложить свою тему.

Еще одно направление работы СНК – проведение внутривузовской студенческой олимпиады по биохимии в Марийском государственном университете, а также подготовка студенческих команд для участия в межвузовских и всероссийских профильных олимпиадах. В частности, в ежегодной Межвузовской студенческой олимпиаде «Биохимия – основа жизни» в Северо-Кавказском федеральном университете в г. Ставрополь и во Всероссийской олимпиаде студентов «Биохимик» в Башкирском государственном медицинском университете в г. Уфа.

Безусловно, одним из самых важных направлений работы СНК является участие самих студентов – членов СНК в проведении научных исследований, публикация тезисов и статей в сборниках научных трудов конференций, а также выступление с докладами на конференциях разного уровня.

Количество участников актива СНК в 2019–2020 уч. году составило 23 человека, в 2020–2021 уч. году – 27 человек, в 2021–2022 уч. году – 22 человека, в 2022–2023 уч. году – 25 человек, в 2023–2024 уч. году – 39 человек (рис. 1).

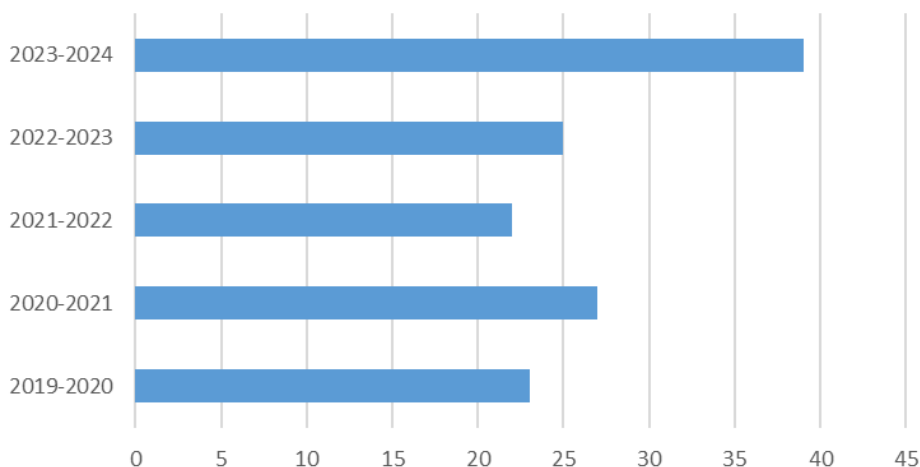


Рис. 1. Количество участников актива СНК по учебным годам с момента организации кружка по сегодняшний день

Доля представителей разных специальностей и направлений подготовки отражена на диаграммах (рис. 2).

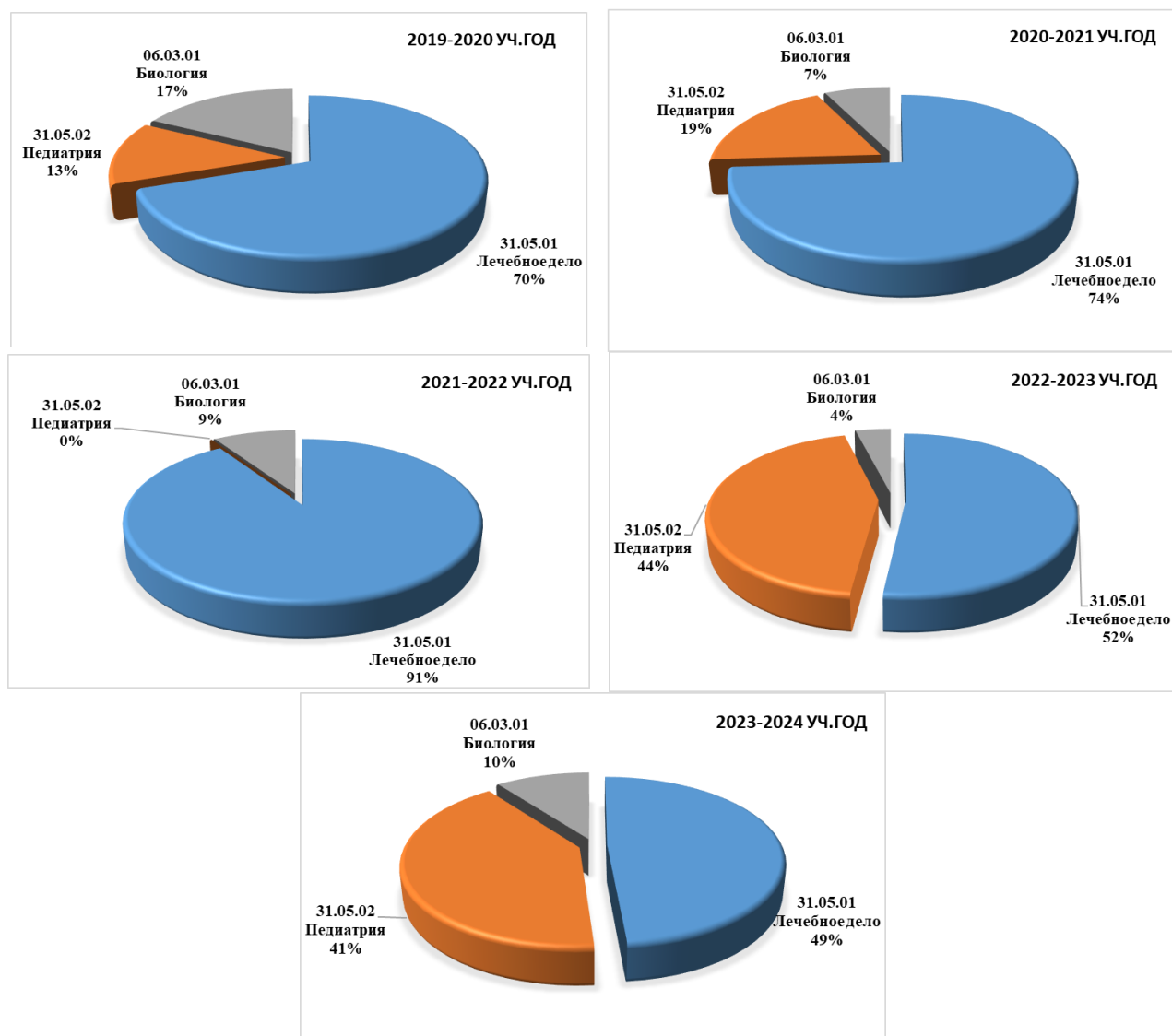


Рис. 2. Процентное соотношение студентов разных специальностей и направлений подготовки среди членов актива СНК

Из наиболее значимых достижений участников СНК можно выделить следующие:

- 2020–2021 уч. год – диплом за II место во II-й Всероссийской олимпиаде студентов «Биохимик 2021» (Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа);
- 2020–2021 уч. год – диплом победителя в номинации «Лучшее эссе» во II-й Всероссийской олимпиаде студентов «Биохимик 2021» (Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа) – Гезали Аля Эддин;
- 2023–2024 уч. год – победа в конкурсе внутривузовских научных грантов с проектом на тему «Изучение влияния витамина Д и витамина К, а также их комбинированного действия на некоторые биохимические и морфологические показатели организма крыс разных возрастных групп» – Михайлов А., Булгариев Р., Кузнецов Д., Манаева В., Иванова Т., Сунгатуллин Б.
- 2023–2024 уч. год – успешное прохождение отборочного тура Межвузовской студенческой олимпиады «Биохимия – основа жизни» (Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь) – Булгариев Р.

Другие показатели работы СНК с 2019 по 2024 гг. представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели	2019–2020 уч.год	2020–2021 уч.год	2021–2022 уч.год	2022–2023 уч.год	2023–2024 уч.год
1. Количество студенческих докладов	7	12	13	15	16
2. Количество открытых лекций	2	1	1	-	1

Показатели	2019–2020 уч.год	2020–2021 уч.год	2021–2022 уч.год	2022–2023 уч.год	2023–2024 уч.год
3. Количество публикаций студентов	1	1	2	-	4
4. Количество инициативных и финансируемых научных работ и проектов	-	-	-	1	3

Стоит отметить увеличившийся интерес студентов к работе СНК, в том числе к заседаниям кружка и научно-исследовательской работе. Публикационная активность членов кружка за анализируемый период выросла в 4 раза.

На заседаниях кружка также проводится разбор метаболических путей, интересных ситуационных задач и наиболее трудных вопросов по биохимии и молекулярной биологии. Для своевременного информирования участников СНК и всех желающих о предстоящих заседаниях и других мероприятиях, проводимых в рамках работы СНК была создана страница сообщества кружка в социальной сети ВКонтакте, где также публикуются ссылки на интересные мировые исследования, разбор ситуационных задач и клинических случаев, объявления и информация о различных конференциях и олимпиадах по профилю работы кружка, отчеты о проведенных заседаниях и другая полезная информация. В конце каждого учебного года обязательно подводятся итоги работы СНК и на отдельном открытом заседании вручаются благодарности активным участникам кружка, а также грамоты особо проявившим себя в течение учебного года студентам.

Студенческий научный кружок по биохимии и молекулярной биологии всегда ждет и готов принять в ряды участников активных интересующихся наукой студентов университета.

Влияние родацианина MKT-077 на состояние микробиоты толстой кишки у мышей с миодистрофией Дюшенна

Портнова С. С., студ.4 курса

Павлова Е. К., преподаватель кафедры биохимии, клеточной биологии и микробиологии

Науч. рук. – Хорошавина Е. И., канд. биол. наук, доцент кафедры биохимии, клеточной биологии и микробиологии

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
portnova.sofa275@mail.ru

Микробиота человека и животных представляет собой взаимовыгодное сообщество микроорганизмов, сформированное в течение долгого процесса эволюции. Микробиоценоз ЖКТ играет ключевую роль в поддержании нормальной жизнедеятельности организмов человека и животных, влияет на развитие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов (колонизационная резистентность), а также способствует поддержанию оптимального уровня иммунитета [1; 2].

В последние годы было обнаружено, что микробиота кишечника также может оказывать влияние на здоровье скелетных мышц [3; 9]. Исследования показали, что изменения в составе микробиоты могут быть связаны с различными заболеваниями мышц, такими как мышечная дистрофия и миопатия [4; 5].

Целью работы является изучение количественных и качественных изменений состава мукозной (пристеночной) микробиоты толстой кишки у мышей дикого типа (Wt) и мышей с миодистрофией Дюшенна линии Mdx, а так же исследовать влияние катионного родацианина MKT-077, способного модулировать ионный гомеостаз в тканях и развитие патологического процесса, на соответствующие группы мышей.

Методы исследования. В работе использовали 8-недельных дистрофин-дефицитных мышей линии C57BL/10ScSn-mdx (далее – Mdx) и мышей линии C57BL/10 дикого типа (далее – Wt), полученных из НПП «Питомник лабораторных животных» ФИБХ РАН.

Животные были разделены на 4 группы: 1-я – контрольные мыши дикого типа (Wt), 2-я – мыши с заболеванием Дюшенна (Mdx), 3-я – контрольные мыши дикого типа, получавшие препарат MKT-077 (Wt+MKT), 4-я – мыши Mdx, получавшие препарат MKT-077 (Mdx+MKT). Препарат MKT-077 вводили внутривентрально в дозе 5 мкг/кг массы тела ежедневно в течение месяца.

Исследование мукозной (пристеночной) микробиоты толстой кишки у экспериментальных мышей проводили по методике Л. И. Кафарской и В. М. Коршунова [6]. Исследуемый материал засеивали на элективные и

дифференциально-диагностические среды: для выделения энтеробактерий использовали среды: Эндо, Мак-Конки, SS-агар, Кровяной агар. Для обнаружения дрожжей и грибов использовали среду Сабуро (инкубировали в течение 3–5 дней при 28–30 °С). Энтероагар для энтерококков и стафилококки выделяли на желточно-солевом агаре и МСА. Лактоагар и Бифидоагар для лактобацилл и бифидобактерий соответственно. Через 20–24 часа на среде Эндо подсчитывали число и процент лактозопозитивных и лактозонегативных (бесцветных) колоний. На кровяном агаре учитывали процентное соотношение гемолитических колоний. Идентификацию выделенных микроорганизмов проводили с учетом морфологических, тинкториальных, культуральных и биохимических (сахаролитических, протеолитических свойств с использованием сред Олькеницкого и Гисса). Проводили микроскопию окрашенных по Граму мазков. Культуры стафилококка проверяли на патогенность в реакции плазмокоагуляции. Для определения анаэробных бифидобактерий посеивали на среде Блаурокка и Бифидоагар, выращивали при 37 °С в течение 48 часов, в анаэробных условиях. Из посевов готовили мазки, окрашивали по Граму и микроскопировали. Обнаружение характерных грамположительных палочек с разветвлениями на концах, расположенных в виде римской цифры V, с несколько утолщенными концами или в виде скоплений, напоминающих китайские иероглифы, подтверждает их принадлежность к бифидобактериям. Данные представляли в виде среднего значения (M) ± стандартная ошибка среднего (SEM). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

По представленным в таблице 1 данным, видно, что введение животным катионного родацианина MKT-077 сопровождается увеличением количественного состава факультативных анаэробных кокков рода *Enterococcus spp.* в группе мышей с мышечной дистрофией Дюшена (Mdx+MKT), в сравнении с группами Wt. Роль энтерококков заключается в создании местного иммунитета (в кишечнике), в обеспечении колонизационной резистентности слизистых, в переработке углеводов и синтезе витаминов. А так же, увеличение количественного состава энтерококков, могло бы свидетельствовать о воспалительных процессах слизистой кишечника, только в тех случаях, если бы количество лактозоположительных энтеробактерий уменьшалось [7]. В связи с этим, можно предположить, что увеличение количественного состава факультативных анаэробных кокков в группе с миодистрофией Дюшена (Mdx), в сравнении с диким типом (Wt), связано с местной адаптационной реакцией, и с введением MKT-077, что указывает на местный иммунный ответ [7].

Таблица 1

Количественный состав пристеночной (мукозной) микрофлоры толстой кишки экспериментальных животных (количество микроорганизмов, lgKOE /г, (M±SEM))

Группы мышей	<i>Bifidobacteri a spp.</i>	<i>Lactobacillu s spp.</i>	Гемолитические палочки	<i>Staphylococci s spp.</i>	<i>Enterococci s spp.</i>	<i>Saccharomycet es spp.</i>	Лактозо (+) энтеробактерии	Лактозо (-) энтеробактерии
Wt (n=14)	1,65±0,12	1,34±0,17	0,81±0,06	0,72±0,19	0,51±0,19	1,18±0,14	1,25±0,31	1,12±0,38
Mdx (n=13)	1,66±0,1	1,13±0,09	0,79±0,1	0,9±0,19	1,04±0,32	0,99±0,15	1,43±0,18	1,99±0,18
Wt+MKT(n=8)	1,79±0,08	1,24±0,14	0,98±0,05	0,82±0,17	1,06±0,27	1,35±0,28	1,58±0,32	1,23±0,49
Mdx+MKT(n=7)	1,94±0,05	1,28±0,22	0,74±0,18	0,95±0,5	1,81±0,19#	1,6±0,29	1,77±0,29	2,12±0,47#

Примечание:

$p < 0,05$ (ANOVA, по сравнению с контролем Wt);

* $p < 0,05$ (ANOVA, по сравнению с группой мышей с Mdx).

В ходе эксперимента, было отмечено увеличение лактозотрицательных бактерий в группе Mdx+MKT в сравнении с диким типом (Wt), что свидетельствует о снижении ферментации углеводов бактериями в этой группе мышей.

Нами была оценена частота встречаемости представителей семейства *Enterobacteriaceae*, а именно родами: *Proteus spp.*, *Escherichia (E.coli lac. +/-)*, *Klebsiella (K.pneumonia)*, а также представителей анаэробной микрофлоры родов *Bacteroides spp.* и *Bifidobacteria spp.*. Качественный состав микроорганизмов этих родов указывает на состояние микробиоценоза толстой кишки экспериментальных животных (рис. 1). В группах с синдромом Дюшена Mdx, Mdx+MKT, была обнаружена *K. pneumonia*, а так же высокий процент встречаемости *E.coli* со сниженной ферментативной активностью в сравнении с диким типом. Увеличение представителей рода *Proteus spp.* в группах Mdx+MKT и Wt+Mdx, по отношению к контрольным группам Wt и Mdx.

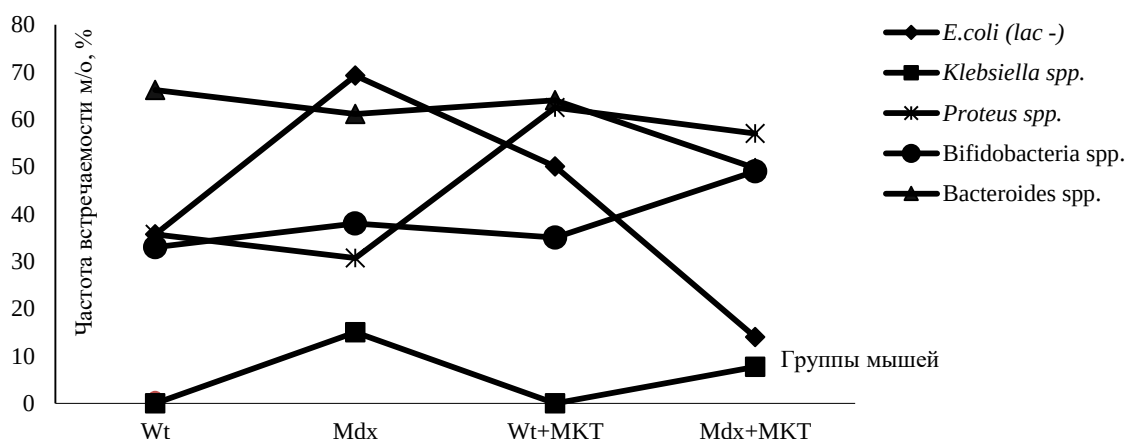


Рис. 1. Частота встречаемости микроорганизмов тонкой кишки у мышей в различных группах (%)

Обнаружение микробиотического дисбаланса толстой кишки в экспериментальных группах мышей, является ответом на введение препарата MKT-077. Несмотря на равномерную плотность лактобацилл и бифидобактерий у экспериментальных групп мышей (табл. 1), наблюдается рост условно-патогенной микрофлоры, обусловленная сложными механизмами межмикробных коммуникаций [8]. При этом антагонистическая активность лактобацилл явно недостаточна для защиты от экспансии таких условных патогенов, как *Klebsiella spp.* и *Proteus spp.* и как следствие, наблюдаются дисбиотические признаки изменения состава микрофлоры толстой кишки экспериментальных животных в группах с синдромом Дюшена и дикого типа в условиях применения MKT-077.

Работа поддержана грантом РНФ №23-75-10006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стома И. О. Микробиом человека. Минск. 2018. С. 122.
2. Григорьева Ю. В. Нарушение состава кишечной микрофлоры в механизмах формирования клинических проявлений у больных хроническим панкреатитом: дисс. ... канд. мед. наук. Москва. 2010. С. 132.
3. Rajilic-Stojanovic, M. de Vos W. M. The first 1000 cultured species of the human gastrointestinal microbiota // FEMS microbiology reviews. 2014. Vol. 38. Pp. 996–1047.
4. Медведева О. А. Изучение состояния пристеночной микрофлоры и стенки толстой кишки мышей под воздействием аномального магнитного поля // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2012. № 1. С. 49–54.
5. Дубинин М. В., Михеева И. Б., Степанова А. Е., Павлова Е. К., Гажеева Т. П., Белослудцев К. Н. Глюкокортикоид дефлазакорт нормализует ультраструктуру скелетных мышц и состояние микробиоты толстой кишки дистрофиндефицитных мышей // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2024. Т. 177. № 3. С. 322–329.
6. Ефимов Б. А., Кафарская Л. И., Кориунов В. М. Современные методы оценки качественных и количественных показателей микрофлоры кишечника и влагалища // Журн. Микробиологии. 2002. № 4. С. 72–78.
7. Иванова Е. И., Кунгурцева Е. А., Немченко У. М., Григорова Е. В. Энтерококки желудочно-кишечного тракта: особенности, факторы патогенности, антибиотикорезистентность // Инфекционные болезни. 2017. Т. 15. № 3. С. 58–64.
8. Бухарова Е. В., Попкова С. М., Ракова Е. Б., Джисоев Ю. П., Шабанова Н. М., Иванова Е. И., Немченко У. М., Савелькаева М. В. Микробиологическая характеристика региональных популяций *Klebsiella spp.* в кишечной микробиоте детей // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2013. Т. 2 (90). № 2. С. 93–96.
9. Kalkan H., Pagano E., Paris D., Panza E., Cuozzo M., Moriello C., Piscitelli F., Abolghasemi F., Gazzero E., Silvestri C., Capasso R., Motta A., Russo R., Di Marzo V., Iannotti F.A. Targeting gut dysbiosis against inflammation and impaired autophagy in Duchenne muscular dystrophy // EMBO Mol.Med. 2023. Vol. 15. P. 16225.

Эффективность способов защиты птиц ООПТ «Сосновая роща» от столкновения со стеклянными поверхностями

Рахмаева С. О., студ. 4 курса

Науч. рук. – Забиякин В. А., д-р с.-х. наук, доц.

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

Проблема гибели птиц в результате их столкновения с элементами техносферы является актуальной. Линии электропередач, проложенные человеком, тянутся на многие километры. Значительные площади поверхности земли, ранее заселенные животными, занимают построенные ветряные электростанции и солнечные батареи.

В крупных городах все чаще начали возводить многоэтажные постройки, мосты и небоскребы. Многие группы позвоночных животных не успевают адаптироваться к происходящим переменам. В частности страдают живущие рядом с человеком птицы. Особую опасность для них представляют прозрачные поверхности защитных барьеров, стеклянные окна домов, так как в природе нет «невидимых» препятствий.

По подсчетам экспертов, ежегодно в мире погибают несколько миллиардов птиц. Чаще всего это происходит при контакте со стеклянными фасадами зданий [1]. В связи с этим зоологи разработали универсальные методы, которые минимизируют случаи столкновения, особенно с высотными сооружениями, имеющими большую площадь остекления. По данным Aleksandra Szurlej-Kielanska (2021 г.) самым эффективным, но в тоже время наиболее затратным способом является использование на первых этапах строительства стекол с ультрафиолетовой или светоотражающей/поглощающей излучение гравировкой, возможна и пескоструйная обработка стекла. В Дании, Испании стали популярны оконные матовые пленки и фасадные жалюзи, вписывающиеся в экстерьер построек [2]. Так же существуют временные решения проблемы, такие как наклейки и узоры, созданные с помощью разного рода красок.

Однако, нанесение наклеек и рисунков на поверхность стекол необходимо проводить придерживаясь рекомендаций орнитологов. Как известно, у большинства видов птиц глаза расположены по бокам головы. В среднем поле зрения каждого глаза составляет 150–170 градусов, при этом поле бинокулярного зрения невелико и составляет 20–30 градусов [3] т. е. птицы плохо видят объекты перед собой. Учитывая эти анатомические особенности, во время декорирования стекла требуется соблюдать «правило ладони», чтобы птица при приближении к препятствию, заметила его до того, как будет невозможно сменить траекторию полета. Вертикальные линии должны быть не меньше 5 мм в ширину на расстоянии в 10 см друг от друга, а горизонтальные 3 мм шириной с максимальным интервалом 3 см (рис. 1).

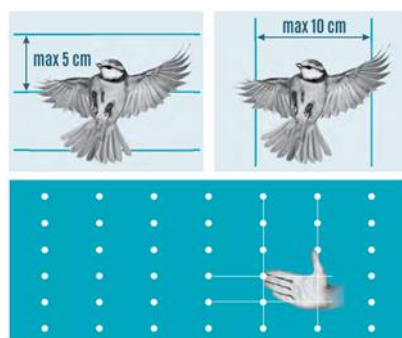


Рис. 1. «Правило ладони»

Проведенный нами анализ литературы показал, что в России подобной проблемой орнитологи занимаются в недостаточной степени. В отечественной литературе данное явление хорошо описано в работе от Тильба П. А. (2019 г) где говорится об опасности прозрачных элементов шумозащитных экранов, возведенных вдоль автодороги в городе Сочи, ставших причиной массовой гибели орнитофауны. Хотя их назначение было защищать животных не только от пыли и грязи автотрассы, но и от выхода их на проезжую часть и вылета птиц под колеса автомобилей [4].

В городе Йошкар-Ола после окончания строительства магистрали в створе улиц Кирова и Строителей с лета 2022 года возникла такая же ситуация. Горожанами были зарегистрированы случаи массовой гибели птиц. Систематические наблюдения и учет погибших животных на месте экранного заграждения авторы данной работы начали 08.10.2022 г. Общая длина заложенного маршрута вдоль автотрассы, в пределах ООПТ «Сосновая роща» составила 1,5 км. 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, каждый из которых состоял из шести экранов по 2 метра. Участки были пронумерованы арабскими цифрами. Ширина учетной полосы составила 3 метра.

Только за первую неделю (рис. 2) учета на заложенном маршруте была найдена 61 тушка погибших птиц [5]. По инициативе организации «Союза охраны птиц» 26.10.2022 была проведена наклейка черных силуэтов хищных птиц, с размерами максимально приближенных к естественным. В результате доработки экранов число погибших особей уменьшилось с 6–7 до 1–2 особей в неделю ($P < 0,05$). После снижения сезонной активности птиц в зимний период, случаев столкновения животных с экранами зафиксировано не было. С ноября

по март случаев гибели птиц зафиксировано не было. Возможно гибель птиц продолжалась, однако регулярная уборка трассы в утренние часы по приказу муниципалитета осенью и обильные снегопады зимой сделали объективный учет невозможным. Только весной (18.03.2023) и осенью (14.11.2023) нами было найдено два представителя совообразных – Воробьиный сыч *Glaucidium passerinum* (Linnaeus, 1758) и Длиннохвостая неясыть *Strix uralensis* (Pallas, 1771). Всего за данный период отмечена гибель 74 особей птиц, относящихся к 13 видам и 3 отрядам: дятлообразные, совообразные, воробьинообразные (рис. 2). Среди погибших птиц, преобладали зарянки *Erithacus rubecula* (Linnaeus, 1758) 37 особей и певчие дрозды *Turdus philomelos* (Linnaeus, 1758) 20 особей ($P < 0,05$).

В связи с сокращением числа погибших птиц в период с 08.10.2022 по 06.11.2022 нами было предположено, что взрослые птицы могли накапливать опыт и запоминать наличие препятствия на пути своих ежедневных полетов. Уменьшение частоты травматизма так же можно связать с сезонным отлетом на юг мелких воробьиных птиц – зарянка (в октябре – начале ноября), певчий дрозд (в сентябре – начале октября).

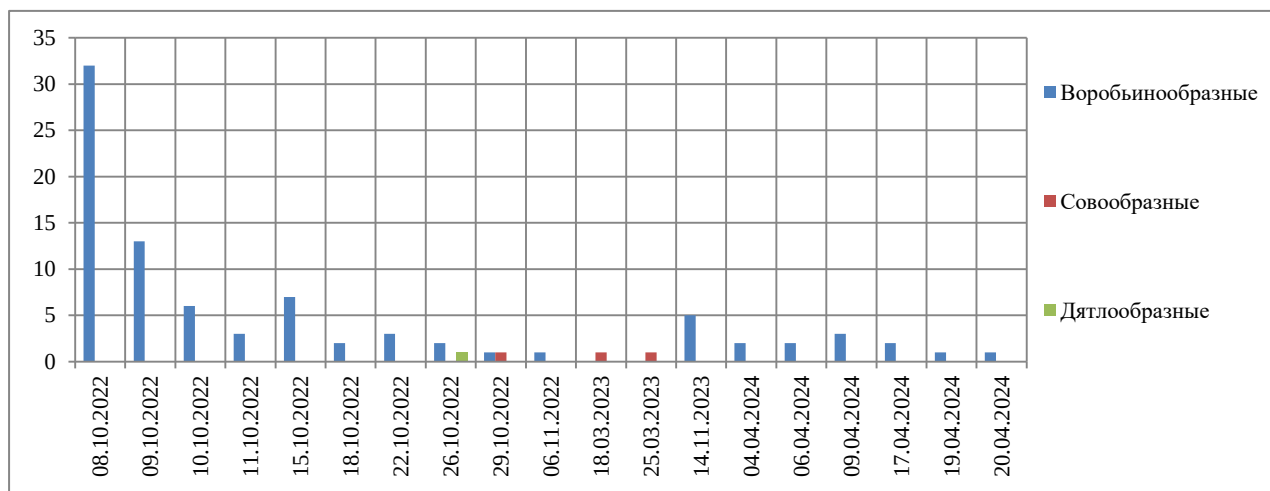


Рис. 2. Динамика гибели птиц по отрядам

Исследования были продолжены нами и в 2024 году. Наблюдения показали, что эффективность наклеек носило временный характер, тем более, что их наклейка была проведена без соблюдения «правила ладони». С 04.04.2024 г по настоящий момент на маршруте вновь начали находить погибших птиц в количестве 5–6 особей в неделю. Разбивались как крупные птицы – Грач *Corvus frugilegus* (Linnaeus, 1758), так и мелкие – Буроголовая гаичка *Poecile montanus* (Conrad von Baldenstein, 1827), с преобладанием зябликов *Fringilla coelebs* (Linnaeus, 1758).

Нами был проведен повторный учет мест массовой гибели птиц в секторах. Учитывалась место и частота находок тушек [5]. Как и ранее наибольшим местом гибели птиц (53 %) были сектора Б2.10-Б2.13 расстояние которых от леса до защитного экрана составляло от 2 до 10 метров. В других секторах, где расстояние до леса было больше (15–25 метров), гибель птиц случалась реже (47 % от числа погибших). По всей видимости, расстояние 2–10 метров является критическим, на котором птицы, даже увидев препятствие, не успевают среагировать на резко появляющиеся преграды среди густой растительности и разбиваются.

Необходимо продолжить систематическое наблюдение, чтобы выявить места, где чаще всего травмируются птицы, и принять меры по устранению причины, в том числе воспользоваться одним из разработанных методов защиты, с соблюдением правила установки силуэтов хищных птиц, увеличив их количество в секторах Б2.10-Б2.13.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров В. Д., Рассомахин М. А. Столкновения птиц с оконными стеклами // Русский орнитологический журнал. 2017. Т. 26. С. 959–961.
2. Szurlej-Kielanska A. A guide to bird protection against collisions with glazed buildings. Practical and efficient solutions, 2021.
3. Żyśk-Gorczyńska E., Sztwiertnia H., Żmihorski M. Kolizje ptaków z transparentnymi powierzchniami // Kompendium wiedzy, 2021.
4. Тильба П. А., Филиппов В. Л. Гибель птиц от столкновений с шумозащитными прозрачными ограждениями вдоль автодорог в городе Сочи // Русский орнитологический журнал. 2019. Т. 28. С. 598–602.
5. Рахмаева С. О., Забиякин В. А. Гибель птиц от столкновения с шумозащитными ограждениями магистрали в створе улиц Кирова и Строителей: первые результаты исследований // Сборник статей всероссийской научной конференции. 2023. Вып. 12. С. 78–81.

Энтомогенные повреждения листьев некоторых видов древесных растений в окрестностях с. Казанское Республики Марий Эл

Романова А. А., студ.5 курса

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

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
anrom07@yandex.ru

Растительноядные насекомые в лесном биогеоценозе играют двоякую роль. С одной стороны, они активизируют круговорот веществ в наземных экосистемах, потребляя 5–10 % ежегодной продукции растений и заселяя ослабленные и отмершие деревья. С экологических позиций вспышки массового размножения насекомых следует рассматривать как естественное явление. Ускоряя круговорот элементов, насекомые способствуют увеличению продуктивности биоценозов [1; 2].

Жизнь популяции любого вида насекомого проходит под контролем экосистемы, в которой она существует и с которой соединена множеством связей. В настоящее время еще невозможно сразу учесть весь комплекс факторов, влияющих на популяции и отдельные особи насекомых, поэтому обычно последовательно рассматривают влияние отдельных главнейших факторов [3].

Цель данной работы – исследование энтомогенных повреждений листьев древесных растений, произрастающих в условиях Сернурского района Республики Марий Эл.

Объектами исследования являются древесные растения, отличающиеся экологическими стратегиями: собственно реактивный вид – береза повислая (*Betula pendula* Roth), конкурентно-толерантный вид – липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.) и типичный конкурент дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) [2]. Исследование проводилось в Республике Марий Эл на территории Сернурского района в окрестностях села Казанское, деревни Клубеничное Поле в 2023 году.

В течение всего периода наблюдений на участке трижды проводили учет повреждений, вызванных насекомыми-филлофагами. Эти учеты были выполнены в начале июля, августа и сентября. Для морфологического анализа было выбрано по пять ветвей на пяти особях модельных видов. Мы осуществляли качественный анализ повреждений листовых пластинок, описывая типы повреждений, вызванных насекомыми-филлофагами [4], и определяли процент повреждения с использованием пятибалльной шкалы [5].

В процессе качественного анализа листовых пластинок выявлено, что на одном листе имеется несколько видов зоогенных повреждений. На листьях березы повислой были замечены различные типы повреждений, такие как выгрызание, объедание, скелетирование, высасывание и минирование. Насекомые-филлофаги, такие как имаго, личинки долгоносиков, а также гусеницы чешуекрылых, наносят повреждения листовой пластине путем выгрызания и создания галлов, а также приводят к деформации листьев, изменению их цвета и образованию «паутиных гнезд» [4]. У липы сердцевидной, наоборот, наиболее часто встречающимися видами повреждений для фотосинтетических органов являются образование галлов и изменение цвета. Образование мозаики вызвано воздействием гусениц чешуекрылых, галлов – личинками галлиц, которые ведут скрытый или полускрытый образ жизни и создают защитные приспособления. Сосущими листья насекомыми являются как тли, так и клопы. У дуба черешчатого преобладают следующие виды повреждений: выгрызание, высасывание, минирование, образование «паутиных гнезд». Жуки-листоеды выгрызают отверстия в листьях дуба, оставляя их пронизанными. Гусеницы бабочек минируют листья, обгрызая их и высасывая необходимый для питания клеточный сок.

К концу вегетационного периода на листьях *B. pendula* преобладали выгрызание, высасывание и минирование листьев, на листьях *T. cordata* наблюдались высасывание и галлообразование, а на листьях *Q. robur* – высасывание и минирование ($p < 0,05$). К концу вегетационного сезона степень повреждения листьев, оцененная по визуальной балловой шкале, составляет для дуба – до 5 %, для липы – от 5 до 25 %, для березы – от 25 до 50 % ($p < 0,05$). По-видимому, это может быть связано с определенным спектром насекомых-филлофагов разных видов деревьев. По раннее полученным данным можно сказать, что *T. cordata* в большей степени подвержена поеданию насекомыми-филлофагами [6]. В нашем случае более уязвимым к повреждению видом оказалась *B. pendula*. Вероятно, это связано с условиями их произрастания: деревья *B. pendula* росли на лугу, рядом с водоемом. Деревья *T. cordata* находились близ культивируемых участков с возможной их обработкой инсектицидными средствами, что, вероятно, способствовало меньшей величине повреждений листовой пластинки.

Ранее выявлено, что среди филлофагов *B. pendula* и *T. cordata* доминируют представители Coleoptera: Curculionidae, Arionidae, Atteblidae, Elateridae, Chrysomellidae [6]. Жуки-фитофаги *Q. robur* представлены такими семействами, как Curculionidae, Arionidae, Elateridae, Atellidae, Chrysomelidae и др. [8].

Так же из ранее проведенных исследований стоит отметить, что в условиях городской среды происходит сокращение видового разнообразия членистоногих филлофагов и увеличение относительного обилия отдельных видов, адаптированных к загрязнению кормового субстрата путем формирования защитных приспособлений [7].

Полученные данные могут быть важными для понимания взаимодействия между различными видами деревьев и насекомыми и для разработки стратегий управления вредителями в лесных экосистемах [3]. Состояние листового аппарата деревьев, разнообразие и относительное обилие насекомых и клещей-филлофагов могут быть использованы в качестве биоиндикационных показателей оценки качества окружающей среды [7].

Подводя итоги, можно сказать о важности анализа повреждений листьев древесных растений, вызванных насекомыми, для понимания взаимодействия между растениями и насекомыми в лесных экосистемах. Результаты исследования позволяют обнаружить различия в повреждениях у различных видов деревьев к концу вегетационного периода, что может послужить ключом к разработке эффективных стратегий управления вредителями. Эти выводы подчеркивают необходимость продолжения исследований в данной области для более глубокого понимания процессов в лесных экосистемах и разработки эффективных мер контроля за численностью насекомых-филлофагов, что способствует сохранению биоразнообразия и здоровью лесов в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев А. С. Системный анализ взаимодействия леса и насекомых // Научные исследования для лесов будущего. М. : Лесн. Пром-ть, 1981. С. 111–125.
2. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность: В 2 кн. Кн. 1 / Отв. Ред. О. В. Смирнова. М. : Наука, 2004. 479 с.
3. Воронцов А. И. Лесная энтомология. – изд. 3-е, перераб. / А. И. Воронцов. Москва : Высш. школа, 1982. 376 с.
4. Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. Москва : Лесная пром-ть, 1984. 472 с.
5. Зоология беспозвоночных: Ч. 1. Метод. указания к летней практике / Сост. В. К. Дмитриенко, Г. Н. Скопцова. Красноярск, 2001. 32 с.
6. Turmukhametova N. V., Zeleev R. M., Zabolotn Y. I. A new approach to description of the structure of the consortium of *Betula pendula* Roth and *Tilia cordata* Mill. and its capabilities for bioindication // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677 (4). P. 042008.
7. Турмухаметова Н. В. Оценка состояния лиственных деревьев и состава филлофагов в условиях г. Йошкар-Олы // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6. № 4 (21). С. 80–84.
8. Турмухаметова Н. В., Воробьева И. Г. Разнообразие дендро- и герпетобионтов в некоторых биотопах лесопарка «Сосновая роща» // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 9–1 (111). С. 188–191.

Изменения селезенки у собак при патологии

¹Седегов С. В., доцент

²Садыкова Н. Н., доцент

¹Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, г. Пермь

²Бузулукский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Бузулук
Sadykovann86@mail.ru, sed-sergey@yandex.ru

Любое нарушение функционирования организма при различных заболеваниях влияет на соматическое состояние животного. Существует прямая зависимость от функционального состояния органов и их морфометрического строения. Различные онкологические и неонкологические заболевания влияют на морфо-функциональные характеристики всех органов организма, включая селезенку. Она является важным органом кроветворения, накопления и разрушения клеток крови у позвоночных, одна из первых реагирует на внутренние и внешние изменения организма животного. Располагаясь на пути кровотока из аорты в воротную вену печени, является фильтром крови [1].

Исходя из выше изложенного целью исследования, является изучение макро и микроморфологии селезенки собак в норме и при различных онкологических и неонкологических заболеваниях.

Объектами исследования послужили селезенки собак с признаками и без признаков спленальной патологии, в возрасте физиологической зрелости и пожилых животных.

В результате исследований выявлено, что селезенка собаки в норме имеет неправильную треугольную форму, темно-красный цвет с синеватым отливом, плотной консистенции, эти данные согласуются с результатами других исследователей [2]. Париетальная поверхность гладкая, на висцеральной находятся ворота органа. Расположение ее зависит от степени растяжения желудка, при полном органе находится каудально за пределами реберной дуги или в подвздошной области, при пустом располагается в подреберье.

При различных заболеваниях макроморфология исследуемого органа изменяется, так выявленный метастаз карциномы в селезенке, характеризовался узловым образованием с четкими границами, белесоватого цвета с включением черного цвета, умеренно плотное.

При гемангиосаркоме селезенки париетальная и висцеральная поверхности органа бугристые, встречаются морщинистые, с множественными выбухающими узловыми образованиями различного диаметра от темно-коричневого до белесоватого цвета. В зависимости от степени заболевания поверхность образования ломкая, почти черного цвета. Различаются участки с некрозом. На разрезе паренхима органа от светло до темно-коричневого цвета с белесоватыми вкраплениями, выбухающие узловые образования аналогичной структуры без четких границ, определяется единичный четко-отграниченный участок волокнистой желтоватой ткани.

Мелкобугристая поверхность также наблюдается при узелковой лимфоидной гиперплазии органа.

Микроморфология исследуемого органа у собаки характеризуется, наличием стромы и паренхимы. Строма включает в себя капсулу и отходящие от нее трабекулы, которые идут в глубь органа и соединяются перекладинами. Наиболее массивные трабекулы расположены у ворот органа, в них расположены крупные кровеносные сосуды – трабекулярные вены и артерии. Паренхима делится на красную и белую пульпу. Красная пульпа – межфолликулярная ткань, заполненная эритроцитами, которые на неокрашенных препаратах придают ей красный цвет. Белая пульпа – комплекс лимфатических узелков селезенки, которые осуществляют защитную функцию и продуцируют главную массу лимфоцитов крови. Она вкраплена в разных местах красной пульпы в виде небольших округлых островков. Лимфоидных фолликулах селезенки собаки хорошо отличается мантийная и периартериальная зоны.

Изменения микроморфологии исследуемого органа хорошо заметны у животных страдающих различными неоплазиями. Так, селезенка двенадцатилетней немецкой овчарки с гистологическим диагнозом: метастазы карциномы в селезенку, при внешнем осмотре выявлена бугристая поверхность органа из-за множественных узлов размером от 0,5 до 3 см темно-бурого цвета (рис. 1). Гистологическая картина характеризуется патологическими фокусами, сформированными округлыми и полигональными клетками, формирующими ацинарный, тубулярный и балочный рисунок нередко с радиальным расположением. Клетки среднего и крупного размера, цитоплазма скудного и умеренного объема, ацидофильная, зачастую с крупными единичными вакуолями и плохо определяемыми границами. Ядра от малого до крупного размера округлой формы, нормо- и гиперхромные с крупнозернистым, глыбчатым хроматином и одной-двумя центрально расположенными нуклеолами. Клеточная и ядерная атипия умеренно выражена, митотическая активность составляет от четырех до пяти митозов в 10 полях зрения, $\times 400$. Строма органа образована многочисленными тонкими фиброваскулярными прослойками, лежащими между клеточными скоплениями. Также выявляются достаточно широкие сосудистые каверны вытянутой формы, заполненные форменными элементами. Прилегающая ткань селезенки полнокровна, включает диффузную нейтрофильногистиоцитарную инфильтрацию. Наблюдается фиброз трабекул и капсулы органа.



Рис. 1. Интраоперационный снимок множественных метастазов карциномы в селезенку. Поверхность органа бугристая из-за множественных узлов размером от 0,5 до 3 см темно-бурого цвета

В ткани селезенки собаки в возрасте семи лет, с гистологическим диагнозом: гемангиосаркома селезенки, присутствует высококлеточное инвазивное сосудистое мезенхимальное образование с очагами кровоизлияния. Опухоль построена из плотных и рыхлых тяжей мезенхимальных клеток с образованием мелких сосудистых структур и крупных кавернозных полостей. Клетки поддерживаются скудной фиброзно-сосудистой стромой с очагами лимфоцитарно-плазмоцитарной инфильтрации и большим количеством клеток гемопоэза. По форме они от неправильной или веретеновидной, с умеренно выраженной амфифильной цитоплазмой с четкими границами, центрально расположенным круглым или овальным ядром с тяжами хроматина и одним-двумя хорошо выраженными центральными ядрышками. Выявлен умеренный или выраженный анизоцитоз и анизокариоз, митозы встречаются с частотой от двух до пяти в десяти полях зрения. У другой собаки (метис, семь лет) с диагнозом гемангиосаркома селезенки в паренхиме присутствует нечетко ограниченное мезенхимальное новообразование с крупными диффузными геморрагиями и очагами некроза, захватывающими значительную часть препарата. Опухоль построена из рыхлых клеточных пластов с образованием мелких сосудистых каналов. Клетки поддерживаются скудной фиброзно-сосудистой стромой с очагами лимфоцитарно-плазматической инфильтрации, лимфатическими фолликулами и большим количеством клеток гемопоэза.

В структуре исследуемого органа у животного в возраст физиологической зрелости с гистологическим диагнозом – лимфома селезенки, обнаруживается опухоль диффузно-инфильтративного типа, которая образована близко расположенными значительно увеличенными в объеме лимфоидными фолликулами, содержащими мономорфные плотно скомпонованные атипичные лимфоидные клетки, примерно в 1,5–2 раза больше малых лимфоцитов. Цитоплазма клеток узкая, базофильная, ядра умеренно округлые и неправильной угловатой формы, с грубодисперсным хроматином и мелкими ядрышками, определяется умеренное количество митозов. Отдельно сформированная строма в опухоли не прослеживается. Граница опухоли с прилежащей тканью селезенки четкая, хорошо прослеживается. Прилежащая ткань органа с выраженными атрофическими изменениями, полнокровием красной пульпы.

М. Takebayashi, E. Yurugi, T. Okamoto et al. (1983), Е. В. Глухов, А. Р. Гаджи, В. В. Мочальников и др. (2012), относят селезенку гиперваскулярным органам, и утверждают, что при онкозаболеваниях метастазы в ней встречаются редко в основном это происходит при злокачественных заболеваниях кровеносной системы (лимфома и лейкоз). В ходе исследования нами были обнаружены как первичные неоплазии селезенки (лимфома селезенки, гемангиосаркома селезенки), так и метастазы опухолей из других органов (метастазы карциномы, септолиомы).

Изменение гистоархитектоники исследуемого органа происходит не только при онкологических заболеваниях, но и при других этиологиях, так у собаки с гистологическим диагнозом узелковая лимфоидная гиперплазия селезенки в ткани исследуемого органа присутствует довольно хорошо отграниченное узелковое образование. Оно построено из множества лимфоидных фолликулов (часто сливающихся), разделенных рыхлыми тяжами, состоящими из большого количества лимфоцитов, плазматических клеток и макрофагов, и делится на дольки рассеянными остатками красной пульпы селезенки. В прилегающей паренхиме наблюдается гиперемия с реактивными изменениями.

У другой исследуемой собаки (русский спаниель, кобель, десять лет) с гистологическим диагнозом: венозный застой в селезенке наблюдались хронические кровоизлияния в паренхиме органа. Выявлены узелки Гамна-Ганди. Экстрамедуллярный гемопоэз, в селезенке наблюдается диффузное полнокровие красной пульпы. Многоочаговые линейные кровоизлияния в капсулу. Вдоль трабекул и капсулы заметны скопления сидерофагов, кристаллы гематоидина, разрастания фиброзной ткани со скоплениями пепельно-серого пигмента, умеренной пролиферации фибробластов. В красной пульпе умеренные многоочаговые скопления сидерофагов. Заметны скопления эритроидных островков. Фолликулы сохранены, небольшого размера. В жировой ткани брыжейки заметны небольшие скопления сидерофагов.

Таким образом, при различных онкологических и неонкологических заболеваниях происходит изменение макро и микрофлоргии селезенки, что непосредственно влияет на функциональные характеристики органа и соматическое состояние пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садыкова Н. Н., Завалеева С. М., Чиркова Е. Н., Аладина О. Н., Бровина О. Н. Вариации формы селезенки позвоночных животных // Ветеринария и кормление. 2022. № 3. С. 59–60.
2. Вишневская Т. Я. Морфофункциональное обоснование адаптационной пластичности селезенки животных (экспериментально-морфологическое исследование): автореф. дис. ... докт. биол. наук: 06.02.01. Москва, 2015. 36 с.
3. Глухов Е. В., Гаджи А. Р., Мочальникова В. В., Стилиди И. С. Метастатическое поражение селезенки при раке желудка // Вестник РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. 2012. Т. 23. № 4 (90). С. 30–32.
4. Takebayashi M., Yurugi E., Okamoto T., Nishidoi H., Tamura H., Kaihara N. Metastasis of gastric cancer to the spleen – a case report // Jpn. J. Cancer. Clin. 1983. Vol. 29. Pp. 1703–1705.

5. Седегов С. В., Татарникова Н. Н. Паталогистологическое исследование различных видов неоплазий семенников у кобелей // Ветеринария и кормление. 2012. № 4. С. 40–42.

6. 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.

Выделение ДНК европейского лося *Alces alces* (Linnaeus, 1758) из различных тканей при проведении генетических экспертиз

Софронова А. В., магистр 2 курса

Науч. рук. – Забиякин В. А., доктор. сельхоз. наук, доц.

**Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
nastasya672640@gmail.com**

Проблема браконьерства на сегодняшний день является глобальной. Она распространена на всех континентах планеты. В само понятие входит деятельность, противоречащая законодательству об охране окружающей среды. Это охота, рыболовство не по сезону и на запрещенных территориях, вырубка лесов и сбор растений. Сюда можно отнести охоту на исчезающие и редкие виды животных. За совершение преступлений в сфере незаконной охоты, виновному лицу грозит уголовная ответственность, предусмотренная статьей 258 Уголовного кодекса Российской Федерации в виде штрафа в размере до 1 миллиона рублей, либо лишение свободы на срок от трех до пяти лет, с лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до трех лет. [1]

Чаще всего добычей браконьеров становятся копытные животные, в том числе лось. По данным Минприроды России, ежегодный урон от деятельности браконьеров составляет более 20 миллиардов рублей. Однако состояние преступности по данному виду правонарушений не может в полной мере отражаться в данных официальной статистики, в виду высокой латентности преступлений данного вида. [2]

При расследовании уголовных дел, непосредственно ассоциированных с животными, например, дорожно-транспортные происшествия, связанные с наездом на зверей или преступления, связанные с незаконной охотой особую значимость, имеют биологические экспертизы.

Исследование ДНК животных – одно из направлений судебно-биологических экспертиз. Ее задачей является установление систематической принадлежности, определение генетических признаков животных по фрагментам их тканей, а также идентификация конкретной особи по представленному образцу [2]. Следует отметить, что в литературе описаны способы выделения ДНК из тканей животных и не приведены данные о сравнение общеизученных методов выделения и анализ выделения ДНК из различных тканей туши лося [3].

Между тем изучение возможности установления генетических признаков животного вида европейский лось (*Alces alces*) по различным биологическим тканям является актуальным, так как, обнаружив тушу животного целиком, следует знать какую ее часть целесообразнее использовать для ДНК-анализа.

Принципиальной генетической особенностью всех представителей отряда парнокопытные является их филогенетическое родство. [4] Филогения – эволюция вида, рода (и т. д.), их развитие в ряду последовательных поколений со времени образования. [5] Филогенетическое родство подразумевает существование общего предка, что в свою очередь предполагает обязательное наличие общности ряда признаков, включая генетическое сходство, выраженное в той или иной степени. [6] Ситуация осложняется тем, что к отряду парнокопытные относится большинство сельскохозяйственных животных (бык, коза, овца, свинья и др.). Принципиальной генетической особенностью всех представителей отряда парнокопытные является их филогенетическое родство [4]. Таким образом, обязательной стадией генотипирования ДНК диких животных становится решение дополнительных классификационных задач по принадлежности образца к виду животного или дифференциации по принадлежности к дикому или домашнему животному [7].

Для исследования были взяты различные биологические ткани лося. Пробы для исследования ДНК брали с луковиц острого волоса (объект № 1), мышц (объект № 2), шкуры (объект № 3), крови (объект № 4), кости (объект № 5), а также мяса, подвергнувшегося солению и тепловой обработке (объект № 6).

Опыты были реализованы на стандартном лабораторном оборудовании, предназначенном для проведения ДНК-анализа. Этапы исследования по видовой дифференциации животного соответствуют полному циклу исследования ДНК человека: выделение ДНК, количественная и качественная оценка выделенного препарата ДНК, амплификация исследуемых локусов, разделение фрагментов методом капиллярного электрофореза и анализ полученных данных.

Стадию выделения ДНК из объектов № 1–6 проводили двумя общепринятыми методами.

1. Выделение с использованием ионообменной смолы – «Chelex 100». Метод заключается в способности ионообменной смолы связывать заряженные клеточные компоненты, оставляя нуклеиновые кислоты в растворе. В результате центрифугирования клеточные компоненты осаждаются, а супернатант с выделенными нуклеиновыми кислотами переносят в новую пробирку.

2. Выделение с помощью коммерческого набора реагентов для экстракции ДНК DNA IQ System (Promega, США) в соответствии с прилагаемой инструкцией. Метод основан на разрушении клетки, присоединении ДНК к магнитным частицам и, при удерживании их в магнитном штативе, отмывкой раствора от клеточных компонентов [8].

Актуальность сравнения методов выделения ДНК, обусловлена низкой стоимостью реактива «Chelex 100», при сравнении с набором реагентов «DNA IQ System».

Проводили установление видовой принадлежности животного, от которого произошел биологический материал (объекты № 1–6).

Принадлежность исследуемого образца к определенному виду животного (видовая идентификация) устанавливается по совокупности качественных и количественных параметров продуктов ПЦР. К качественным относятся: отсутствие фрагмента (–); детекция мономорфного (выявлен один фрагмент) или полиморфного (выявлено более одного фрагмента) признаков. [9] Выявление мономорфного признака подразумевает, что будет выявляться только фрагмент одной длины. При выявлении полиморфного признака характерно наличие разных длин фрагментов, которые будут выявляться в виде одного фрагмента (если аллели одинаковые) или двух фрагментов разной длины (если аллели разные). Количественным параметром является размер фрагмента, выраженный в парах нуклеотидов [7].

Полимеразную цепную реакцию ставили, используя набор реактивов для видовой идентификации животных отряда Парнокопытные «Artiodactyla Diff-Plex» (локусы T501, S0766, RT9, CSSM036, BM1824, DYS392, T108, RT24), производства Республика Беларусь, в соответствии с прилагаемой к набору инструкцией. На основе анализа совокупности выявленных аллелей анализируемой ДНК для исследуемых локусов объектов № 1–5 были получены результаты анализа, позволяющие подтвердить, что исследуемый материал относится к животному отряда парнокопытные (*Artiodactyla*), семейства оленевых (*Cervidae*), рода лось (*Alces*), вида европейский лось (*Alces alces*). Результаты анализа ДНК объекта № 6 не пригодны для интерпретации. По полученным электрофореграммам, сделать вывод о видовой принадлежности животного, от которого произошло мясо, подвергавшееся солению и тепловой обработке не представляется возможным.

Результаты исследования локусов ДНК, выделенных из объектов № 1–6 представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследования локусов, выделенных из объектов № 1–6

Исследованный locus	Объекты №№1–5	Объект №6	Положительный контроль
T501a	121,121	.*	121,121
T501b	217,217	.*	217,217
S0766	-1	.*	-1
RT9	122,124	.*	126,128
CSSM036	174,174	.*	174,174
BM1824	139,139	.*	139,139
DYS392	306,306	.*	306,306
T108	125,125	.*	125,125
RT24	259,261,263,265	.*	243,245,247,249

Примечание: -1 – возможно выпадение аллелей

* – результаты полученных электрофореграмм ДНК не пригодны для интерпретации

На следующем этапе, строго после проведения видовой идентификации образцов, пробы (объекты №№1–6) исследовались с использованием набора реактивов для генетической идентификации особей вида *ALCES* «Alces ID-Plex» (локусы MAF46, RT5, T530, RPB3, BM888, BM1818, T193, BM6438, BL4, Amelogenin, CerSRY, T268, BM848, BM1258, RT30, T26, BM757, BM1225, BM203), производства Республика Беларусь, в соответствии с прилагаемой к набору инструкцией, который предназначен для установления: генотипа животного вида Лось, биологические образцы которого представлены на исследование; половой принадлежности; принадлежности биологических следов одной или разным особям животных вида Лось. Данная тест-система оптимизирована для полного выявления генетических признаков (аллелей) только у представителей вида европейский

лось (*A. alces*). Генетические характеристики особей других видов (благородный олень, европейская косуля, овца, коза, бык, пятнистый олень), составляющих смесь, будут выявляться частично и по-разному у различных видов. [10] В связи с этим определение видовой идентификации является обязательным этапом исследования.

Результаты исследования локусов ДНК, выделенных из волос с луковицей, мышц, шкуры, крови, кости, мяса, подвергнувшегося солению и тепловой обработке представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты исследования локусов, установленные генотипы

Исследованный локус	Выделенные «Chelex 100»		Выделенные «DNA IQ System»	
	Кровь Мышцы	Волосы Шкура Кость Мясо после обработки	Волосы Мышцы Шкура Кровь Кость	Мясо после обработки
MAF46	99, 105	–*	99, 105	–*
RT5	142, 162	–*	142, 162	–*
T530	241, 249	–*	241, 249	–*
RPB3	141, 141	–*	141, 141	–*
BM888	183, 183	–*	183, 183	–*
BM1818	254, 254	–*	254, 254	–*
T193	210, 218	–*	210, 218	–*
BM6438	271, 273	–*	271, 273	–*
CerSRY	Y	–*	Y	–*
BL4	151, 155	–*	151, 155	–*
Amelogenin	X, Y	–*	X, Y	–*
T172	144 Alces	–*	144 Alces	–*
T268	215, 223	–*	215, 223	–*
BM848	347, 351	–*	347, 351	–*
BM1258	109, 109	–*	109, 109	–*
RT30	190, 190	–*	190, 190	–*
T26	323, 323	–*	323, 323	–*
BM757	186, 200	–*	186, 200	–*
BM1225	243, 253	–*	243, 253	–*
BM203	233, 239	–*	233, 239	–*

Примечание: * – результаты полученных электрофореграмм ДНК не пригодны для интерпретации

Из таблицы 2 видно, что при выделении ДНК реактивом «Chelex 100» из волос, шкуры, кости, мяса, подвергнувшегося солению и тепловой обработке, на полученных электрофореграммах ДНК наблюдается отсутствие амплифицированных фрагментов во всех локусах (в том числе в локусе *DYS392*), что указывает на присутствие неспецифических ингибиторов ПЦР-реакции.

В результате анализа электрофореграмм ДНК, при выделении реактивом «DNA IQ System» из волос, мышц, шкуры, крови, кости, а также при выделении реактивом «Chelex 100» из мышц и крови установлены специфичные фрагменты. Результаты исследования локусов ДНК представлены в таблице 2.

Согласно результатам в пробах ДНК, выделенных из объектов № 1–5 выявлен двухаллельный профиль по 17 полиморфным локусам, локусу видовой принадлежности для европейского лоса – T172 *Alces*, локусу половой принадлежности – *Amelogenin* X,Y; локусу половой принадлежности *CerSRY*, что свидетельствует о происхождении биологического материала объектов № 1–5 от одного животного вида европейский лось мужского генетического пола.

Установлено, что набором реагентов «DNA IQ System» (Promega, США) возможно выделить ДНК из волос, мышц, шкуры, крови, костей животного вида лось. Реактивом «Chelex 100» удалось выделить ДНК только из мышц и крови лоса.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о большей пригодности для ДНК анализа мышц и крови по сравнению с волосами, шкурой, костной тканью лоса. Мясо, подвергнувшееся солению и тепловой переработке не件годно для исследования ДНК.

Результаты проведенного исследования по выделению ДНК европейского лося *Alces alces* (Linnaeus, 1758) из различных тканей при проведении генетических экспертиз могут быть полезны при отборе для экспертного исследования биологического материала (вещественных доказательств) при расследовании дел о незаконной охоте на представителей отряда парнокопытные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 14.02.2024). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ (дата обращения 26.02.2024).
2. Цыбовский И. С., Котова С. А., Забавская Т. В., Спивак Е. А., Лукашкова О. Н. Молекулярно-генетическая идентификация биологических следов диких животных при расследовании дел о незаконной охоте в Республике Беларусь // Теория и практика судебной экспертизы. 2018. Т. 13. № 4. С. 116–123. DOI: <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2018-13-4-116-123>
3. Марзанов Н. С., Девришов Д. А., Марзанова С. Н., Ситникова О. Н., Марзанова Л. К. Популяционно-генетическая характеристика лосей по локусам микросателлитов // Проблемы биологии продуктивных животных. 2018. № 1. С. 75–82. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.1.75-82
4. Боевский Г. Г. Систематика и происхождение современных лосей. Новосибирск : Наука, 2001. 119 с.
5. Котова С. А., Шило Е. А., Забавская Т. В., Недзвецкая Д. Э., Цыбовский И. С. Феномен перекрестной амплификации микросателлитных ДНК-маркеров в исследовании видов отряда Artiodactyla (Парнокопытные) // Труды БГУ, 2016. Т. 11. Ч. 2.
6. Hundertmark K. J., Bowyer R. T. Genetics, evolution and phylogeography of moose // *Alces*. 2004. Vol. 40. Pp. 103–122.
7. Котова С.А., Забавская Т.В., Недзвецкая Д.Э. Методика видовой ПЦР- идентификации диких животных семейства Оленевые и их дифференциации от других парнокопытных семейств Полорогие и Свиные (актуализированная) / Под ред. канд. биол. наук И. С. Цыбовского. Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь. Минск, 2019.
8. Котова С.А. и др. Методика ДНК-идентификации биологических образцов животных вида Лось европейский (*Alces alces*). Научно-практический центр Государственного центра судебных экспертиз Республики Беларусь. Минск : ИВЦ Минфина, 2019.
9. Мацуров А.М. Генетические маркеры в селекции животных. М. : Наука, 1980. 320 с.
10. Недзвецкая ДЭ, Котова СА, Забавская ТВ, Рыбакова ВИ, Гребенчук АЕ, Цыбовский ИС. Разработка микросателлитной панели для идентификации биологических образцов лося (*Alces alces*) в судебно-экспертных исследованиях. Экспериментальная биология и биотехнология. 2022;2:27–36. <https://doi.org/10.33581/2957-5060-2022-2-27-36>

Выявление этилового спирта в биологических жидкостях пациентов ЛПУ города Йошкар-Олы в 2021–2023 гг.

Суворова О. В., магистр 2 курса

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

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

Аннотация. В работе представлены результаты сравнения некоторых морфометрических признаков инвазионного вида люпина многолистного (*Lupinus polyphyllus* Lindl.), произрастающего в разных ценопопуляциях в окрестностях г. Йошкар-Олы Республики Марий Эл в разные годы наблюдений. Значения признаков растений: длина генеративного побега, количество бобов, длина и ширина боба зависят от условий произрастания (тип почвы, пораженность вредителями). Количество семян в бобах люпина многолистного относительно постоянно.

Ключевые слова: люпин многолистный, инвазионный вид, морфометрический признак, боб.

Люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) – короткоживущее многолетнее травянистое растение из семейства Fabaceae Lindl. Это инвазионный вид, включенный в список растений «Черной книги флоры Средней России» [1]. Люпин многолистный быстро расселяется из очагов заноса и выступает доминантом в растительных сообществах, так как обладает высокой семенной продуктивностью [2; 3]. Растение формирует многочисленные, удлиненные, плоские, густо опушенные волосками бобы [4]. На территории Республики Марий Эл люпин многолистный культивировался с 1932 г., затем стал возобновляться самостоятельно в естественных условиях произрастания: на опушках лесов, лугах, по берегам водоемов, на полях, в садах, вдоль дорог [5]. Исследование биологических особенностей, которые позволяют этому виду успешно сохранять свое присутствие в фитоценозах, является актуальным.

Цель работы – сравнить значения морфометрических признаков генеративной сферы *L. polyphyllus* из разных ценопопуляций в окрестностях г. Йошкар-Олы Республики Марий Эл в разные годы наблюдений.

Исследования проводились в 2021 и 2023 гг. Материал был собран летом в период созревания бобов в трех ценопопуляциях (ЦП). Две ЦП находятся в 9 км от г. Йошкар-Олы в районе оз. Черное: около высоковольтной

линии электропередач (ЛЭП), на берегу озера. Третья ЦП располагается в кювете автомобильной дороги «Кокшайский тракт» на 1 км от г. Йошкар-Олы. Почвы в районе озера песчаные, в кювете автомобильной дороги дерново-подзолистые [6]. Люпин многолистный является доминантом растительных ассоциаций: *Lupinus polyphyllus* Lindl. – *Tanacetum vulgare* L. + *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wolf.) Klásk. – *Potentilla argentea* L. около ЛЭП, *Lupinus polyphyllus* Lindl. + *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. – *Jasione montana* L. – *Sedum acre* L. на берегу озера, *Lupinus polyphyllus* Lindl. + *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert. – *Lysimachia vulgaris* L. в кювете автомобильной дороги.

В каждой ЦП в разные годы наблюдений у 25 растений люпина генеративного периода измеряли длину максимально развитого генеративного побега (см) с помощью измерительной ленты. В 2023 г. в ЦП у озера измерили лишь 13 растений, так как здесь растения люпина были значительно поражены тлей (Aphidoidea Latrelle). Терминальное соцветие максимально развитого генеративного побега срезали для подсчета в лабораторных условиях количества зрелых и незрелых бобов (шт.). У трех бобов, взятых из верхней, средней и нижней части соцветия, измеряли длину (мм), ширину (мм), подсчитывали количество сформированных семян (шт.).

Для статистического анализа признаков использовали непараметрический однофакторный дисперсионный анализ Краскела Уоллиса, критерий Вилкоксона Манна-Уитни, двух- и трехфакторный дисперсионный анализ с последующими множественными сравнениями средних значений с помощью критерия Шеффе, коэффициент корреляции Спирмена в программе «Statistica 10».

Растения люпина в ЦП, расположенной в кювете автомобильной дороги, имеют наибольшую длину генеративных побегов ($p < 0,0001$). В 2023 г. их длина больше, чем в 2021 г. ($p = 0,0001$) и составляет 132,6 см и 112,8 см, соответственно. Длина генеративных побегов у растений в ЦП из района оз. Черное статистически значимо не различается в 2021 г., среднее значение 94,0 см [6]. В ЦП, расположенной около ЛЭП, длина побегов растений не различается в разные годы наблюдений ($p = 0,95$). В ЦП, расположенной около озера, в 2023 г. длина побегов растений заметно ниже, чем в 2021 г. ($p = 0,0004$) и составляет 74,8 см. Здесь в 2023 г. растения люпина были поражены тлей, находились в угнетенном состоянии. Вредоносность тли очень высока. Поселяясь на растении, она вызывает деформацию его органов, отставание растения в росте [7]. По-видимому, длина генеративного побега растения зависит и от типа почвы в ЦП. На дерново-подзолистой почве, а именно в ЦП в кювете автомобильной дороги, побеги растений длиннее, чем на песчаной почве в ЦП у озера.

Общее количество бобов в терминальном соцветии у растений в разных ЦП в разные годы наблюдений изменяется, в среднем, от 17,5 до 46,3 шт. В 2023 г. в ЦП, расположенной в кювете автомобильной дороги, наблюдается наибольшее среднее значение количества бобов (46,3 шт.). Это больше, чем у растений в ЦП около ЛЭП ($p = 0,001$ для 2021 г.; $p < 0,0001$ для 2023 г.) и в ЦП около озера в 2023 г. ($p < 0,0001$). Наименьшее количество бобов (17,5 шт.) зафиксировано в 2023 г. в ЦП около озера, это статистически значимо отличается от количества бобов в этой же ЦП в 2021 г. ($P=0,004$) и в ЦП, расположенной в кювете автомобильной дороги ($p = 0,001$ для 2021 г.; $p < 0,0001$ для 2023 г.). По-видимому, условия произрастания оказывают влияние на формирование бобов у люпина. Не зависимо от года наблюдений ($p = 0,25$) и от ЦП ($p = 0,10$) сформированные бобы в соцветии составляют 91 %.

Изменчивость длины боба в разные годы наблюдений различается ($p = 0,03$). В 2021 г. длина боба зависит от положения в соцветии (нижняя, средняя или верхняя часть), в 2023 г. такая зависимость не выявлена. Соцветие люпина является рацемозным, формирование бобов начинается в нижней части. По-видимому, сбор материала в разные годы проводился на разной стадии зрелости бобов.

В 2023 г. бобы собраны на завершающем этапе созревания. Для сравнения признаков бобов в разные годы наблюдений целесообразно анализировать бобы только из нижней части соцветия. Длина боба в разные годы наблюдений не различается ($p = 0,41$), ширина в 2023 г. больше, чем в 2021 г. ($p < 0,0001$). Можно предположить, что сначала бобы достигают максимальных размеров в длину, а затем растут в ширину. Наибольшая длина боба (42,3 мм) у растений в ЦП, произрастающей в кювете автомобильной дороги. Ширина боба у растений в ЦП, произрастающих в кювете автомобильной дороги (9,5 мм) и около ЛЭП (9,8 мм), статистически значимо не различается ($p = 0,93$). Наименьшая ширина боба у растений в ЦП у озера (8,5 мм). Коэффициент корреляции для признаков длина и ширина боба составляет 0,40 ($p < 0,0001$).

Количество семян не зависит от положения боба в соцветии ($p > 0,05$). В 2021 г. большинство бобов у растений во всех ЦП ($p = 0,67$) содержат по 6 шт. семян. В 2023 г. наибольшее количество семян (8 шт.) в бобах у растений в ЦП, произрастающей в кювете автомобильной дороги, в других ЦП – чаще меньше (6 шт.).

Значения признаков люпина многолистного: длина генеративного побега, количество бобов, длина и ширина боба зависят от условий произрастания растений (тип почвы, пораженность вредителями). Количество семян в бобах растений из разных ЦП зачастую различается не значительно. Стабильность значений этого признака важна для успешного семенного размножения люпина многолистного, несмотря на условия произрастания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России. М. : ГЕОС, 2009. 494 с.
2. Абрамова Л. М., Мустафина А. Н., Каримова О. А., Кансапарова Д. Д. Люпин многолистный в Башкортостане // 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. Палибин И. В. Род. Люпин – *Lupinus L.* // Флора СССР. Т. XI. М.-Л. : Изд-во Академии Наук СССР, 1945. С. 48–51.
5. Жукова О. В. Распространение люпина многолистного (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) на территории Республики Марий Эл // Современная ботаника в России. Труды XIII Съезда Русского ботанического общества и конференции «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна» (г. Тольятти 16–22 сентября 2013 г.). Т. 2: Систематика и география сосудистых растений. Сравнительная флористика. Геоботаника. Тольятти : Кассандра, 2013. С. 27–29.
6. Суворова О. В. Изменчивость признаков генеративной сферы люпина многолистного (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) в рудеральных местообитаниях окрестностей г. Йошкар-Олы // Студенческая наука и XXI век. 2022. Т. 19. № 1(22). Ч. 1. С. 62–64.
7. Пимохова Л. И., Слесарева Т. Н. Инсектицидный эффект против доминантных вредителей в люпиновом посеве // Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. №1 (13). С. 71–74.

Изменчивость окраски покрова *Kleidocerys resedae* в различных экологических условиях

Терентьева Ю. В., студ. 4 курса

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

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
yullek.terantey.2002@gmail.com

В результате бесконтрольной деятельности человека окружающая среда претерпевает множество изменений, испытывая большие антропогенные нагрузки [1]. Вся получаемая нагрузка приводит к морфологическим различиям, в пределах одного вида, обитающего в одинаковых условиях и обеспечивающего приспособления к меняющимся условиям среды во времени и пространстве [2]. В биоиндикации используются организмы-биоиндикаторы, которые реагируют на изменения состояния окружающей среды проявлением различных морфологических изменений. Насекомые, особенно клопы, могут использоваться в качестве биоиндикаторов. Клопы являются перспективным объектом в фенологических и экологических исследованиях, благодаря широкому распространению, массовой встречаемости и характерному полиморфизму окраски и рисунков тела [3]. В качестве модельного объекта биоиндикации рекомендуется использовать клопа-солдатика [4; 5; 6; 7].

Данная работа была проведена с использованием в качестве биоиндикатора березового сережкового клопа (*Kleidocerys resedae* Panz) по методике Логвиновского [8]. *Kleidocerys resedae* принадлежит семейству Lygaeidae (Schilling, 1829). Вследствие приспособления к питанию жидкой пищей, у данного вида сформировался колюще-сосущий ротовой аппарат [9]. Он является фоновым видом полужесткокрылых насекомых в лесостепной зоне, живущим на различных породах деревьев с резким предпочтением в качестве кормового растения березы повислой (*Betula pendula* Roth) [8].

Целью исследования является выявление полиморфизма окраски покрова *K. resedae* в различных условиях обитания.

Работа была проведена летом 2023 г. на территории г. Йошкар-Олы Республики Марий Эл и с. Средний Кушкет Балтасинского района Республики Татарстан. Материал собирали в местах с различным уровнем антропогенной нагрузки с. Средний Кушкет: участок № 1 – находится в 200 м от автомобильной дороги, № 2 – обрез автомобильной дороги; г. Йошкар-Ола: № 3 – территория ООПТ «Сосновая роща» (зона наименьшего загрязнения промышленно-транспортными выбросами), № 4 – улица Мира в микрорайоне Дубки (зона слабого загрязнения), № 5 – территория Парка Победы (зона умеренного загрязнения), № 6 – окрестности ОАО «Марбиофарм» (зона умеренного загрязнения) [10]. Полиморфизм окраски оценивали с использованием рисунка надкрылий – элементы А, В, С, D, Е [8]. Статистическая обработка проводилась с использованием метода хи-квадрат [11].

В данном исследовании обнаружены все 15 морф, упомянутых в авторской методике Б.В. Логвиновского [8]. Также зафиксированы 12 новых элементов. В сельских условиях обнаружено 24 морфы, а в городских – 27. У популяций клопа *K. resedae* во всех экотопах зафиксирована новая морфа F с двумя вариациями (F1 и F2).

По результатам качественной оценки наиболее разнообразными являются морфы Е и F. Однако морфа Е2 не встречалась в популяции № 3. Установлено, что с возрастанием степени антропогенного пресса происходит уменьшение частот встречаемости морф Е1 и F1, увеличение – Е2 и F2 ($p < 0,01$).

По элементу А обнаружены все из 4 возможных морф, а также новые морфы А5 (в экотопах № 1, № 2, № 5, № 6) и А6 (№ 2, № 5, № 6). Закономерность обнаружена только по морфе А3 – с повышением степени антропогенной нагрузки происходит уменьшение частот встречаемости особей с данным признаком ($p < 0,01$).

По элементу В можно констатировать следующее: из 2 возможных вариаций в нашем исследовании обнаружены оба. Новые морфы В3 (№ 1, № 2, № 4, № 5, № 6) и В4 (№ 3, № 4) присутствуют практически во всех популяциях. Отмечена по ним интересная закономерность: повышение частоты встречаемости особей с морфами В2 и В3 и снижение частот встречаемости особей с морфой В1 с возрастанием антропогенного пресса на окружающую среду ($p < 0,01$) (рис. 1).

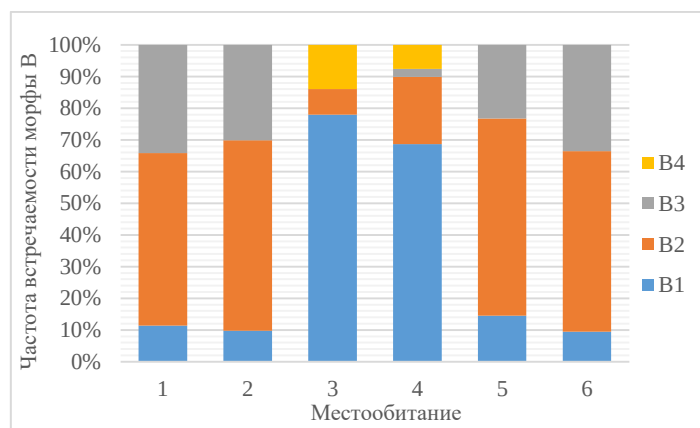


Рис. 1. Встречаемость морфы В рисунка покровов *K. resedae* в различных местообитаниях

В шести местообитаниях у *K. resedae* зафиксированы все три из возможных морф, а также новые морфы С4 (№ 1, № 3, № 4) и С5 (№ 2, № 3, № 4, № 5, № 6). Отмечено, что с повышением степени антропогенной нагрузки наблюдается увеличение частоты встречаемости особей с морфой С2 и уменьшение частот встречаемости особей с морфами С1 и С5 ($p < 0,01$).

Среди 5 известных вариаций морфы D в каждой популяции встретились только D4 и D5. Морфа D1 обнаружена только в популяции № 4, D2 – в популяциях №1 и №5. Следует отметить, что новые морфы D6, D7 и D8 обнаружены во всех экотопах. По элементу D обнаружено следующее: с повышением степени антропогенной нагрузки наблюдается увеличение частоты встречаемости особей с морфами D7, уменьшение частоты встречаемости особей с морфой D5. Однако данный результат не значим ($p > 0,05$).

Необходимо выделить тот факт, что по всем морфам установлены ассиметричные особи. Чаще всего клопы с ассиметричным рисунком надкрыльев встречались в популяциях № 2, № 5 и № 6. Наименьшее количество таких клопов обнаружено в популяции № 3 с ассиметричным проявлением только по 1 элементу – по морфам С и D. В отличие от других популяций, ассиметричных особей по 2 и более элементам не зафиксировано.

На основании собранного материала проанализировано соотношение морф рисунка надкрылий *K. resedae* в шести местах с различной степенью антропогенной нагрузки. Всего обнаружено 27 морф, 12 из которых новые – А4, А5, А6, В3, В4, С4, С5, D6, D7, D8, F1 и F2. По всем морфам выявлены ассиметричные особи. В городских условиях обнаружено – 27 видов, в сельских – 24. Выявлена закономерность между частотой встречаемости некоторых морф и уровнем антропогенной нагрузки. Анализ полученных данных позволяет нам утверждать, что под влиянием высокой антропогенной нагрузки происходит увеличение числа вариаций рисунка надкрылий и появление новых морф. В дальнейших исследованиях необходимо накопление материала для получения новых более точных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долинина Е. С., Адамович Т. А., Кутявина Т. И. Определение токсичности снежного покрова вблизи железной дороги по результатам биотестирования // Экология родного края: проблемы и пути их решения : матер. XVI Всероссийской научно-практической с международным участием конференции (г. Киров, 27–28 апреля 2021 г.) Том Книга 1. Киров : Вятский государственный университет. 2021. С. 316–318.
2. Барабаничкова Н. С. Клоп-солдатик как биоиндикатор среды обитания // Полевые и экспериментальные исследования биологических систем : матер. V Всерос. (с междунар. участием) заоч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Ишим, 30 июня 2014 г.) / отв. ред.-сост. А. В. Иванкова. Ишим : Ишимский государственный педагогический институт им. П. П. Ершова. 2014. С. 5–8.
3. Оспанова Г. С., Артыкова С. Б., Бозиатаева Г. Т., Турабаева Г. К. Изучение фенетической изменчивости популяции клопа-солдатика в условиях Южно-Казахстанской области // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 3-1. С. 94–97.
4. Батлуцкая И. В. Применение МАИ для биоиндикаторной оценки изменчивости меланизированного рисунка покровов насекомых из различных наземных экосистем // Научные ведомости БелГУ. Серия Экология. 2005. № 1 (21). Вып. 3. С. 30–37.

5. Нефедьев П. С., Зубченко А. В. Биоиндикация окружающей среды города Барнаула по характеру меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика // Acta Biologica Sibirica. 2016. № 2 (2). С. 25–45.
6. Турмухаметова Н. В., Муравьева Т. С. Изменчивость окраски покрова клопа-солдатика в разных экологических условиях // Современные проблемы естественных наук и медицины : сб. статей Всероссийской научной конференции с международным участием (г. Йошкар-Ола, 17–21 мая 2021 г.). Йошкар-Ола : Марийский государственный университет, 2021. С. 123–126.
7. Турмухаметова Н. В., Филиппова А. А. Использование показателей флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth и *Pyrrhocoris apterus* L. в оценке качества среды обитания // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : матер. XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Киров, 18 ноября 2020 г.). Киров : Вятский государственный университет, 2020. С. 106–108.
8. Логвиновский Б. В. Популяционно-фенетическая структура вида в условиях среднерусской лесостепи (на примере *Kleidocerys resedae* Pz.; Insecta: Heteroptera: Lygaeidae) : специальность 03.02.08 Экология: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Воронеж, 2011. 22 с.
9. Мыркасимова А. С. Вредоносность клопа наземника *Kleidocerys resedae* (Panzer, 1797) для лиственных деревьев // Интегративная наука. 2017. № 12.
10. Батлуцкая И. В. Применение МАИ для биоиндикаторной оценки изменчивости меланизированного рисунка покровов насекомых из различных наземных экосистем // Научные ведомости БелГУ. Серия Экология. 2005. № 1 (21). Вып. 3. С. 30–37.
11. Нефедьев П. С., Зубченко А. В. Биоиндикация окружающей среды города Барнаула по характеру меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика // Acta Biologica Sibirica. 2016. № 2 (2). С. 25–45.
10. Доклад об экологической ситуации в Республике Марий Эл за 2021 год. Ижевск : Принт, 2022. 188 с.
11. Готов Н. В., Животовский Л. А., Хованов Н. В., Хромов-Борисов Н. Н. Биометрия. Л. : Ленинградский ун-т, 1982. 263 с.

Митохондриально-направленные эффекты тритерпеновых кислот и их производных на функционирование изолированных митохондрий печени крыс

Турбина И. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Дубинин М. В., канд. биол. наук, доцент

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
irinatyrbina24@gmail.com

Природные тритерпеновые кислоты обладают широким спектром биологической активности. Особый интерес представляет их способность инициировать митохондриальный путь апоптоза в различных опухолевых клетках. Наибольшее внимание привлекают катионные производные тритерпеновых соединений, полученные при конъюгации этих соединений с трифенилфосфонием или гуанидиновыми группами, что может служить эффективным подходом к повышению биодоступности и селективности их биологического действия.

Цель настоящей работы: оценить влияние трифенилфосфониевых и гуанидиниевых производных тритерпеновых кислот (урсоловой, маслиновой и коросолиевой) на функционирование митохондрий печени крыс.

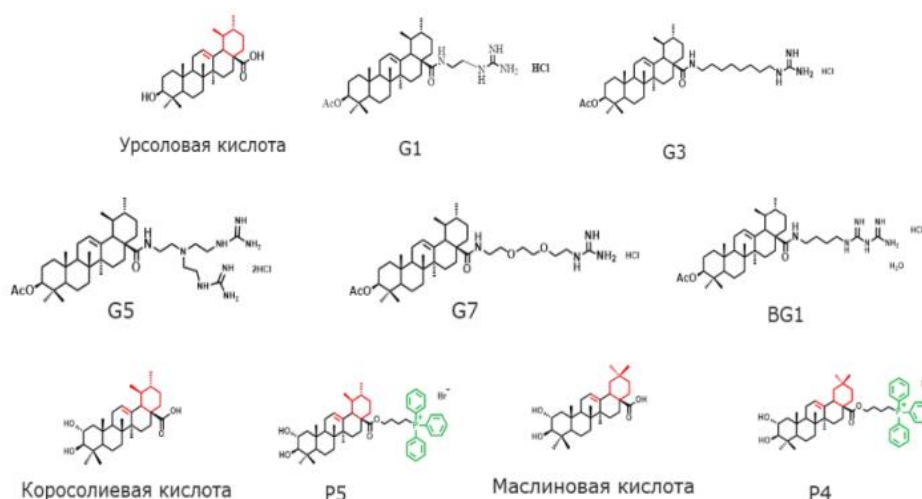


Рис. 1. Структура исследуемых соединений: трифенилфосфониевые и гуанидиниевые производные тритерпеновых кислот – урсоловой: G1, G3, G5, G7, BG1; маслиновой: P4 и коросолиевой: P5

Результаты исследования. Установлено, что гуанидиниевые производные урсоловой кислоты G1, G7 и BG1 (20 мкМ) значительно подавляют дыхание митохондрий в состоянии 3 (АДФ стимулированное дыхание)

(в 2.7, 1.9 и 1.7 раза соответственно) и 3УДНФ и значительно снижают параметр дыхательного контроля (см. таблица 1). Анализ активности комплексов дыхательной цепи показал, что они подавляют суммарную активность комплексов I+III. Вместе с тем, производное G5 и трифенилфосфониевое производное маслиновой кислоты P4 в значительной степени стимулируют дыхание в состоянии 2 и 4 (индуцируют разобщающее действие), что также приводит к снижению параметра дыхательного контроля. Влияние исходных кислот, а также остальных конъюгатов было менее выражено (хоть и достоверно), либо отсутствовало (как в случае маслиновой кислоты).

При оценке влияния соединений на скорость образования активных форм кислорода митохондриями показано, что конъюгаты P4, P5, G7 и маслиновая кислота снижают, а G1, G5, G7, BG1 и P4 напротив увеличивают скорость продукции H_2O_2 митохондриями (рис. 2).

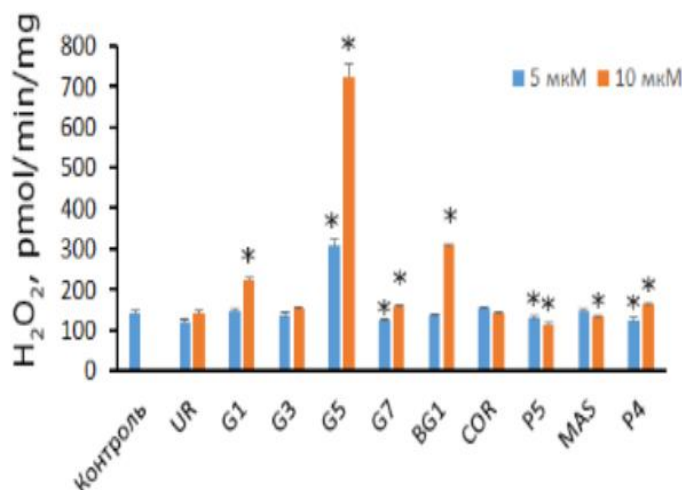


Рис. 2. Влияние исследуемых соединений (5 и 10 мкМ) на скорость образования активных форм кислорода митохондриями печени мышей, окисляющих субстраты первого комплекса дыхательной цепи 2.5 мМ глутамат и 2.5 мМ малат. (Ur – урсоловая кислота, COR – коросололиевая кислота, MAS – маслиновая кислота)

Таблица 1

Влияние гуанидиниевых производных урсоловой кислоты и трифенилфосфониевых производных коросололиевой и маслиновой кислот на параметры дыхания и окислительного фосфорилирования митохондрий печени крыс

V дыхания, нмоль O_2 /мин/мг					
	Состояние 2	Состояние 3	Состояние 4	Состояние 3UDNP	ДК
0	6.6±1.1	27.4±1.8	7.7±1.0	33.6±1.1	3.6±0.2
Урсоловая	7.0±0.2	25.9±0.6*	11.7±0.6*	35.7±1.5	2.2±0.1
G1	5.2±0.6	10.3±0.6*	6.2±0.4	17.8±1.3*	1.7±0.1*
G3	5.4±0.9	25.3±2.3	6.7±0.8	25.0±2.8*	3.8±0.2
G5	11.5±1.4*	25.6±1.7	15.4±1.6*	30.1±1.1	1.7±0.1*
G7	6.1±0.5	14.3±1.1*	7.9±0.5	22.6±1.3*	1.8±0.1*
BG1	6.4±0.5	10.6±1.5*	8.7±1.2	15.5±1.4*	1.2±0.2*
Коросололиевая	8.8±0.6*	22.3±0.7*	9.7±0.4*	29.9±1.4*	2.3±0.2*
P-5	8.8±0.4*	24.5±1.0*	9.7±0.6*	16.6±1.7*	2.5±0.1*
Маслиновая	7.5±0.6	25.9±1.1	7.6±0.5	33.9±1.7	3.4±0.1
P-4	15.1±1.2*	29.6±1.4	15.7±1.0*	35.5±0.9*	1.9±0.6*

Примечание. В качестве субстратов дыхания использовались 2,5 мМ глутамат и 2,5 мМ малат, Результаты представлены как среднее значение и ошибка средней (n=4). * p<0.05 различия между контролем и опытом в каждой группе достоверны

При оценке параметра кальциевой емкости митохондрий было показано, что производные G1, G5 и BG1 достоверно увеличивают данный параметр, что может свидетельствовать о том, что эти соединения способны блокировать открытие МРТ-поры. В то же время производные маслиновой и коросолиевой кислот P4 и P5 снижают Ca^{2+} -емкость.

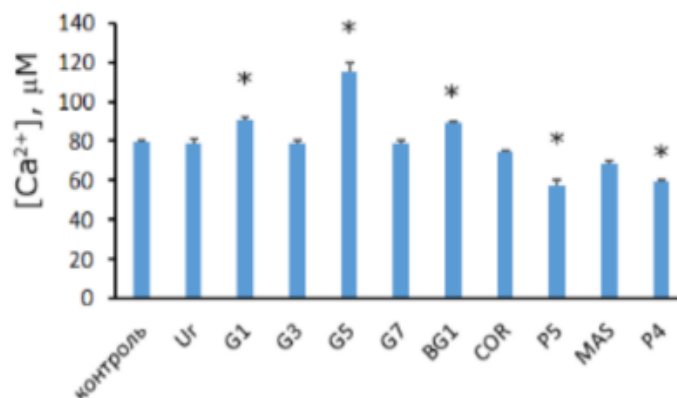


Рис. 3. Влияние исследуемых соединений (10 мкМ) на параметр Ca^{2+} емкости митохондрий печени мышей, окисляющих субстраты первого комплекса дыхательной цепи 2.5 мМ глутамат и 2.5 мМ малат. (Ur – урсоловая кислота, COR – коросолиевая кислота, MAS – маслиновая кислота)

Заключение. Показано, что и трифенилфосфониевые, и гуанидиниевые производные обладают митохондриально-направленной активностью. При этом эффекты этих производных различаются как по влиянию на процессы окислительного фосфорилирования, так и на индукцию митохондриальной поры. Самым мощным индуктором является конъюгат G5, который способен как индуцировать разобщение дыхания, ингибировать МРТ пору, так и вызывать усиление продукции активных форм кислорода. Возможно, данный эффект связан с большим количеством -NH групп в составе данной молекулы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барышников А. Ю., О-Жи-Хо Е. А. Растительные терпеноиды как возможные противоопухолевые агенты // Росс. биотерап. журнал. 2010. № 1. С. 3–8.
2. Ганенко Т. В., Семенов А. А. Химический состав *Potentilla fruticosa*. Тритерпеноиды // Химия природных соединений. 1989. № 6. С. 856.
3. Цыбикова Д. Ц., Зылыкеева Д. Н., Даржапова Г. Ж. Урсоловая кислота из *Hipporhae rhamnoides* // Химия природных соединений. 1975. № 4. С. 519–521.
4. Пигулевский Г. В. Химия терпенов. Л.: Изд-во ЛГУ. 1949. С. 234.
5. Нестеров Д. В. Биологически активные вещества: терпены и терпеноиды, флавоноиды: учебное пособие для студентов фармацевтического факультета и факультета промышленной технологии лекарств по дисциплинам: «Химия биологически активных веществ» и «Химия природных соединений». СПб.: Изд-во СПбХФА. 2016. С. 100.
6. Никитин В. М. Химия терпенов и смоляных кислот/ В. М. Никитин. М.: Гослесбумиздат. 1952. С. 347.
7. Овчинников Ю. А. Биоорганическая химия. Москва: Просвещение. 1987. С. 134.

Влияние обработки штаммами PGPR и их культуральной жидкостью на рост проростков гелофита *Typha latifolia*

Ширяев Г. И., Воронаева О. В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург
schiriaev.grisha@yandex.ru

Ассоциация растений и бактериальных микроорганизмов является давним объектом изучения. Улучшение понимания роли микроорганизмов, ассоциированных с корневой системой растений, в регуляции роста последних повысило интерес к разработке биопрепаратов на основе бактериальных штаммов. В частности, широкое применение нашло использование биопрепаратов на основе ризобактерий, обладающих ростостимулирующими свойствами (PGPR) [1]. Применение PGPR способствует улучшению минерального питания (посредством азотфиксации, солюбилизации недоступных фосфатов, синтеза индолил-3-уксусной кислоты и др.), увеличивает устойчивость растений к абиотическим стрессовым факторам (за счет накопления пролина,

активизации супероксиддисмутазы, пероксидазы и др.), а также ингибирует рост патогенных микроорганизмов [2]. Биопрепараты на основе PGPR выгодно отличаются от минеральных удобрений, поскольку не несут рисков, связанных с накоплением избыточных количеств химических элементов в почве. Помимо сельского хозяйства, использование PGPR распространено при реализации различных технологий по очистке компонентов окружающей среды с применением растительных организмов – фиторемедиации. Сегодня особенную озабоченность вызывает загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ). Зачастую загрязненные ТМ территории обеднены питательными элементами, а рост растений подавляется. Это делает актуальным поиск новых штаммов PGPR, эффективно стимулирующих рост перспективных видов фиторемедиантов в условиях загрязнения металлами. Поскольку ризобактерии выделяют значительные количества биологически активных соединений, особый интерес представляет изучение влияния на рост растений бактериальных жидкостей, содержащих метаболиты, синтезированные этими микроорганизмами. В текущем исследовании нами был проведен эксперимент по изучению действия штаммов PGPR и их культуральной жидкости на рост широко применяющегося при фиторемедиации загрязненных водных объектов гелофита – *Typha latifolia* L. (рогоз широколистный).

Целью исследования была оценка влияния инокуляции семян *T. latifolia* штаммами PGP-ризобактерий и обработки культуральной жидкостью из-под изученных штаммов на параметры роста гелофита.

Для проведения эксперимента было выбрано четыре культуры ризобактерий, выделенных из загрязненного ТМ ризосферного субстрата: (N1) *Pseudomonas orientalis*, (N2) *Pseudomonas migulae*, (N3) *Bacillus zhangzhouensis*, (N4) *Brevundimonas diminuta*. Для инокуляции *T. latifolia* выбранными бактериями семена стерилизовали в течение 3 мин в смеси 3 % перекиси водорода и 70 % спирта. Эксперимент проводили в чашках Петри в четырехкратной повторности, в каждой чашке Петри помещали по 100 семян *T. latifolia*. Стерильные семена инокулировали PGPR в 40 мл воды, добавляя 700 мкл бактериальной культуры. 5 мл культуральной жидкости из-под PGPR добавляли в 40 мл воды с семенами для оценки ее влияния на проростки. Контрольные растения выращивали в 40 мл воды с добавлением 700 мкл среды LB. Проростки *T. latifolia* выращивали в фитокамере под светом фитоламп с фотопериодом 14:10 на протяжении четырнадцати дней. Измерение морфологических показателей проводили каждые семь дней. Данные, представленные в работе, статистически достоверны. Для обработки полученных результатов использовали программы EXCEL 2019 и STATISTICA 10. При оценке достоверности различий между вариантами применяли критерий Краскела-Уоллиса при $p < 0,05$. В таблице и на рисунках показаны средние арифметические значения и их стандартные ошибки. Достоверность различий в рисунках указана при помощи разных латинских букв.

Штаммы ризобактерий, выбранные для инокуляции семян, обладали значительными PGP-свойствами (табл. 1). Уровень синтеза индолил-3-уксусной кислоты у выбранных PGPR превышал показанные в других исследованиях для трех из четырех изученных культур ризобактерий [3], штаммы показывали средний уровень солибилизации фосфатов [4; 5], а также проявляли способность к азотфиксации. Одновременно все четыре штамма имели высокую устойчивость к ТМ (Zn, Ni, Cu и Pb), превышающую 1000 мг/л для всех четырех металлов. Для таких металлов, как Zn и Cu, минимальная ингибирующая концентрация достигала 3500 и 4100 мг/л соответственно. Это делает перспективным применение данных штаммов PGPR в условиях загрязнения среды ТМ.

Таблица 1

PGP-свойства четырех изученных штаммов ризобактерий

Вид ризобактерий	Азотфиксация	Синтез индолил-3-уксусной кислоты, мг/л	Солибилизация фосфатов, мг/л
<i>Pseudomonas orientalis</i>	+	16,4 ± 2,16	104,6 ± 7,39
<i>Pseudomonas migulae</i>	+	216,0 ± 11,57	126,5 ± 8,37
<i>Bacillus zhangzhouensis</i>	+	151,0 ± 8,53	278,8 ± 15,24
<i>Brevundimonas diminuta</i>	+	174,1 ± 8,64	138,2 ± 6,25

Примечание: «+» — наличие способности к азотфиксации

Инокуляция семян всеми изученными штаммами PGPR приводила к достоверному увеличению роста проростков как на седьмой, так и на четырнадцатый день эксперимента. Длина гипокотыля у проростков *T. latifolia* была выше от 1,3 (*B. zhangzhouensis*) до 2,3 раза (*P. migulae*) на седьмой день, и от 1,4 (*B. zhangzhouensis*) до 1,9 раза (*P. migulae*) на четырнадцатый. Снижение данного показателя на четырнадцатый день связано с прекращением значительного роста гипокотыля в течение второй недели эксперимента у проростков, инокулированных PGPR (рис. 1А). Как у контрольных растений, так и у растений, обработанных PGPR, на седьмой день

появлялся первый лист, при этом его длина у инокулированных растений была достоверно выше (рис. 1B). Так, на седьмой день длина первого листа была выше от 2,6 (*P. orientalis*) до 4,1 раза (*P. migulae*), а на четырнадцатый день – от 1,8 (*B. zhangzhouensis*) до 3,1 раза (*P. migulae*). К четырнадцатому дню эксперимента у проростков *T. latifolia*, обработанных PGPR, происходило образование второго листа, наибольшая длина которого отмечена, как и в случае с первым листом, при обработке *B. diminuta* и *P. migulae* (рис. 1C). У штамма *B. diminuta* появление третьего листа наблюдалось у 31 % растений, в то время как у штамма *P. migulae* – у 58 %. К четырнадцатому дню эксперимента у проростков *T. latifolia*, обработанных всеми четырьмя штаммами PGPR, происходило образование корней (рис. 1D). При этом значимых различий между изученными штаммами по максимальной длине корней не наблюдалось, однако были отмечены различия по их количеству. Так, при обработке *B. zhangzhouensis* у 13 % проростков образовывалось четыре корня, при обработке *B. diminuta* и *P. migulae* у 16 и 12 % проростков – три, в то время как при обработке *P. orientalis* – лишь два корня. Полученный результат может объясняться низким уровнем синтеза индолил-3-уксусной кислоты *P. orientalis*, которая может значительно стимулировать образование корней растений.

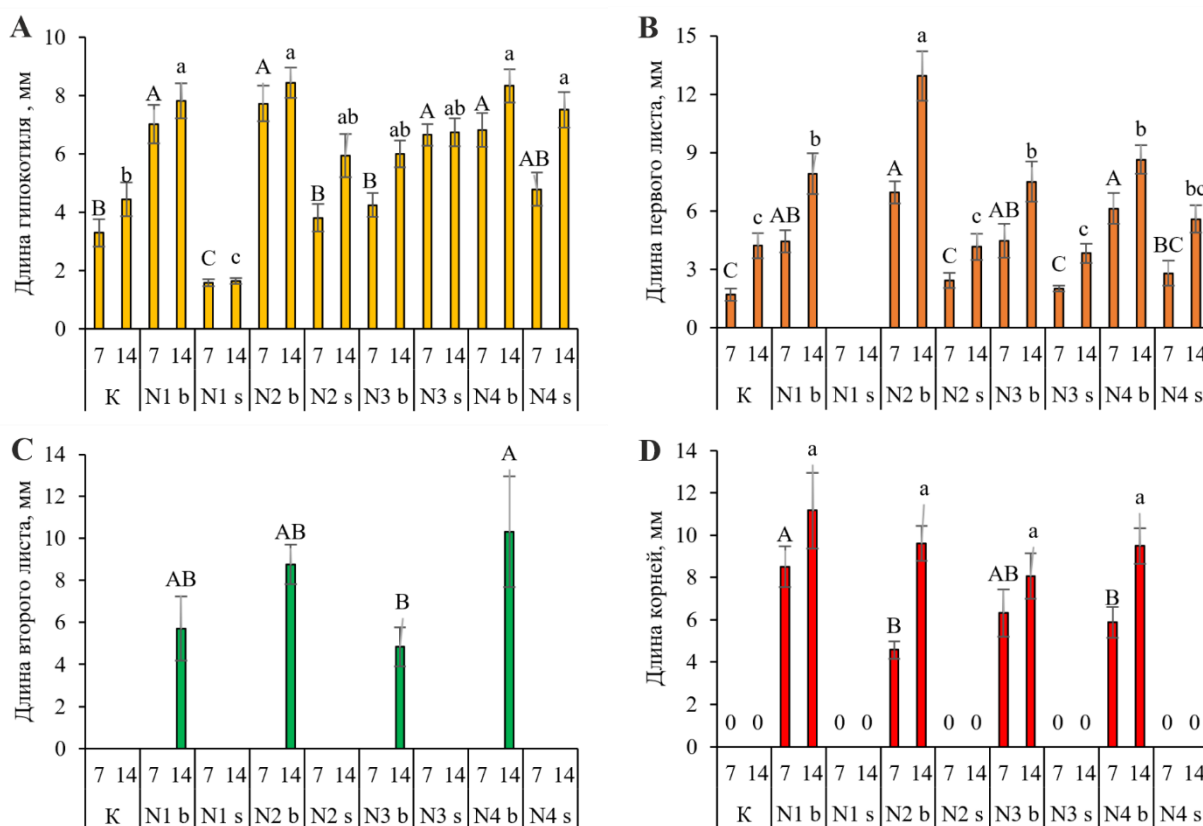


Рис. 1. Длина органов проростков *Typha latifolia*

Примечание: «b» – варианты, инокулированные PGPR; «s» – варианты, обработанные культуральной жидкостью.

При использовании культуральной жидкости стимуляция роста проростков рогоза происходила при обработке жидкостью из-под *B. zhangzhouensis* и *B. diminuta* (рис. 1): длина hypocotила на седьмой день была выше в сравнении с контролем в 2 и 1,5 раза, а на четырнадцатый – в 1,5 и 1,7 раз соответственно. Длина первого листа в сравнении с контролем при обработке культуральной жидкостью достоверно не увеличивалась. Жидкость из-под *P. migulae* значимого влияния на рост рогоза не оказывала, а жидкость из-под *P. orientalis* ухудшала рост проростков. Образования второго листа и корней у проростков, обработанных жидкостью из-под бактериальных штаммов, не происходило. Надо отметить, что как инокуляция PGPR, так и обработка культуральной жидкостью из-под PGPR влияния на всхожесть семян не оказывала.

Таким образом, можно заключить, что наилучшими штаммами PGPR для стимуляции роста проростков рогоза оказались *Brevundimonas diminuta* и *Pseudomonas migulae*, которые в наибольшей степени стимулировали рост как подземных, так и надземных органов растений. *Pseudomonas orientalis* и *Bacillus zhangzhouensis* оказывали значительно меньший положительный эффект на рост проростков рогоза, в отдельных случаях вызывая негативный эффект. Обработка семян рогоза культуральной жидкостью не оказывала значимого эффекта на проростки и в целом была менее эффективной в сравнении с инокуляцией семян ризобактериями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Basu A., Prasad P., Das S. N. et al. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. Sustainability. 2021. Vol. 13.1140.
2. Goswami D., Thakker J. N., Dhandhukia P. C. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. Cogent Food & Agriculture. 2016. Vol. 2.1127500.
3. Wagi S., Ahmed A. *Bacillus* spp.: potent microfactories of bacterial IAA. Peer Journal. 2019. Vol. 7. e7258.
4. Voropaeva O. V., Maleva M. G., Borisova G. G. Estimation of plant growth promoting activity of silicate solubilizing rhizobacteria for use in agricultural biotechnology. AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2390. 030097.
5. Kumar A., Tripti, Voropaeva O. et al. Bioaugmentation with copper tolerant endophyte *Pseudomonas lurida* strain EOO26 for improved plant growth and copper phytoremediation by *Helianthus annuus*. Chemosphere. 2021. Vol. 266.128983.

Выявление этилового спирта в биологических жидкостях пациентов ЛПУ города Йошкар-Олы в 2021–2023 гг.

Яндубаева О. Н., магистр 2 курса

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

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

Одна из современных проблем, которая имеет в настоящее время достаточное распространение, это алкоголизм. Алкоголизм – это глобальная задача, которую решают врачи, социальные работники, социальные педагоги, психологи и другие специалисты. Как химическое вещество алкоголь – этиловый спирт (этанол), винный спирт (этиловый алкоголь) – бесцветная летучая жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом. В современной России злоупотребление алкоголем приводит к преждевременной смерти около полумиллиона человек ежегодно [3]. В 2023 г. в Российской Федерации разработана «Концепция сокращения потребления алкоголя в РФ на период до 2030 года и дальнейшую перспективу». Эта концепция определяет цели, задачи и принципы государственной политики Российской Федерации в области снижения потребления алкоголя и профилактики алкоголизма среди населения Российской Федерации на период до 2030 года в интересах укрепления общественного здоровья, в том числе психического здоровья населения, и общественной безопасности, направленные на обеспечение национальных интересов и реализацию стратегических национальных приоритетов в указанной сфере на долгосрочную перспективу [5].

Согласно данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл от случайных отравлений алкоголем, хронического алкоголизма, алкогольного психоза, алкогольного цирроза печени в республике в 2021 г. умерло 235 человек (34,7 человека на 100000 населения), в 2022 г. – 181 человек (26,8 человека на 100000 населения). В первом полугодии 2023 года на территории Марий Эл зарегистрировано 82 случая острых отравлений спиртосодержащими жидкостями, из них 59 со смертельным исходом [6]. Поэтому важным вопросом остается оценка распространенности и встречаемости алкоголя среди населения в Республике Марий Эл.

Цель работы: Оценить встречаемость положительных случаев выявления этилового спирта в биологических жидкостях пациентов в лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ) г. Йошкар-Олы.

В химико-токсикологической лаборатории наркологического диспансера Республики Марий Эл для определения алкоголя в биожидкостях применяют метод газожидкостной хроматографии, для этого используют газовый хроматограф «Хроматэк-Кристалл 5000». В основе метода лежит алкилнитритный метод, разработанный В.Ф. Пономаревым [4] и модифицированный А. А. Колдаевым [2]. Принцип метода состоит в дериватизации спиртов в ходе реакции этерификации с участием нитрита натрия в присутствии трихлоруксусной кислоты с последующим разделением и количественным определением полученных алкилнитритов методом газовой хроматографии.

Исследования проводились в 2021–2023 гг. в токсикологической лаборатории ГБУ РМЭ «Республиканский наркологический диспансер». Для работы использовали исследуемые образцы биологических жидкостей взрослых пациентов ГБУ РМЭ «Йошкар-Олинская городская больница» (Городская больница), ГБУ РМЭ «Республиканский психоневрологический диспансер» (РПБ), ГБУ РМЭ «Республиканский клинический госпиталь ветеранов войн» (РКГВВ), ГБУ РМЭ «Медико-санитарная часть № 1» (МСЧ № 1). Во время оказания медицинской помощи у пациентов забирается биологический материал: либо кровь, либо моча, либо кровь и моча вместе. Это связано с необходимостью лечебных учреждений в установлении количества 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, для подтверждения факта употребления алкоголя при совершении административных правонарушений. В работе использовался критерий χ^2 для таблиц сопряженности $R \times C$ [1].

В таблице 1 приведено количество проведенных исследований биологических жидкостей на выявление этанола в 2021–2023 гг. В среднем за год обследуется около полутора тысяч пациентов. Наибольшее количество исследований приходится на кровь – более 1000 анализов в год. 200–250 раз в год анализируется кровь и моча одновременно от одного пациента. Всего лишь 70–150 исследований в год проводится на наличие алкоголя в моче.

Таблица 1

Количество и результат обследования пациентов на наличие этилового спирта в биологических жидкостях

Год	Кровь		Моча		Кровь+моча		Всего
	+	–	+	–	+	–	
2021	322	819	17	51	127	117	1453
2022	343	925	11	55	95	92	1521
2023	319	753	39	136	108	93	1448
Всего	984	2497	67	242	330	302	4422

Примечание: «+» – количество положительных результатов выявления этилового спирта; «–» – количество отрицательных результатов выявления этилового спирта.

Мы сравнили частоту встречаемости положительных результатов суммарно по разным биологическим жидкостям и годам у мужчин и женщин (табл. 2). У мужчин частота выявления этилового спирта в биологических жидкостях выше, чем у женщин ($\chi^2=152,3$; $v=1$; $P<0,001$).

Таблица 2

Распределение результатов выявления этилового спирта у мужчин и женщин, %

Пол	Положительный результат	Отрицательный результат	Объем выборки
Мужчины	36,8	63,2	2863
Женщины	20,4	79,6	2011

Нами было рассмотрено распределение положительных и отрицательных результатов в разных образцах отдельно у мужчин и женщин (табл. 3, 4). У мужчин выявляется различие в частоте положительных результатов в разных биологических жидкостях ($\chi^2=93,7$; $v=2$; $P<0,001$). Положительные результаты чаще всего выявляются для образцов «кровь+моча» – в 54 % случаев. В крови частота положительных результатов составляет 35 %, в моче – 22 %.

Таблица 3

Распределение результатов выявления этилового спирта в разных биологических жидкостях у мужчин, %

Биологическая жидкость	Положительный результат	Отрицательный результат	Объем выборки
Кровь	35,0	65,0	2125
Моча	22,3	77,7	274
Кровь+моча	54,1	45,9	464

У женщин частота положительных результатов в крови и моче одинаковая и составляет около 18 %.

В образцах «кровь+моча» частота положительных результатов выше – около 27 % ($\chi^2=20,3$; $v=2$; $P<0,001$). Т. е., как у мужчин, так и у женщин, частота выявления этанола выше, когда у одного пациента забираются и исследуются и кровь и моча. В этом случае результат получается более правильным.

Таблица 3

Распределение результатов выявления этилового спирта в разных биологических жидкостях у женщин, %

Биологическая жидкость	Положительный результат	Отрицательный результат	Объем выборки
Кровь	17,9	82,1	1362
Моча			32
Кровь+моча	26,4	73,6	617

Примечание. Объединение ячеек указывает на отсутствие разницы.

Распределение положительных результатов выявления этанола в биологических жидкостях отдельно по разным лечебно-профилактическим учреждениям г. Йошкар-Олы приведено в таблице 4. Наибольшее количество образцов поступило из Йошкар-Олинской городской больницы – более 3500 за три года (в среднем более 1180 образцов в год). Частота положительных результатов различная в разных ЛПУ ($\chi^2=147,4$; $v=3$; $P<0,001$). У пациентов Медико-санитарной части № 1 и Республиканского клинического госпиталя ветеранов войн частота выявления этилового спирта в биологических жидкостях составляет более 50 %. В других ЛПУ частота положительных результатов не превышает 28 %.

Таблица 4

Частота положительных результатов выявления этанола в биологических жидкостях у пациентов разных ЛПУ города Йошкар-Ола в 2021–2023 гг., %

ЛПУ	Положительный результат	Отрицательный результат	Объем выборки
Городская больница	27,7	72,3	3569
РПБ	19,3	80,7	264
МСЧ № 1	50,9	49,1	476
РКГВВ			111

Примечание: Объединение ячеек указывает на отсутствие разницы.

Таким образом, этанол в биологических жидкостях выявляется чаще у мужчин, чем у женщин. Как у мужчин, так и у женщин частота выявления этанола более высокая, когда у одного пациента забирается обе биологические жидкости – кровь и моча. У пациентов разных лечебно-профилактических учреждений частота положительных результатов не одинаковая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Готов Н. В. и др. Биометрия. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. 264 с.
2. Медицинское освидетельствование для установления факта употребления алкоголя и состояния опьянения (методические указания). Утверждено зам. министра здравоохранения СССР А. М. Москвичевым 01.09.1988 г.
3. Окулова И. И., Шимов К. И., Исмаилов А. М. и др. Влияние алкоголя на организм // Международный студенческий научный вестник. 2017. № 5. С. 8.
4. Пономарев В. Ф. Определение этилового спирта в крови методом газовой хроматографии : сб. трудов Республиканского бюро судебно-медицинской экспертизы и кафедры судебной медицины Таджикского государственного медицинского института им. Абу али Ибн-Сино. Душанбе, 1967. Вып. 9. С. 57–69.
5. Распоряжение Правительства РФ от 11 декабря 2023 г. № 3547-р Об утверждении Концепции сокращения потребления алкоголя в РФ на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу // Информационно-правовой портал Гарант.ру. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408113961/> (дата обращения 28.04.2024).
6. Статистический ежегодник «Республика Марий Эл». 2023 : стат. сб. / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл. Йошкар-Ола. 2023. 353 с.

Сорбция ионов свинца (II) энтеросорбентом «Полифепан»

Амбулатова Г. Р., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
akbulatova.gulgina@bk.ru

Целью исследования является изучение закономерностей сорбции ионов свинца (II) из водных растворов энтеросорбентом «Полифепан» САЙНТЕК ЗАО. Тема представляет теоретический и практический интерес, так как в литературе отсутствуют количественные данные энтеросорбента. Свинец как промышленный яд был известен еще со времен греков, как профессиональный токсикант для шахтеров при добыче свинцовых руд [1]. Попадая в организм человека в повышенных концентрациях, вызывает наиболее значительные изменения в организме человека (поражение нервной, кровеносной и выделительной системы).

Одним из способов нейтрализации токсического действия путем выведения из организма является, как известно, использование энтеросорбентов. «Полифепан» является природным энтеросорбентом, который состоит из гидролизного лигнина, и в свою очередь обладает высокой сорбционной емкостью (активная поверхность частиц и развитая пористая система). Лигнин гидролизный используется в медицине как препарат для поглощения токсичных веществ и микроорганизмов. Важно, что лигнины не травмируют слизистую оболочку кишечника и обладают репаративными свойствами, что позволяет использовать их при диареях различной этиологии [2].

На первом этапе экспериментального исследования был подбор оптимального соотношения объема (V) раствора сорбата и массы (m) сорбента. В частности, были измерены значения сорбции из растворов с исходной концентрацией 0,25 мМ в диапазоне модуля (отношение V раствора к m сорбента) от 25 до 1000 мл/г. Обнаружено, что с ростом значения модуля, наблюдается закономерное снижение степени извлечения ионов свинца из водных растворов (рис. 1).

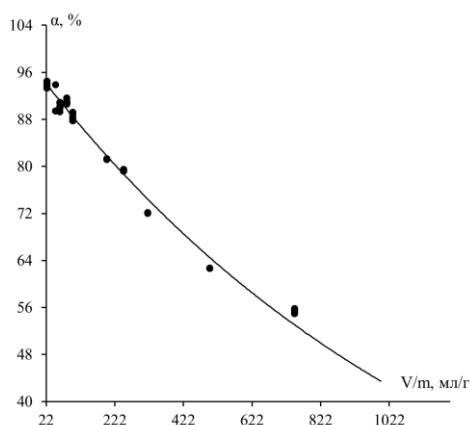


Рис. 1. Зависимость величины степени извлечения ионов свинца от величины модуля

Следующим этапом экспериментального исследования было построение изотермы адсорбции из водных растворов $Pb(NO_3)_2$ с начальными концентрациями (C_0) в интервале от 10^{-5} до 10^{-1} моль/л (рис. 2), для определения характера сорбционного процесса и сорбционной емкости по отношению к ионам свинца (II). Фотометрически определяли концентрацию ионов свинца [3].

В качестве сорбента сравнения был выбран широко используемый сорбент «Полисорб МП», основу которого составляет коллоидный оксид кремния. Как оказалось, при выбранных в работе условиях эксперимента ($t = 25^\circ C$, ионная сила, определяемая действующей концентрацией электролита, $pH \sim 5$) препараты на основе гидролизного лигнина характеризуются более высокими значениями сорбции ионов свинца из водных растворов.

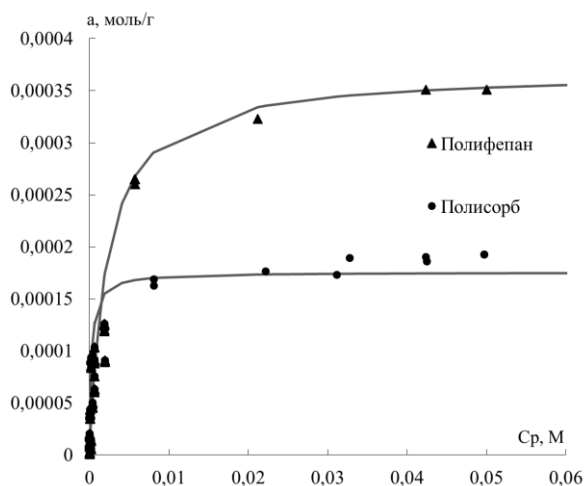


Рис. 2. Изотермы сорбции ионов свинца

Также была показана адекватность уравнений Ленгмюра и Дубинина-Радускевича для аппроксимации экспериментальных изотерм сорбции, что позволило оценить сорбционную емкость, а также качественно охарактеризовать характер взаимодействий в системе сорбент-сорбат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошкина В. С., Котляр Н. Н., Котельникова Л. В., Долгушина Н. А. Клинико-токсикологическая характеристика свинца и его соединений // Медицинские новости 2013. № 1. С. 20–25.
2. Панфилова В. Н., Таранушенко Т. Е. Применение энтеросорбентов в клинической практике // ПФ. 2012. № 6. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18411137> (дата обращения: 06.02.2024).
3. 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.

Квантово-химическое изучение строения комплекса Ni(II)-ДТПА

Алдонов С. А., студ.4 курса

Науч. рук. – Петухова Т. В., канд. хим. наук, доц.

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

Исследование координационных соединений с переходными металлами, содержащих в своем составе органические кислоты, активно развивается в настоящее время [1]. Сведения о комплексных соединениях d-элементов с диэтилентриаминпентауксусной кислотой (ДТПА) весьма ограничены, однако комплексные соединения ДТПА с ионами Ni(II) могут быть использованы для синтеза новых веществ и материалов, свойства которых можно целенаправленно регулировать с целью достижения новых функциональных характеристик [2].

В настоящее время квантово-химические расчеты широко применяются в координационной химии, что позволяет проводить дальнейшее экспериментальное исследование с меньшими временными и экономическими затратами. В данной работе проведен квантово-химический расчет геометрических параметров молекул ДТПА и комплексной частицы [Ni(ДТПА)]⁻.

Предварительно методом функционала плотности B3LYP в валентно-расщепленном базисе 6-31G(d), был выполнен расчет геометрического строения диэтилентриаминпентауксусной кислоты (ДТПА). Геометрические параметры рассчитанной молекулы представлены на рисунках 1 и 2.

Что касается длин связей, мы сравнили их с литературными данными, представленными в таблице 1.

Как можно отметить, вычисленные значения хорошо согласуются с экспериментальными данными. Отклонения от экспериментальных данных, возможно, связаны с недостаточной широтой использованного базиса. Так же можно отметить, что атомы азота в молекуле ДТПА имеют не плоское строение, их пирамидальность, отклонение от плоскости. Составляет 10,5°, 24,3° и 23,3°. Согласно литературным источникам, валентные углы в молекуле аммиака соответственно равны 107,176 градусов [4]. Пирамидальность азота в аммиаке составляет 38,47°. В молекуле ДТПА атомы азота имеют более плоское строение.

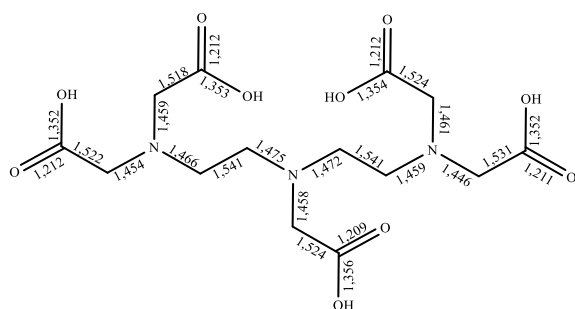


Рис. 1. Длины связей молекулы ДТПА, Å

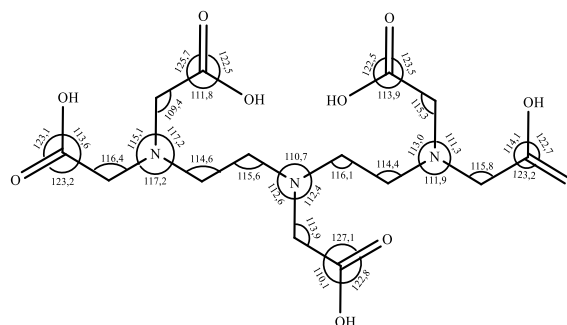


Рис. 2. Валентные углы молекулы ДТПА

Таблица 1

Сравнение длин связей молекулы ДТПА

Связь	ДТПА, Å	Лит. данные [3]
C-O	1,21–1,354	1,20–1,45
C-N	1,446–1,475	1,45
C-C	1,518–1,541	1,48–1,51

Исследование геометрического строения комплексной частицы $[\text{Ni}(\text{ДТПА})]^-$ было проведено с использованием метода функционала плотности B3LYP в валентно-расщепленном базисе 6-31G(d), как и для расчета геометрии молекулы ДТПА. Были получены величины валентных углов и длин связей, представленные на рисунках 3 и 4.

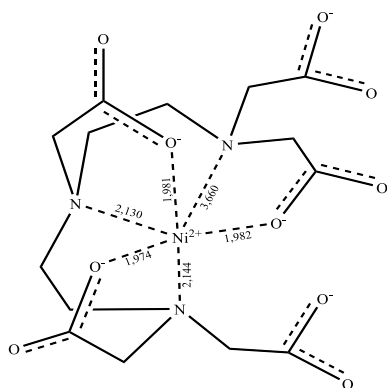
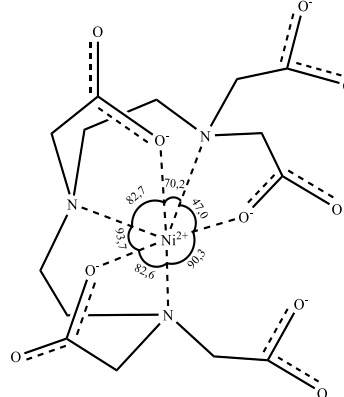
Рис. 3. Длины связей комплексной частицы $[\text{Ni}(\text{ДТПА})]^-$, ÅРис. 4. Валентные углы комплексной частицы $[\text{Ni}(\text{ДТПА})]^-$

Таблица 2

Сравнение длин связей комплексной частицы $[\text{Ni}(\text{ДТПА})]^-$

Связь	$[\text{Ni}(\text{ДТПА})]^-$, Å	Лит. данные [3]
Me-N	2,144–3,660	2,068–2,110
Me-O	1,974–1,982	1,880–1,902

Полученные расчетные данные не полностью согласуются с литературными данными, одна из связей Ni-N увеличивается до 3,660 Å, что говорит о ее разрыве. Из чего можно сделать вывод, что либо комплексная часть имеет иное строение, либо необходим расчет с применением другого метода или более расширенного базиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов О. В., Чачков Д. В. Квантово-химический расчет молекулярных структур гетеролигандных комплексов ионов M(III) 3d-элементов с порфиразином и фторид-анионом методом DFT // Журнал неорганической химии. 2020. Т. 65. № 6. С. 817–823.
2. Щеглова Н. В., Попова Т. В., Ярошевская Х. М. Гетеробиядерные диэтилен-триаминпентаацетатные комплексы кобальта(II), никеля(II) и оксованадия(IV) в водных растворах // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 14. С. 127–130.
3. Марцинко Е. Э., Сейфуллина И. И., Вербецкая Т. Г. Гетероядерные комплексы германия(IV) и некоторых 3d-металлов с диэтилен-триаминпентауксусной кислотой // Координационная химия. 2005. Т. 31. № 8. С. 572–575.
4. Белик А. В. К расчету силовых коэффициентов молекулы аммиака // Вестник Челябинского государственного университета. 2011. № 15 (230). Физика. Вып. 10. С. 58–59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-raschyotu-silovyh-koeffitsientov-molekuly-ammiaka> (дата обращения: 04.04.2024).

Определение термодинамических параметров реакции образования гидроксиокомплекса меди (II) с ЭДТА

Александрова О. С., студ.4 курса

Науч. рук. – Смирнова Л. Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
olesya_aleksandrova_2002@mail.ru

В современной аналитической химии широко используются комплексообразующие реагенты в различных аналитических методах [1]. Этилендиаминтетрауксусная кислота является одним из доминирующих комплексообразующих агентов благодаря своей способности к образованию стабильных комплексов с различными ионами металлов.

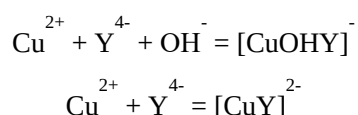
Комплексонаты переходных металлов имеют широкий практический интерес вследствие своей биологической активности. Знание ключевых закономерностей хелатообразования в растворах является основанием для использования комплексонов в промышленности.

У меди, как у типичного 3d-элемента, способность к комплексообразованию выражена очень сильно. Для нее известны соединения с кислородсодержащими лигандами, аммиакаты и аминаты, производные с серосодержащими лигандами, комплексы типа двойных солей и внутрикомплексные соединения. Эта особенность, в частности, обусловлена тем, что энергия образования иона Cu^{2+} очень велика, что способствует образованию в значительной мере ковалентных связей с соответствующими лигандами [2].

В частности, образование гидроксиокомплекса меди с ЭДТА в щелочной среде представляет научно-практический интерес в связи с его применением в аналитической и координационной химии. На образования гидроксиокомплекса будет оказывать влияние pH среды, изменение которого влияет на состав самого комплекса [3]. Так, например, в сильнощелочной области образуется отрицательно заряженный гидроксиокомплекс меди (II).

Целью работы является изучение процесса комплексообразования депротонированного комплекса $[\text{CuY}]^{2-}$ и гидроксиокомплекса $[\text{CuOHY}]^-$, вычисление термодинамических параметров, таких как Энтальпия (ΔH), Энтропия (ΔS), Энергия Гиббса (ΔG).

Растворы лигандов были приготовлены следующим образом. Содержимое фиксаля было растворено в колбе, далее добавили рассчитанное количество гидроксида натрия, на рисунке 1 представлена структура комплекса и уравнения реакции



Проведен эксперимент по определению тепловых эффектов образования комплексов с последующим вычислением ΔH , ΔG , ΔS . Для этого использовался калориметр «Эксперт» с определенной программой на компьютере. При определении тепловых эффектов системы термостатировались при температуре (293 К). Исследуемый раствор металла-комплексообразователя и раствор соли тетранатриевой соли ЭДТА имели одинаковые концентрации равная 0,1 моль/л.

Для получения термодинамических 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.

Настройки прибора были следующие – количество измерений в процессе эксперимента составило 100, а интервал времени между измерениями 3 секунды. На рисунке 2 представлена калориметрическая кривая растворения хлорида калия. По формуле (1) $W = Q \cdot v / \Delta T$, где Q – молярная интегральная теплота растворения (кДж/моль), v – количество вещества (моль), ΔT – изменение температуры (градус Кельвина) рассчитали значение константы калориметра, равная 0,650 кДж/К.

Эксперимент определения теплового эффекта при комплексообразовании гидроксиокомплекса меди(II) с ЭДТА проводился следующим образом В калориметр помещалось строго определенное количество раствора соли меди(II) с концентрацией 0,1 моль/л. Система термостатировалась и параллельно с ней при этой же температуре выдерживалась раствор соли лиганда с концентрацией 0,1 моль/л, которая затем через определенный промежуток времени приливалась к раствору комплексообразователя. Калориметрические кривые данных процессов представлены на рисунке 3.

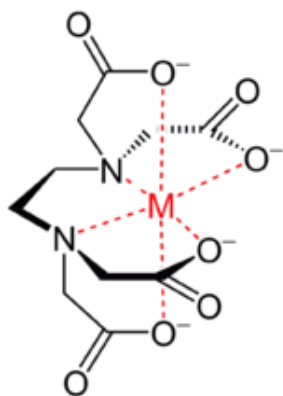


Рис. 1. Структура тетранатриевой соли

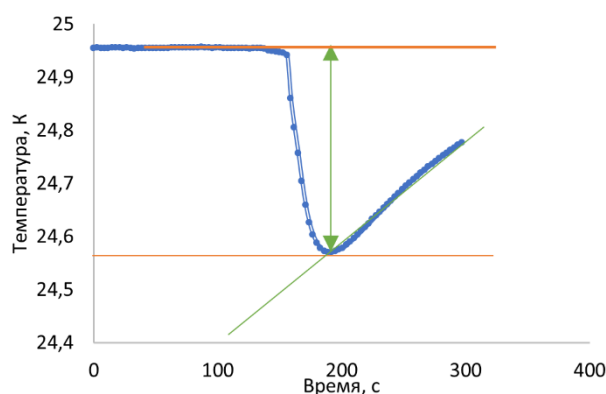


Рис. 2. Калориметрическая кривая растворения хлорида калия

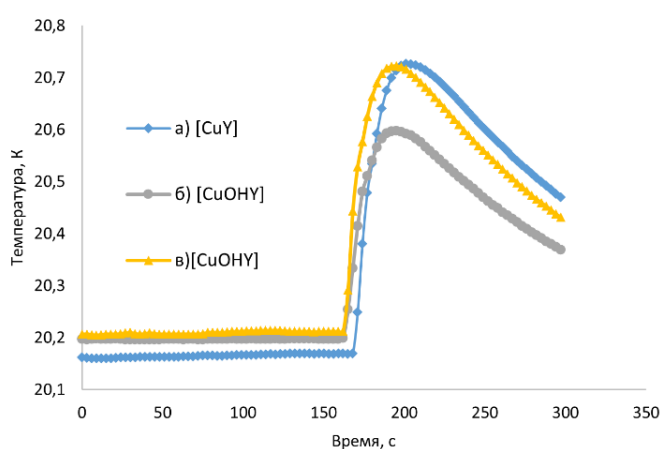


Рис. 3. Калориметрические кривые комплексообразования депротонированного комплекса и гидроксокомплекса меди(II) с ЭДТА

Для получения комплексов была предложена разная последовательность добавления растворов:

- раствор меди(II) приливали к раствору соли тетранатриевой соли ЭДТА для образования депротонированного комплекса,
- раствор соли меди приливали к раствору соли ЭДТА для получения гидроксокомплекса,
- в этой последовательности происходило разрушение депротонированного комплекса меди раствором гидроксида натрия с последующим образованием гидроксокомплекса.

Проведены эксперименты по разбавлению солей, где использовалась дистиллированная вода и растворы исследуемых систем. Опыт проводился аналогично измерениям теплового эффекта комплексообразования. Раствор соли помещали в калориметр и совместно с ней термостатировалась дистиллированная вода. Далее в определенный момент времени происходило смешивание растворов. Для расчета тепловых эффектов комплексообразования был учтен тепловой эффект разбавления тетранатриевой соли ЭДТА (0,042 ΔK) и гидроксида натрия (K 0,082 ΔK). Тепловой эффект разбавления соли металла было незначительно, поэтому оно не будет учитываться при дальнейших расчетах.

По данной формуле (2) была вычислена энтальпия образования депротонированного комплекса $[\text{CuY}]^{2-}$ и гидроксокомплекса $[\text{CuOHY}]^-$.

$$\Delta H = \frac{W \cdot \Delta T}{C \cdot V}, (2)$$

где W – константа калориметра, ΔT – изменение температуры, C – концентрация комплексного соединения, V – объем раствора.

Далее по формулам (3,4) были вычислены энтропия и энергия Гиббса:

$$\Delta G = -2.3RT \lg \beta, (3)$$

где β – константа устойчивости.

$$\Delta S = \frac{\Delta H - \Delta G}{T}, (4)$$

Рассчитали термодинамические параметры, включая энтальпию, энтропию и энергию Гиббса, в которых учитывается константа устойчивости. Результаты вычислений приведены в таблице 1 для депротонированного комплекса $[\text{CuY}]^{2-}$ и гидроксокомплекса $[\text{CuOHY}]^-$.

Таблица 1

Термодинамические параметры реакции комплексообразования депротонированного комплекса $[\text{CuY}]^{2-}$ и гидроксокомплекса $[\text{CuOHY}]^-$

	ΔT К	$\lg \beta$	ΔH кДж/моль	ΔG кДж/моль	ΔS Дж/моль·К
\	0,441	18,8	-30,29	-105,332	256
$[\text{CuOHY}]^-$	0,441	6,46	-28,665	-36,207	26
$[\text{CuOHY}]^-$	0,591	6,46	-38,415	-36,207	-7

Из графика видно, что наибольший тепловой эффект наблюдается у депротонированного комплекса меди(II) с ЭДТА, полученного путем смешивания растворов в определенной последовательности. В данном случае, сначала раствор соли ЭДТА смешивается с раствором гидроксида натрия для образования тетранатриевой соли ЭДТА, затем к этому раствору соли добавили раствор меди(II). Такой порядок смешивания обусловлен присоединением иона металла, что вызывает больший тепловой эффект. В случае с гидроксокомплексом меди(II), наиболее высокий тепловой эффект наблюдается при другой последовательности смешивания растворов, когда происходит разрушение депротонированного комплекса меди(II) раствором гидроксида натрия, вследствие этого идет одновременно разрыв связи Cu-ЭДТА и присоединение гидроксид-иона.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: изучены процессы образования комплексов меди(II) с солями ЭДТА, рассчитаны тепловые эффекты реакций образования гидроксокомплекса меди(II), оценены тепловые эффекты образования депротонированного комплекса меди(II) гидроксокомплекса меди(II) с солями этилендиаминминтетрауксусной кислоты, вычислены термодинамические параметры: энтропия(ΔS) и энергия Гиббса(ΔG) реакций образования комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Moore J. W. Inorganic contaminants of surface water: research and monitoring priorities // New York : Springer-Verlag. 1991. P. 366.
2. Гликина Ф. Б., Ключников Н. Г. Химия комплексных соединений // Просвещение. 1982. С. 160.
3. Давыдова О. А., Климов Е. С., Ваганова Е. С., Ваганов А. С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах // Ульяновский государственный технический университет. 2014. С. 167.

Изучение особенностей процесса ферментации салатной капусты

Бартенева Е. С., Перькова Л. А., студ. 1 курса магистратуры

Науч.рук. – Атреева Л. В., канд. тех.наук, доц.

Курский государственный университет, г. Курск
yekaterina.barteneva@bk.ru

Ферментация известна человечеству с давних лет как один из самых действенных способов сохранности овощей и фруктов. Консервантом в данном процессе является образующаяся молочная кислота. На поверхности многих овощей и фруктов находятся молочнокислые бактерии, которые образуют единую микрофлору. Обильное распространение молочнокислых бактерий, в большинстве своем рода *Lactobacillus*, имеют внутренние листья капусты. Основными активаторами молочнокислого брожения при квашении листьев капусты являются *L. brevis* и *L. Pentoaceticus*. Более того, кроме молочнокислых бактерий в сквашивании капусты принимают участие ряд других бактерий и дрожжей. Существует множество рецептов квашеной капусты, которые отличаются количеством соли, добавлением сахара, уксусной кислоты и прочих ингредиентов, но нам удалось найти старинный монастырский рецепт, который отличается своей примитивностью. Тем не менее, именно этот рецепт помогает добиться идеальных вкусовых качеств, а также долгих месяцев хранения. Как известно, капуста *brassica rapa subsp. Pekinensis* редко используется для квашения, так как данный сорт отличается тонкой мягкой структурой листа, небольшим количеством клеточного сока [1]. Однако в азиатских странах

из пекинской капусты готовят знаменитое блюдо кимчи, родственное традиционной европейской квашеной капусте. Проследить особенность квашения двух разных сортов капусты приготовленных одним методом является интересной задачей.

На сегодняшний день ученые активно изучают процесс ферментации с целью установить истинный путь реакции, а также применимость этого процесса для поиска различных решений в области пищевой промышленности и медицины

Для изучения процесса квашения были взяты образцы капусты сорта *brassicaoleraceavar. Capitata* и *brassicarapasubsp. Pekinensis*, выращенные на фермерском участке, вдалеке от загрязняющих окружающую среду предприятий и автомагистралей. Количественное определение глюкозы осуществлялось с помощью рефрактометра ИРФ-454Б2М. Спектрофотометрический метод определения молочной кислоты производится посредством спектрофотометра Shimadzu UV1800.

Для анализа были взяты 4 навески капусты каждого сорта массой 250 грамм. Масса соли рассчитывается из соотношения «5 грамм на 1 килограмм капусты». Квашение проводилось при разных концентрациях соли, а именно при рассчитанной по соотношению и увеличенной в два раза. Капуста мелко нарезается, в каждый образец вносится соответственно 1,2 грамма и 2,4 грамма соли. Необходимо заставить капусту выделить клеточный сок, для этого чистыми сухими руками вся масса переминается до ощущения влажности рук. Затем образцы помещаются в чистые стерильные стеклянные емкости как можно плотнее, заполняя весь объем. Емкости герметично закрываются специальными крышками, снабженными газоотводными трубками. Концы газоотводных трубок помещали в пробирки, наполненные дистиллированной водой. Подготовка к количественному анализу включает в себя отбор навески каждого образца и его перетирание в фарфоровой ступке до выделения большого количества клеточного сока, Затем получившуюся смесь фильтруют через складчатый фильтр до исчезновения муты в растворе. Эксперимент проводился в 15 повторениях. Оценка грубых погрешностей (промахов) производилась методом вычисления максимального относительного отклонения.

На призму рефрактометра помещали несколько капель дистиллированной воды и измеряли показатель преломления воды с целью установления точности показателей прибора. Затем призму очищали фильтровальной бумагой и наносили немного испытуемого раствора и измеряли его показатель преломления. Опыт повторяли по 5–7 раз для каждого образца. Для расчета использовали среднее значение. Содержание глюкозы в препарате в граммах (X) рассчитывается по формуле:

$$x = \frac{n - n_0}{0,00142 * 100}$$

где n – показатель преломления препарата;

n_0 – показатель преломления воды;

0,00142 – величина прироста показателя преломления при увеличении концентрации глюкозы на 1 %.

Таблица 1

Содержание глюкозы в образцах

Параметр	Образец 1 <i>brassica oleracea</i> / 1,2 г соли	Образец 2 <i>brassicaoleracea</i> / 2,4 г соли	Образец 3 <i>pekinensis</i> / 1,2 г соли	Образец 4 <i>pekinensis</i> / 2,4 г соли
Содержание глюкозы до начала квашения, грамм	0,0073	0,0073	0,0061	0,0061
Показатель преломления 3 дня квашения	1,3383	1,3355	1,3341	1,3362
Содержание глюкозы, % 3 дня квашения	67,1	32,8	55,7	31,1
Показатель преломления 6 дней квашения	1,3331	1,3341	1,3336	1,3335
Содержание глюкозы, % 6 дней квашения	43,8	24,6	37,7	23,1

Затем готовили 0,2 % раствор FeCl_3 . Раствор должен иметь температуру 20 °С. К 2 мл 0,2% раствора FeCl_3 добавляли 50 мкл раствора молочной кислоты. Оптическую плотность полученных окрашенных растворов измеряли при длине волны 390 нм. В качестве контроля использовался холостой раствор 0,2% FeCl_3 . Данные о содержании молочной кислоты в пробах берут из калибровочного графика зависимости светопоглощения окрашенных растворов от концентрации молочной кислоты.

Из приведенной таблицы 1 видно, что содержание глюкозы во всех объектах уменьшается по мере увеличения времени квашения, но в образцах № 2 и № 4 ее количество практически в два раза меньше, чем в образцах № 1 и № 3. Это свидетельствует о том, что данное различие обусловлено массой добавленной соли. В образцах капусты *brassica oleracea* и *pekinensis* с содержанием соли 1,2 г грамм количество глюкозы на порядок выше, чем в образцах, содержащих по 2,4 грамм соли, такая зависимость может быть объяснена влиянием хлорида натрия на содержание молочнокислых бактерий, которые перерабатывают глюкозу [2; 3]. Другими словами, хлорид натрия выступает в качестве консерванта, замедляющего рост бактерий при квашении.

Как мы видим из приведенных данных в таблице 2, что содержание молочной кислоты больше в образцах 1 и 3, они в свою очередь содержат по 1,2 г хлорида натрия, а содержание той же молочной кислоты в объектах 2 и 4 будет примерно на 0,3–0,4 г меньше. Мы предполагаем, что это может быть связано со способностью поваренной соли ингибировать биохимические процессы, связанные с образованием молочной кислоты из глюкозы [4; 5].

Таблица 2

Содержание молочной кислоты в образцах

	Образец 1 <i>brassica oleracea</i> / 1,2 г соли	Образец 2 <i>brassica oleracea</i> / 2,4 г соли	Образец 3 <i>pekinensis</i> / 1,2 г соли	Образец 4 <i>pekinensis</i> / 2,4 г соли
Оптическая плотность 3 дня квашения	0,146	0,123	0,113	0,109
Содержание молочной кислоты 3 дня квашения, г/л	1	0,90	0,85	0,76
Оптическая плотность 6 дней квашения	0,569	0,540	0,480	0,469
Содержание молочной кислоты, 6 дней квашения г/л	5,4	5,1	4,74	4,63

По результатам полученных данных можно предположить, что образцы, содержащие меньшее количество (Образец 1 *brassica oleracea*/ 1,2 г соли, Образец 3 *pekinensis*/1,2 г соли) соли в составе рассола сохраняют больше глюкозы, как по прошествии 3 дней, так и 6 дней квашения. Аналогичная ситуация происходит с образованием молочной кислоты, которая также в большем количестве образуется в образцах с наименьшим содержанием соли в рассоле (Образец 1 *brassica oleracea*/ 1,2 г соли, Образец 3 *pekinensis*/1,2 г соли). Мы предполагаем, что хлорид натрия, используемый в качестве консерванта ингибирует биохимические процессы, происходящие при квашении *brassica oleracea* и *pekinensis* соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shishlova E. S., Posokina N. E., Lyalina O. Y. Fundamentals of fermentation of white cabbage // Vestnik of VSUIT/Proceedings of VSUET. 2018. Vol. 80. No. 2. DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-242-248>
2. Posokina N. E., Shishlova E. S., Zakharova A. I. Influence of consortia of lactic acid microorganisms on the dynamics of active and titratable acidity at the main stage of fermentation of white cabbage // Vestnik VGUET / Proceedings of VGUET. 2018. Vol. 80. No. 3. DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-140-147>
3. James M. J., Lessner M. J., Golden D. A. Modern food microbiology // BINOM. Laboratoriya znanij. 2017.
4. Breidt F., McFeeters R. F., Pe-rez Diaz I., Lee C. Fermented Vegetables. // Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. ASM Press. 2013. DOI: <http://doi.org/10.1128/9781555818463.ch33>
5. Vinderola G. I., Ouwehand A., Salminen S., Wright A. Lactic acid bacteria microbiological and functional aspects // Taylor & Francis Group. 2012.

Изучение эффективности брожения сахарозы и ее мономеров

Брескин К. А., студ. 1 курса магистратуры

Науч.рук. – Атрепьева Л. В., канд. тех.наук, доц.

Курский государственный университет, г. Курск
alex_danilov_46rus@mail.ru

Принцип механизма действия такого химико-биологического процесса как брожение, используется человеком с давних времен. Достаточно долгое время химики считали, что брожение – это химическая реакция, в которой не принимают участие живые организмы. И только в начале XIX–XX веков, было доказано, что брожение не может осуществляться без живых микроорганизмов, которые, в последствии назвали дрожжами. Дрожжи находят широкое распространение в природе и локализуются во многих овощах и фруктах, например,

яблоки, картофель, свекла. Иными словами, дрожжи присущи многим сахаристым продуктам. В рамках развития биохимии и биотехнологии мир узнал многих великих научных деятелей, которые привили интерес к данному биохимическому процессу, и положили начало такой науке как зимология. Теперь же, в наше время, большое количество ученых старается понять и улучшить процесс брожения, с целью удешевления, увеличения выхода продукта, ускорения процесса и т.д. Это связано со способностью дрожжей производить спиртовое брожение, что имеет огромное значение для современной пищевой и химической промышленности [1; 2]. Исходя из этого изучение процесса брожения на примере образцов разного происхождения, безусловно, является актуальной задачей.

В качестве объектов для изучения процесса были выбраны сахароза, глюкоза и фруктоза, как самые распространенные биологические вещества.

На первых этапах эксперимента был приготовлен водный раствор гидроксида кальция для улавливания углекислого газа во время брожения. Концентрация данного раствора – 0,008М. В три емкости, содержащие по 100 г каждого объекта, добавлялся объем воды равный 100 мл и спиртовые спрессованные дрожжи массой 5 грамм. Емкости, оборудованные крышками с газоотводными трубками, концы которых помещены в колбы с 0,008М CaCl₂, были установлены в темное место на период брожения. Процесс брожения длился 15 суток.

По истечению времени брожения, все три реакционные массы помещали в установку для фракционной перегонки поочередно и начинали перегонку спирта (температура кипения спирта 78,4 °С). Далее, чтобы убедиться в достоверности проделанной работы, осуществляли качественный анализ полученных продуктов [3]. Одной из качественных реакций на одноатомные спирты является, так называемая, йодоформная проба. Для этого три объема каждого образца полученного спирта помещали в отдельные пробирки и добавляли несколько капель йода и гидроксида натрия. Образование характерного желтоватого осадка йодоформа при действии на спирт йода и щелочи в каждой пробирке подтвердило, что полученное при перегонке вещество действительно является этиловым спиртом. Данные о количестве полученного спирта представлены в таблице 1.

Таблица 1

Выход спирта из 100 г сахарозы и ее мономеров

Показатели	Дисахарид/альдогексоза		
	Сахароза	Глюкоза	Фруктоза
Объем спирта (теор.), мл	68,1	64,7	64,7
Объем спирта (практ.), мл	30	25	24
Выход спирта, %	44,05	38,64	37,09

Из данных таблицы 2 видно, что больше всего титранта уходило на титрование раствора гидроксида кальция, соответствующего брожению сахарозы, и примерно одинаковое количество – на титрование растворов гидроксида кальция, соответствующих брожению глюкозы и фруктозы.

Таблица 2

Данные титрования раствора CaCl₂

Сахароза		Глюкоза		Фруктоза	
Объем титранта до брожения (0,01Н)	Объем титранта после брожения (0,01Н)	Объем титранта до брожения (0,01Н)	Объем титранта после брожения (0,01Н)	Объем титранта до брожения (0,01Н)	Объем титранта после брожения (0,01Н)
V1=16,5	V1=9	V1=16,5	V1=4,5	V1=16,5	V1=4,3
V2=16,4	V2=9	V2=16,4	V2=4,4	V2=16,4	V2=4,3
V3=16,5	V3=9,1	V3=16,5	V3=4,5	V3=16,5	V3=4,4

Таким образом, можно сделать вывод о том, что, практический выход спирта из сахарозы и ее мономеров подтверждает тенденцию, что из сахарозы получается выход целевого продукта больше, а из глюкозы и фруктозы на небольшое количество меньше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мудрецова-Висс К. А., Кудряшова А. А., Дедюхина В. П. Микробиология, санитария и гигиена: учебник // Тихоокеанский государственный экономический университет. 2005. С. 396.
2. Матвеева И. В., Белявская И. Г. Биотехнологические основы приготовления хлеба // ДеЛи Принт. 2001. С. 150.
3. Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: матер. международной научно-практической конференции (22–23 марта 2018): 3 ч. // под ред. В. А. Вагнера, Е. С. Дикаловой. Алтайский государственный технический университет. 2018. Ч. 1. С. 211.

Взаимодействие 4-метокси-3'-нитрохалкона с анилином

Брыгина С. С., студ. 4 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Bryginasv99@mail.ru

Среди большого числа органических соединений особое внимание исследователей привлекает халкон и его производные. Причиной такого интереса является родство этого вещества с природными биологически активными веществами и наличие у них многих ценных свойств. В качестве основных областей применения интересующего нами объекта можно выделить медицину, органический синтез и получение гетероциклов. Широко применяются халкон и его производные в сельском хозяйстве и в медицине, например, в качестве эффективных фармацевтических препаратов. Все это определяет интерес к синтетической химии.

Поскольку халкон является непредельным кетоном, реакция с нуклеофилом, в частности с анилином, является примером реакции Михаэля. Известно, что реакция Михаэля может протекать по двум реакционным центрам, по двойной связи или по кетонной группе с получением основания Шиффа. Также в литературных источниках была найдена статья, в которой описывается взаимодействие халконов с ароматическими аминами [1]. Авторы предполагают прохождение реакции по карбонильной группе, однако доказательств не указывают.

Нашей задачей стало проведение реакции производных халкона, содержащие донорно-акцепторную группу с различными аминами.

4-метокси-3'-нитрохалкон был получен путем взаимодействия бензальдегида с ацетофеноном в среде этилового спирта. Для проведения реакции модифицировали известную методику, поменяв бензальдегид на анисовый альдегид, а ацетофенон на 3-нитроацетофенон [2]. Методы получения халконов предусматривают применение в качестве катализаторов таких сильных оснований, как гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов. Исходя из этого, в качестве катализатора нами был использован NaOH. Реакция проводилась в течение двух часов, при энергичном перемешивании в температурном интервале 15–25 градусов Цельсия. Затем полученная смесь охлаждалась, выпавший осадок отфильтровывался. Далее проводилась перекристаллизация из изопропилового спирта, выход продукта составил 65 %. После высушивания продукта осуществлялась контрольная проверка методами измерения температуры плавления и ТСХ.

$T_{пл}=174-175^{\circ}\text{C}$. $R_f=0,55$ (CCl_4 и $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ в соотношении 4:1).

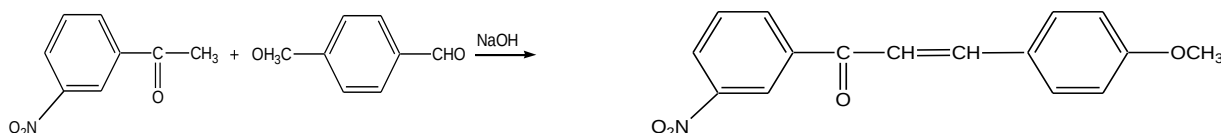


Рис. 1. Получение 4-метокси-3'-нитрохалкона

После успешного получения халкона, следующим этапом было изучение реакции с азотосодержащими нуклеофилами. Основной задачей являлось определить будет ли наличие акцепторной группы влиять на селективность реакции. В качестве первого реагента был выбран анилин, который перед введением в реакционную смесь был перегнан в присутствии цинковой пыли.

Реакция проводилась с добавлением изопропилового спирта, а в качестве катализатора была использована концентрированная серная кислота. Реакция протекала в течение двух часов при энергичном перемешивании, температурный интервал 50–60 °С. Затем выпавший осадок был отфильтрован при помощи воронки Бюхнера и высушен. После высушивания выход продукта составил 70 %. $T_{пл}=220-221^{\circ}\text{C}$.

$R_f=0,68$ (CCl_4 и $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ в соотношении 4:1).

Поскольку при взаимодействии халконов с аминопроизводными возможно два направления протекания реакции, было решено проверить наличие свободной кетонной группы с помощью 2,4-динитрофенилгидразина (ДНФГ). Известно, что ДНФГ, в силу низкой нуклеофильности, не может присоединяться к кратной связи. Для оценки возможности его присоединения к кетонной группе была проведена тестовая реакция ДНФГ с халконом. Реакция проводилась в изопропиловом спирте, в течение двух часов, при температуре 50–60 °С, с контролем ТСХ. При проведении контрольной ТСХ было зафиксировано новое пятно, что свидетельствует о прохождении реакции.

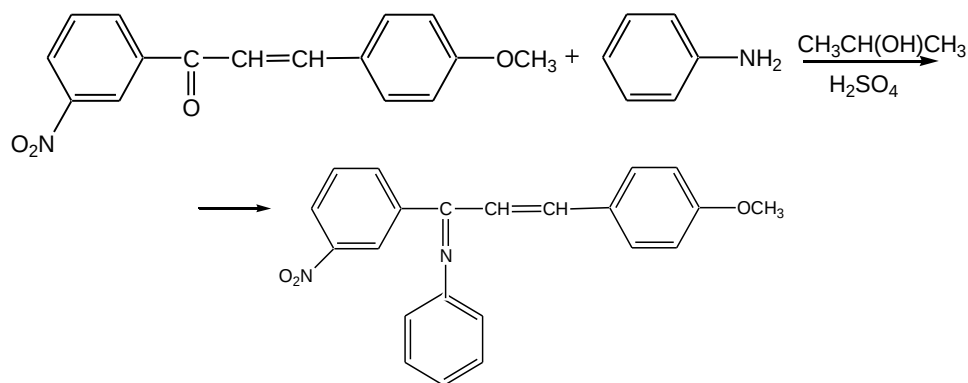


Рис. 2. Взаимодействие 4-метокси-3'-нитрохалкона с анилином

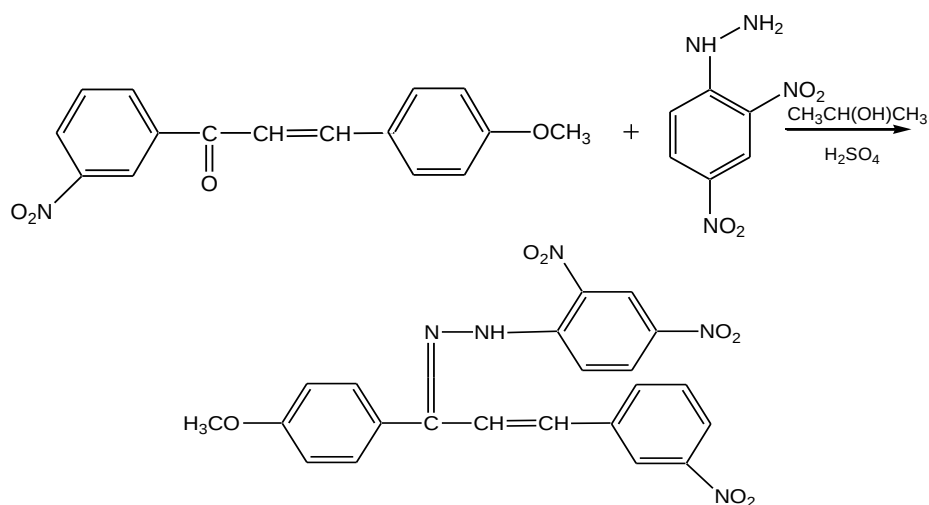


Рис. 3. Взаимодействие 4-метокси-3'-нитрохалкона с ДНФГ

Следующей реакцией была реакция продукта реакции халкона с анилином в ДНФГ. Реакция проводилась с добавлением изопропилового спирта, в качестве катализатора была использована концентрированная серная кислота. Реакция проводилась при температуре 50–60°C. По истечении двух часов проводился контроль при помощи метода ТСХ. По данным контрольной ТСХ продукт реакции обнаружено не был.

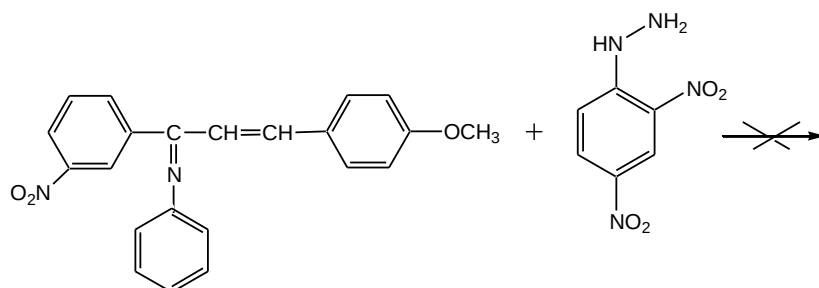


Рис. 4. Взаимодействие 1-(4-метоксифенил)-3-(3'-нитрофенил)-3-фенилино-пропен-1) с ДНФГ

После обработки реакции в аналогичных условиях была выделена смесь исходных веществ, что позволяет нам предположить, что реакция с анилином прошла по карбонильной группе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синютин С. Е., Шубин А. Г. Взаимодействие халконов с ароматическими аминами // Вестник ТГУ. 2007. Т. 12. Вып.6. С. 661–662.
2. Нифантьев И. Э., Ивлеченко П. В. Практикум по органической химии // Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. Москва, 2006. 62 с.

Комплексообразование никеля(II) с этилендиамином

Бушкова К. В., студ. 5 курса

Науч. рук. – Аль Ансари Я. Ф., канд. хим.наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
bushkova.0901@mail.ru

1,2-Диаминоэтан (En) образует комплексные соединения со многими катионами металлов и поэтому используется в качестве эффективного комплексообразующего реагента. Он обладает хорошими антибактериальными свойствами.

Никель(II) также является биологически активным металлом. Избыток солей никеля(II) в организме оказывает токсичное морфологическое изменение в клетке. В небольших количествах Ni необходим для жизнедеятельности растительного организма, являясь структурным элементом уреазы и участвуя в разложении мочевины [1].

Целью настоящей работы явилось изучение характера равновесий в системе Ni(II) – En – H₂O.

Изучение комплексообразования проводилось спектрофотометрическим и потенциометрическим методами. Раствор хлорида никеля готовили растворением соли в воде, концентрацию ионов Ni(II) в растворе контролировали комплексонометрическим титрованием трилоном Б с индикатором мурексид. Раствор этилендиамина готовили растворением препарата марки «х.ч» в дистиллированной воде. Точную концентрацию этилендиамина определяли методом потенциометрического титрования.

За основу исследования комплексообразования в системе было принято изменение формы спектров поглощения и величины оптической плотности раствора сульфата никеля(II) в присутствии избытка этилендиамина. Установлено, что процесс комплексообразования сопровождается гипсохромным сдвигом и гиперхромным эффектом. Полученные результаты изображены на рисунке 1.

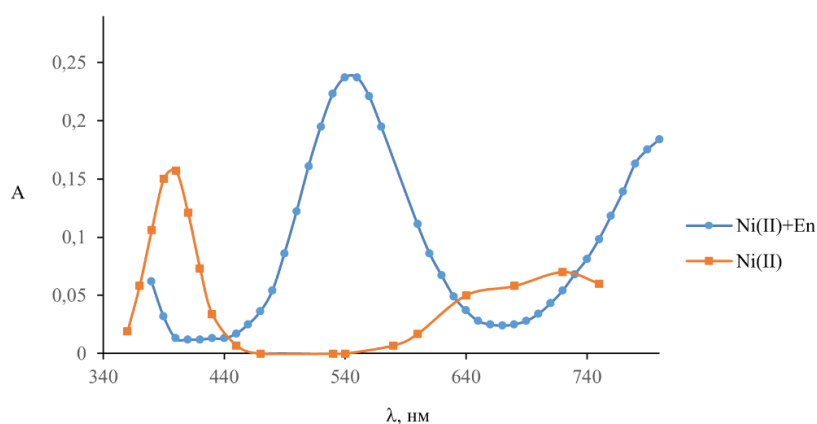


Рис. 1. График зависимости оптической плотности от длины волны, $l = 3$ см, $C(\text{Ni}^{2+}) = 0,0012$ М, $C(\text{En}) = 0,0036$ М

Для дальнейших спектрофотометрических исследований нами была выбрана длина волны 550 нм.

Мольный состав образующихся комплексных частиц был установлен методом насыщения, который заключался в приготовлении серии растворов с одинаковым количеством соли никеля(II) и различным содержанием этилендиамина. pH в данном исследовании мы не создавали. Значения pH находились в диапазоне 7,5–8,5 единиц. Затем на оптимальной длине волны были измерены оптические плотности растворов и построена зависимость оптической плотности от количества лиганда. Постоянство оптической плотности, свидетельствующее об образовании устойчивого в данном диапазоне pH комплекса, устанавливается при соотношении Me-Lig, равном 1:2.

Чтобы рассчитать константы устойчивости, учли протолитические свойства этилендиамина. Определение констант основности проводили с использованием метода потенциометрического титрования. Для этого раствор этилендиамина при постоянной ионной силе титровали раствором соляной кислоты. По полученной кривой (рис. 3) методом Шварценбаха рассчитали константы основности. Они хорошо согласуются со справочными данными (указаны в скобках): $pK_{b,1} = 4,03$ (4,04); $pK_{b,2} = 7,02$ (6,82).

С использованием констант рассчитали и построили диаграмму распределения мольных долей форм ионизации этилендиамина.

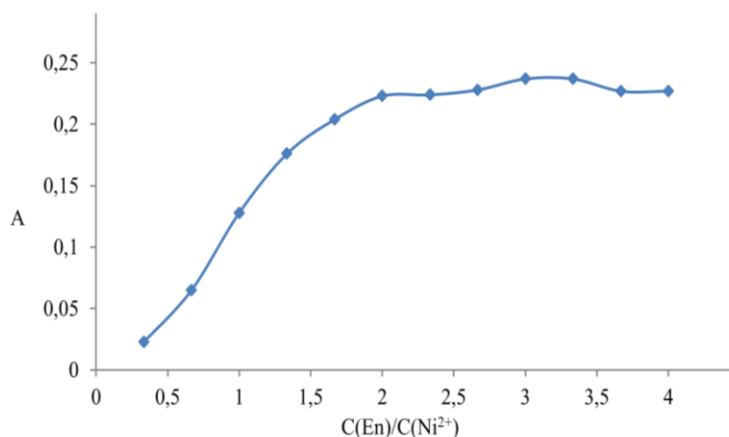


Рис. 2. Серия насыщения: $C(Ni^{2+}) = 0,012 \text{ M}$; $l = 3 \text{ см}$; $\lambda = 550 \text{ нм}$; $pH \approx 8$

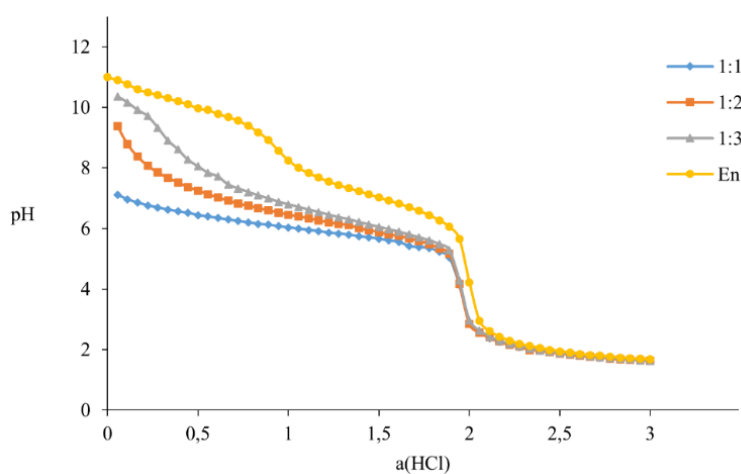


Рис. 3. Потенциометрическое титрование En и систем $Ni(II) - En$ (метод Шварценбаха): $\mu = 0,1 \text{ (KCl)}$

Для оценки точности полученных результатов нами был использован метод Бьеррума. Эксперимент заключается в титровании раствора сильной кислоты (соляной) раствором слабого основания (этилендиамина). На основании кривой зависимости pH от объема этилендиамина была построена кривая образования $n = f(pH)$ (рис. 4) и рассчитаны константы кислотности, а из них и константы основности этилендиамина: $pK_{b,1} = 4,00$; $pK_{b,2} = 6,99$.

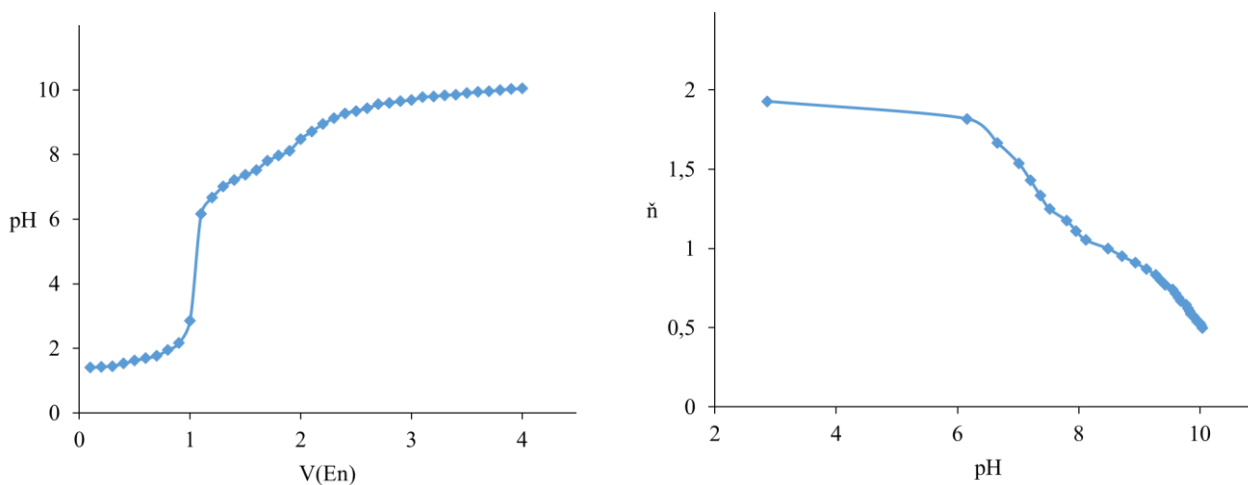


Рис. 4. Потенциометрическое титрование En и систем $Ni(II) - En$ (метод Бьеррума): $\mu = 0,1 \text{ (KCl)}$

Определение интервала pH комплексообразования и расчет констант устойчивости комплексных частиц проводили с применением того же метода, что и изучение кислотно-основных свойств лиганда. Растворы соли никеля(II) и этилендиамина сливали в соотношениях 1:1, 1:2 и 1:3 и титровали раствором соляной кислоты. Данные соотношения были взяты на основании изученной литературы и исходя из ступенчатого комплексообразования. По полученным кривым зависимости pH от количества эквивалентов HCl можно сделать вывод, что комплексообразование протекает в интервале pH приблизительно от 5 до 10 единиц pH. В данной области pH преобладают монопротонированная и нейтральная формы лиганда. Математическая обработка кривых титрования позволила рассчитать константы устойчивости моно-, бис- и трислигандных комплексов: $\lg\beta_1 = 7,1$; $\lg\beta_2 = 10,8$; $\lg\beta_3 = 15,3$.

Таким образом, в работе методом спектрофотометрии изучен мольный состав образующихся с системе комплексных частиц и с применением метода потенциометрического титрования определены их константы устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мацкевич В. С., Самохина В. В., Кузнецова Н. А. [и др.] Индукция сигнальных и адаптивных реакций в корне высших растений под действием токсических уровней никеля и комплексов никель-гистидин // Современные проблемы экспериментальной ботаники: Материалы I Международной научной конференции молодых ученых, приуроченной Году науки Республике Беларусь. Минск. 2017. С. 107–110.

Квантово-химическое изучение строения комплексов Co(II) с En и NTA

Васильева П. А., студ.5 курса

Науч. рук. – Петухова Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
vs.polina01@mail.ru

Квантово-химические методы в современном мире стали все чаще привлекать внимание при изучении строения и свойств комплексных соединений [1]. С помощью них можно рассчитать многие параметры комплексов с достаточно высокой точностью, сделать выводы об их свойствах до стадии синтеза, что снижает затраты.

Мы выбрали систему Co-NTA, поскольку одной из самых простых аминополикарбоновых кислот является нитрилтриуксусная кислота (NTA) [2], а кобальт (II) является биологически активным металлом. Его соединения влияют на жизнедеятельность растительных и животных организмов [2], кроме того, это достаточно простая система, которая позволяет отрабатывать методику квантово-химического расчета.

На первом этапе наших исследований мы проверили длины связей при изменении угла вращения комплексного катиона $[\text{CoEn}_3]^{2+}$ методом функционала плотности B3LYP в базисе 6-31G(d). Геометрические параметры молекулы представлены на рисунках 1–4.

Исследовано, что при вращении плоскости поляризации, длины связей оптического изомера комплекса $[\text{CoEn}_3]^{2+}$ не изменяются.

Чтобы сравнить устойчивости структур, была рассчитана энтальпия образования веществ

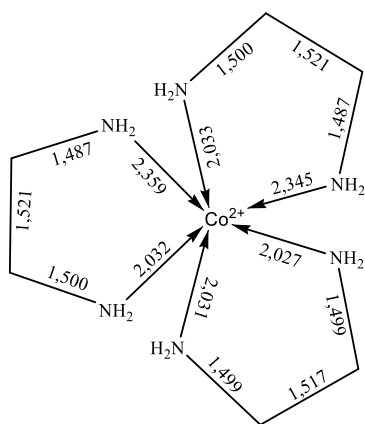


Рис. 1. Длины связей комплекса $[\text{CoEn}_3]^{2+}$, Å

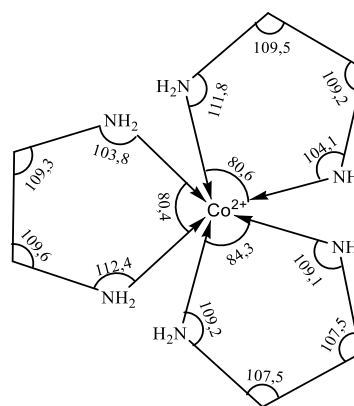


Рис. 2. Валентные углы комплекса $[\text{CoEn}_3]^{2+}$, °

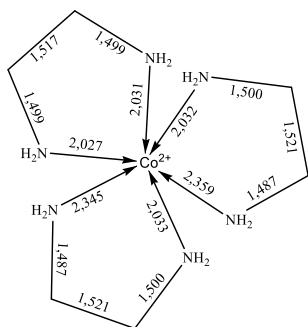


Рис. 3. Длины связей оптического изомера комплекса $[\text{CoEn}_3]^{2+}$, Å

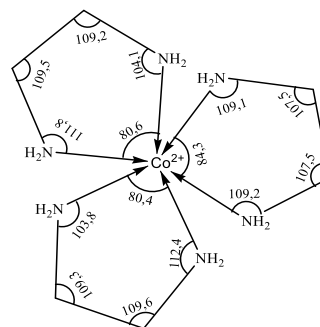


Рис. 4. Валентные углы оптического изомера комплекса $[\text{CoEn}_3]^{2+}$, °

Таблица 1

Термохимические параметры комплексных катионов $[\text{CoEn}_3]^{2+}$

	$[\text{CoEn}_3]^{2+}$ (1)	$[\text{CoEn}_3]^{2+}$ (2)
ΔH , а. е	-1943,8526	-1943,8938

Выявлено, что катион триэтилендиаминкобальта(II) (2) устойчивее катиона триэтилендиаминакобальта (1) на 25,9 ккал/моль.

Проверив длины связей при изменении угла вращения комплексного катиона $[\text{CoEn}_3]^{2+}$, приступили к определению геометрического строения комплексного аниона $[\text{CoNTA}]^-$. Получили следующие вычисленные валентные углы и длины связей, представленные на рисунках 5 и 6.

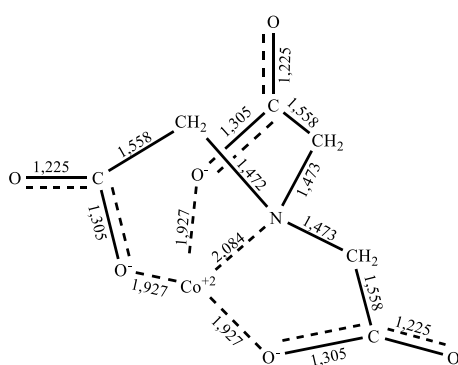


Рис. 5. Длины связей комплекса $[\text{CoNTA}]^-$, Å

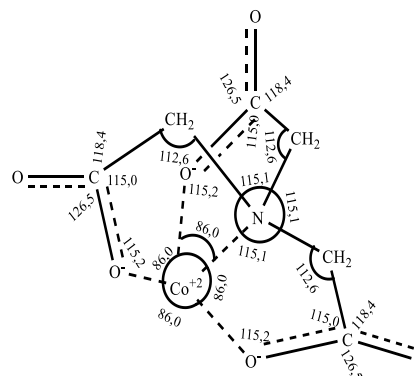


Рис. 6. Валентные углы комплекса $[\text{CoNTA}]^-$, °

После оптимизации в комплексной частице $[\text{CoNTA}]^-$ прослеживаются пятичленные циклы, которые обуславливают устойчивость соединения. Так же можно увидеть, что комплекс на самом деле имеет тетраэдрическое строение, при том наблюдается отклонение углов C-N-Co от правильной тетраэдрической формы на 8°.

Следующим этапом наших исследований стал расчет длин связей и валентных углов комплексной частицы $[\text{CoEnNTA}]^-$. Геометрические параметры молекулы изображены на рисунках 7 и 8.

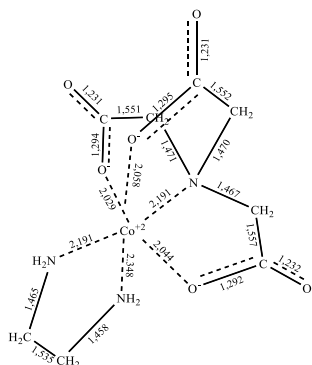


Рис. 7. Длины связей комплекса $[\text{CoEnNTA}]^-$, Å

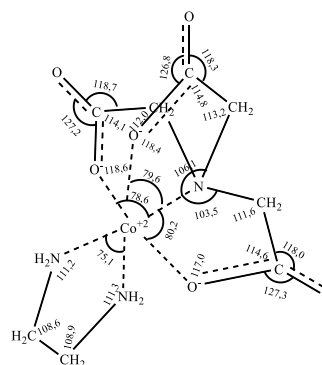


Рис. 8. Валентные углы комплекса $[\text{CoEnNTA}]^-$, °

После расчета, в геометрии комплексной частицы происходит изменение длин связей Co–O до 2,058 Å и Co–N до 2,191 Å. В литературных данных (табл. 2) связи Me–N и Me–O в комплексных соединениях с органическими лигандами равны примерно от 1,957 Å до 2,398 Å и от 2,084 Å до 2,335 Å.

Таблица 2

Длины связей комплексной частицы [CoEnNTA][–]

Связь	[CoEnNTA] [–]	Лит. данные [1]
Me–O	2,029–2,058	1,957–2,398
Me–N	2,191–2,348	2,084–2,335

Следовательно, можно сделать вывод, что экспериментальные значения хорошо согласуются с литературными данными.

Большинство комплексных соединений Co(II) имеет октаэдрическую структуру. В оптимизированной молекуле искажение углов от правильного октаэдра составляет от 9,8° до 14,9°.

Таблица 3

Длины связей комплексных частицы [CoNTA][–] и [CoEnNTA][–]

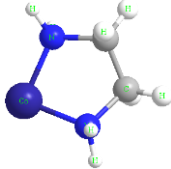
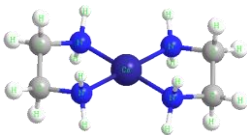
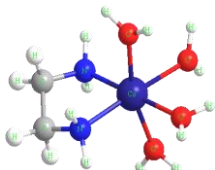
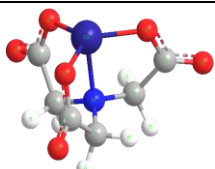
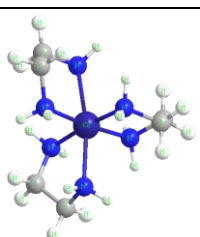
Связь	[CoNTA] [–]	[CoEnNTA] [–]
Me–O	1,927	2,029–2,058
Me–N	2,084	2,191–2,348

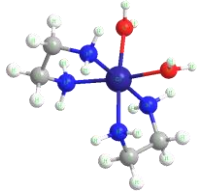
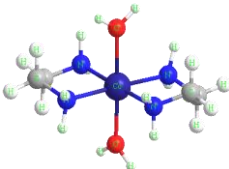
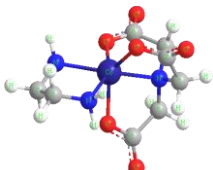
При сравнении длин связей Co–O и Co–N в [CoNTA][–] и [CoEnNTA][–] (табл. 3), можно отметить, что эти связи длиннее в [CoEnNTA][–] по сравнению с [CoNTA][–], что, возможно, вызвано стерическим фактором.

Для выбора более устойчивого комплекса методом DFT/B3LYP в базисе 6-31G(d) мы рассчитали энергию стабилизации различных комплексных частиц, расчетные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4

Энергия стабилизации различных комплексных частиц (B3LYP 6-31G(d))

Молекула	Структура	E, ккал/моль
	[CoEn] ²⁺	42,3
	[CoEn ₂] ²⁺	71,4
	[CoEn(H ₂ O) ₄] ²⁺	98,8
	[CoNTA] [–]	101,3
	[CoEn ₃] ²⁺	102,2

Молекула	Структура	Е, ккал/моль
	<i>цис</i> - $[\text{Co}(\text{En})_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$	107,3
	<i>транс</i> - $[\text{Co}(\text{En})_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$	113,5
	$[\text{CoEnNTA}]^-$	136,6

Исходя из полученных данных, можем сделать вывод что весьма стабильной молекулой является комплексная частица $[\text{CoEnNTA}]^-$. Ее энергия составляет 136,6 ккал/моль. Так же устойчивость данного комплекса подтверждает наличие четырех пятичленных циклов, так как с ростом числа циклов устойчивость комплекса увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мурзаева В. Ю. Изучение геометрического строения комплекса меди(II) с нитрилотриуксусной кислотой // Студенческая наука и XXI век. 2020. Т. 17. № 1 (19). С. 132–135.
2. Корнев В. И. Гетеролигандные комплексы кобальта (II) с нитрилотриуксусной кислотой и дикарбоновыми кислотами // Вестник Удмуртского университета. Серия Физика и химия. 2008. № 2. С. 65–72.

Получение 3-нитро-4-метоксибензойной кислоты

Вохмякова А. Д., студ.4 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
nnyta1457@mail.com

Нитропроизводные бензойной кислоты находят большое применение в синтезе лекарственных средств, а также широко распространены в качестве полупродуктов в органическом синтезе [1]. Примером такого производного служит 3-нитро-4-метоксибензойная кислота [2]. Она является полифункциональным производным и имеет две функциональные группы [3]. Поскольку соединение вызывает большой интерес, главной задачей стало его получение и оптимизацией данных методик.

Стадии синтеза. В рамках данного синтеза была определена стратегия, которая включает в себя следующие превращения (рис. 1).

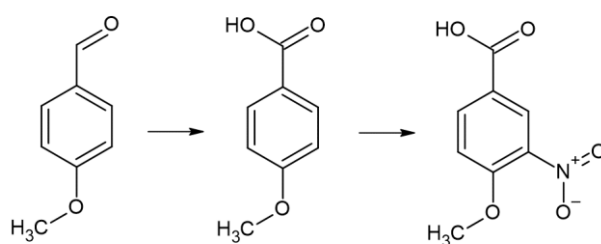


Рис. 1. Схема синтеза

Стадия I. Получение 4-метоксибензойной кислоты. Первой частью работы стало получение 4-метоксибензойной кислоты по стандартной методике окисления альдегидов [4]. Синтез вели по следующей схеме (рис. 2).

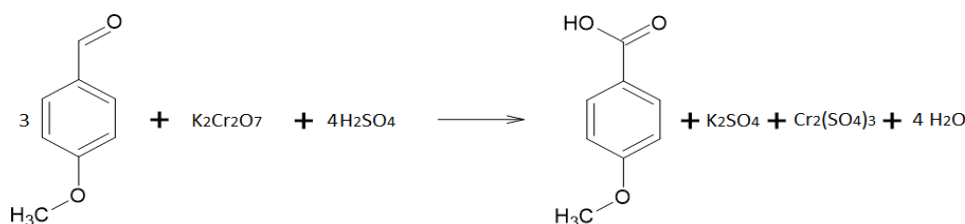


Рис. 2. Получение 4-метоксибензойной кислоты

Небольшое количество дихромата калия подкислили серной кислотой и прилили такое же количество анисового альдегида. Реакция проходила при комнатной температуре в течение 2 часов. По истечении реакции продукт охладили и оставили на воздухе. Далее выпавший осадок промыли н-гексаном, отфильтровали и перекристаллизовали с изопропанолом. После полного осушения сняли его температуру плавления, она составила 184–185 °С, что соответствует температуре плавления анисовой кислоты или 4-метоксибензойной кислоты по литературным данным. Выход реакции составил 75 %.

Стадия II. Получение 3-нитро-4-метоксибензойной кислоты. Синтез 3-нитро-4-метоксибензойной кислоты вели в системе азотная кислота-серная кислота по следующей схеме (рис. 3).

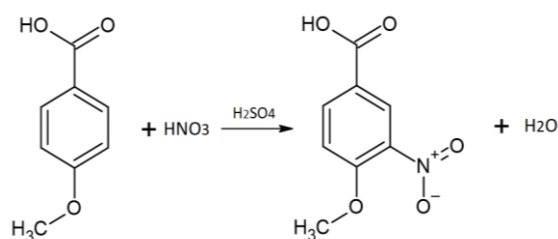


Рис. 3. Получение 3-нитро-4-метоксибензойной кислоты

В сосуд для нитрования добавили небольшое количество 4-метоксибензойной кислоты и избыток концентрированной серной кислоты, далее при быстром перемешивании прикапывали нитрующую смесь. Реакцию проводили при температуре -5 °С в течение 3 часов. Полученный продукт оставляли стоять на холоде в течение часа. Выпавший осадок отфильтровывали и перекристаллизовывали с изопропанолом. Далее сняли температуру плавления данного продукта, которая составила 194–195 °С, что соответствует температуре плавления 3-нитро-4-метоксибензойной кислоты по литературным данным. Выход реакции составил 67 %.

Выполнив основную задачу, то есть получив 3-нитро-4-метоксибензойную кислоту, возникла новая цель, а именно – оптимизировать методики получения 3-нитроанисовой кислоты и увеличить выход данной реакции. Поскольку нитрующая смесь выступает как окислитель, а азотная кислота в последствии применяется как нитрующий агент, возникло предположение успешного проведения двух реакций одновременно (рис. 4).

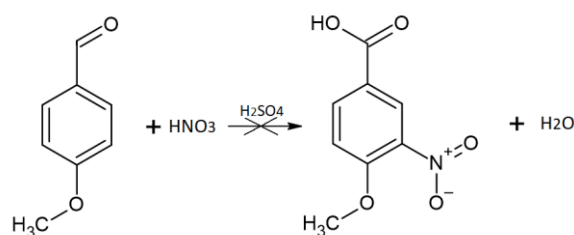


Рис. 4. Получение 3-нитро-4-метоксибензойной кислоты

В реакционный сосуд поместили 4-метоксибензальдегид и прилили избыток серной кислоты, далее при постоянном перемешивании прикапывали нитрующую смесь. Реакцию проводили при температуре -5°C несколько раз с разными интервалами по времени. По истечении реакции продукт оставляли на воздухе. Далее кристаллический осадок промывали н-гексаном, отфильтровывали и перекристаллизовывали с изопропанолом. После полного осушения продукты реакций сравнили на ТСХ и пришли к выводу, что при трехчасовом нитровании реакция проходит с максимальным выходом. Выход реакций составил 62 % и 78 % при двухчасовой и трехчасовой продолжительности соответственно. Увеличение времени реакции не приводило к увеличению выхода. Температура плавления продуктов составила $184^{\circ}\text{C} - 185^{\circ}\text{C}$, что соответствует температуре плавления анисовой кислоты по литературным данным. Осуществить задуманный синтез не удалось, возможно реакция требует дальнейшего изучения.

Была получена 3-нитро-4-метоксибензойная кислота по задуманной схеме превращения, оптимизация методики не привела к успешному выходу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Li Y. et al. Synthesis of novel substituted N-aryl benzamides as hA3G stabilizers and their inhibitory activities against hepatitis C virus replication // *Acta Pharmaceutica Sinica B*. 2013. Т. 3. № 5. С. 312–321.
2. Froelicher V., Cohen J. B. CXCVII. – The nitro- and amino-derivatives of o- and p-methoxybenzoic acids and of α - and β -methoxynaphthoic acids // *Journal of the Chemical Society, Transactions*. 1922. Т. 121. С. 1652–1660.
3. Kumar P. et al. Synthesis and antitubercular activities of substituted benzoic acid N'-(substituted benzylidene/furan-2-ylmethylene)-N-(pyridine-3-carbonyl)-hydrazides // *European journal of medicinal chemistry*. 2010. Т. 45. № 12. С. 6085–6089.
4. Данилин А. А., Пурыгин П. П. Окисление органических соединений: учеб. пособие / Самар. гос. ун-т. Самара, 2015. 16 с.

Влияние анионных ПАВ на поглощение катионов свинца органоглинами

Герцен М. М., м.н.с., ассистент

Переломов Л. В., канд. биол. наук, доц.

Бурачевская М. В., канд. биол. наук, зав.лаб.

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула
mani.gertsen@gmail.com

Среди тяжелых металлов свинец является одним из наиболее распространенных загрязнителей почвы и подземных вод. Кроме того, он является токсичным металлом, канцерогеном, отрицательно влияющим на нервную систему человека и вызывающим большое количество заболеваний [1]. Поэтому для очистки большого количества загрязненной почвы и подземных вод от катионов свинца необходима разработка экономически эффективных и экологических технологий. Для удаления тяжелых металлов, таких как свинец, никель и медь, из водной фазы и почв были предложены различные технологии очистки, такие как сорбция, осаждение и электрохимические реакции [2; 3]. Среди данных технологий адсорбция считается экономически эффективным методом очистки больших объемов сточных вод, содержащих низкие уровни загрязняющих веществ, или для очистки металлзагрязненных грунтов. Кроме того, в отличие от других химических реакций, таких как окислительно-восстановительные и фотокаталитические реакции, адсорбция не приводит к образованию побочных продуктов, которые могут быть токсичными или вызывать вторичное загрязнение. В последнее время предложены различные типы сорбентов с высокой селективностью и сродством к целевому тяжелому металлу: модифицированный ПАВ цеолит [3], бентонитовые глины [4], биочар [5]. В данном исследовании изучалась сорбционная способность по отношению к катионам бентонитовых глин, модифицированных анионным ПАВ.

В качестве минерала группы смектита был использован бентонит Саригюхского месторождения (Армения, компания BentoGroupMinerals), характеризующийся следующим оксидным составом: SiO_2 – 58,3 %, Al_2O_3 – 14,3 %, Fe_2O_3 – 4,4 %, MgO – 3,6 %, Na_2O – 2,3 %, K_2O – 1,2 %, CaO – 2,1 %. Емкость катионного обмена минерала составляет 105 мг экв/100. Амфотерные ПАВ, использованные для модификации бентонита – кокоамфодиацетата динатрия. Адсорбцию катионов свинца органоглинами проводили в статических сорбционных экспериментах. Концентрация модельного раствора тяжелого металла составляла от 0,4 мМ до 4 мМ, соответственно 20 мМ/кг–200 мМ/кг. Эксперименты проводили в среде электролита – 0,01 М KNO_3 при pH 5. Концентрацию

катионов свинца в жидкой фазе определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией проб на спектрометре Analytic Jena ContrAA® 800.

Для получения сорбционной характеристики изучаемых модифицированных органогилин строили графическую зависимость в координатах $C_p - C_{ад}$; где C_p – равновесная концентрация катионов свинца в растворе, мг/л; $C_{ад}$ – удельное содержание катионов свинца в фазе сорбента, мг/г. Данные аппроксимировали уравнениями Ленгмюра и Фрейндлиха (уравнение 1, 2).

Двухпараметрическое сорбционное уравнение Ленгмюра (1):

$$C_{ад} = C_{\infty} \frac{K_L C_p}{(1 + K_L C_p)} \quad (1)$$

где $C_{ад}$ – количество поглощенных катионов, мг·г⁻¹;

C_{∞} – величина максимальной адсорбции катионов свинца, мг·г⁻¹;

K_L – константа Ленгмюра, л·мг⁻¹;

C_p – концентрация катионов свинца в равновесном растворе, мг·л⁻¹.

Двухпараметрическое сорбционное уравнение Фрейндлиха (2):

$$C_{ад} = K_F C_p^{1/n} \quad (2)$$

где $C_{ад}$ – количество поглощенных катионов, мг·г⁻¹;

K_F – константа Фрейндлиха, л·г⁻¹;

C_p – концентрация катионов свинца в равновесном растворе, мг·л⁻¹.

$1/n$ – эмпирический показатель степени.

Изотермы адсорбции катионов свинца исходной и модифицированной амфотерным ПАВ формами бентонита (рис. 1) относятся к L-форме по классификации [6].

Установлено, что сорбирующая поверхность глин неоднородна и обладает несколькими типами сорбционных центров, отличающихся сродством к адсорбирующимся катионам свинца и величинами максимальных адсорбций. При низких значениях концентрация форма изотерм адсорбции свидетельствует о том, что прочность связывания адсорбата с адсорбентом достаточно велика. С увеличением количества катионов свинца происходит снижение наклонной поверхности кривой относительно оси абсцисс, то есть снижается количество адсорбированных катионов свинца, связанных с глинами.

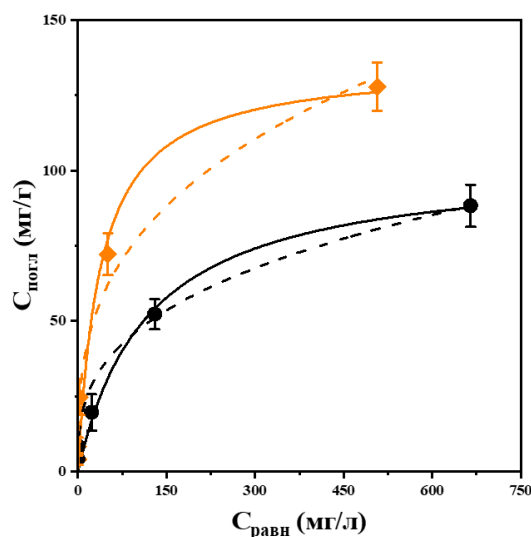


Рис. 1. Изотермы адсорбции катионов свинца на исходном бентоните (черный цвет) и на модифицированном кокоамфодиацетатаом динатрия бентоните: сплошной чертой – изотерма Ленгмюра, прерывистой чертой – изотерма Фрейндлиха

Начальная стадия процесса сорбции характеризуется избытком функциональных групп адсорбента, доступных для связывания с катионом свинца, при этом концентрация свинца в растворе достаточно велика. Далее, приближаясь к равновесию, функциональные группы сорбентов становятся занятыми катионами металлами. Заполнение поверхности сорбента затрудняется из-за сил отталкивания между ионами адсорбата, связанными на адсорбенте, и ионами металла, присутствующими в растворе [7].

Полученные по уравнениям Ленгмюра и Фрейндлиха сорбционные параметры представлены в таблице 1. Коэффициенты корреляции имеют высокие значения, что говорит о применимости выбранных уравнений для описания полученных изотерм сорбции.

По величине максимальной адсорбции катионов свинца (C_{∞}) исследуемые сорбенты расположены в ряду: Органоглина, модифицированная кокоамфодиацетатом динатрия > исходный бентонит. Параметр K_d , характеризующий прочность связи между ионом свинца и функциональными центрами на сорбирующей поверхности, убывает в ряду: органоглина, кокоамфодиацетат динатрия > бентонит.

Таблица 1

Параметры уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха изотерм адсорбции катионов свинца исходной и модифицированной формой бентонита

Уравнение Ленгмюра			
Сорбент	C_{∞} , мг·г ⁻¹	K_d , л·мг ⁻¹	R ²
Бентонит	103,31±10,12	0,008±0,003	0,981
Органоглина, кокоамфодиацетат динатрия	135,55±13,31	0,026±0,011	0,972
Уравнение Фрейндлиха			
Бентонит	10,00±2,76	0,34±0,05	0,981
Органоглина, кокоамфодиацетат динатрия (5)	17,30±4,21	0,33±0,04	0,978

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания по теме: «Имобилизация тяжелых металлов продуктами взаимодействий слоистых силикатов с почвенным органическим веществом и микроорганизмами» (Соглашение № 073-00033-24-01 от 9.02.2024, заключенное с Минпросвещения России).

ЛИТЕРАТУРА

1. Chen Y., Wang J., Shi G., Sun X., Chen Z., Xu S. Human health risk assessment of lead pollution in atmospheric deposition in Baoshan District, Shanghai // *Environmental Geochem Health*. 2011. Vol. 33. Pp. 515–523.
2. Panias D., Giannopoulou I. P., Perraki T. Effect of synthesis parameters on the mechanical properties of fly ash-based geopolymers // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2007. Vol. 301 (1–3). Pp. 246–254.
3. Neupane G., Donahoe R. J. Attenuation of trace elements in coal fly ash leachates by surfactant-modified zeolite // *Journal of hazardous materials*. 2012. Vol. 229. Pp. 201–208.
4. Azhar U., Ahmad H., Shafqat H., Babar M., Munir H.M.S., Sagir M., Arif M., Hassan A., Rachmadona N., Rajendran S., Mubashir M., Khoo K. S. Remediation techniques for elimination of heavy metal pollutants from soil: A review // *Environmental Research*. 2022. Vol. 214 (4). P. 113918.
5. Бурачевская М. В., Минкина Т. М., Бауэр Т. В., Северина В. И. Влияние биочара на адсорбционную способность чернозема обыкновенного при загрязнении медью // *Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем*. 2021. С. 343–346.
6. Джайлс Ч., Инграм Б., Клюни Дж., Ликлема Я. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел. М.: Мир, 1987. С. 488.
7. Futralan C. M., Kan C. C., Dalida M. L., Hsien K. J., Pascua C., Wan M. W. Comparative and competitive adsorption of copper, lead, and nickel using chitosan immobilized on bentonite // *Carbohydrate polymers*. 2011. Vol. 83 (2). Pp. 528–536.

Без светоча науки и с нефтью будут потемки

Горохова П. А., студ. 1 курса

Науч. рук. – Парсаева Д. Д., препод..

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

«Без светоча науки и с нефтью будут потемки», – эту знаменитую фразу произнес великий русский ученый Дмитрий Иванович Менделеев. За всю свою жизнь он внес огромный вклад в научное, а также в экономическое развитие страны. В годы Д. И. Менделеева в России активно начали открывать месторождения нефти. Но найти нефть было мало, нужно было еще ее правильно, без потерь, извлечь и доставить на завод. Кроме того, нефть необходимо было переработать в сырье, пригодное для использования людьми в повседневной жизни. В дальнейшем увеличение объемов переработки нефти приведет к большому спросу как на саму нефть, так и на ее производные. В результате чего начнется рост экономики страны, выход ее на мировой рынок.

Чтобы грамотно подойти к успешному развитию нефтяной промышленности, в 1863 году к Д. И. Менделееву, как к опытному экономисту и химику, обращается петербургский миллионер Василий Александрович

Кокорев. Он строит на Кавказе первый нефтеперегонный завод. Все бы ничего, но дела идут не очень, поэтому нефтепромышленник и приглашает молодого химика Д. И. Менделеева, чтобы тот посетил заводы по производству осветительных масел из нефти.

После своего визита на производство, Д. И. Менделеев дает рекомендации по вопросам переработки нефти, ее транспортировке, изготовлению тары. Это приводит к тому, что через год Кокорев получает чистый доход в более чем 200 тысяч рублей.

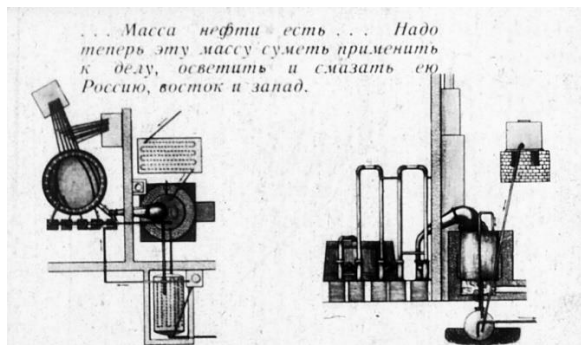


Рис. 1 Часть чертежа оригинального аппарата для непрерывной перегонки нефти, созданного Д. И. Менделеевым

Как можно заметить, вопрос с использованием нефти в те годы стоял также остро, как и сегодня. Россия постепенно выходила на мировой нефтяной рынок, причем не с чистой нефтью, а с продуктами ее переработки: керосином, парафином и газом.

В то время как во всем мире уже получали производные нефти, такие как керосин, Россия отставала в развитии нефтеперерабатывающей промышленности. А все почему? Потому что в России заводы стали появляться намного позже, чем на Западе. Человеком, который предложил наиболее эффективный метод переработки нефти – является, конечно же, Д. И. Менделеев. Для получения осветительных материалов, он описал метод, в основе которого лежит принцип дробной переработки –

процесс, сопровождающийся разделением смеси на несколько фракций с разными пределами выкипания.

Способ, предложенный Дмитрием Ивановичем, давший возможность выделить легкие части бакинской нефти, а именно парафины, керосины, светильный газ, и некоторые другие компоненты нефти, позволил выйти России на мировой рынок и составить конкуренцию Западу. На сегодняшний день, первичная переработка нефти строится, как предлагал Д. И. Менделеев, на принципе дробной переработки для получения разных видов фракций, над которыми осуществляется потом дополнительная (вторичная) переработка.

Д. И. Менделеев направил свои труды и на поднятие экономики России. Так как значительной доход приносила нефть и ее производные, великий ученый уделил особое внимание развитию нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, он первым изучил все преграды, которые замедляли добычу и переработку нефти, а также указал властям и предпринимателям на то, что разработка должна вестись на основе научных данных.

На основании своих исследований, Д. И. Менделеев предложил следующее:

1. Чтобы затрачивать капиталы на пробное бурение, усовершенствование технологий и т. п., нужно отменить нефтяные откупы, которые сдавало Российское правительство за определенную сумму отечественным и иностранным предпринимателям, для увеличения казенных доходов.
2. Отменить акциз на керосин. Вводя акциз, казна рассчитывала получать большие доходы от производства керосина, не задумываясь о последствиях «новшества». Налог брали поденно, с объема кубов, поэтому на заводах через эти объемы стали перегонять ежедневно, как можно больше нефти, вынуждено сокращая время перегонки. Из-за ускоренной перегонки пошел керосин плохого качества, который плохо горел
3. Керосиновым заводчикам желательно иметь дешевую нефть, и заботиться о том, чтобы сбыт сырой нефти, не расширялся, тогда как для нефтедобывателей как самостоятельных деятелей желательно конечно иметь для нефти наивысшую ценность.
4. Осуществлять непрерывную перегонку, при которой куб все время должен иметь постоянную определенную температуру и при этом очевидно, что во много раз возрастает сохранность куба.
5. Построить школы для образования тех мастеров бурового дела, которые бакинцам столь необходимы.
6. Устроить от нефтяных колодцев к заводу и от завода к морю особые трубы для проведения нефти как на завод, так и на морские суда, в которые керосин и нефть должны поступать наливом, то есть в особые резервуары кораблей.
7. Устроить около Нижнего большого завода для переработки сырой нефти на разные продукты, затем, что в Центральной России можно найти хороший сбыт не только керосину, но и всяким другим нефтяным продуктам.
8. Строить заводы стоит близ центров потребления, а не в центрах сырого материала.
9. Стоит обратить внимание не только на месторождения Баку и Северного Кавказа, но и неизведанные месторождения на территории России, потому что за ними – будущее.
10. Отказаться от монополизма в этом деле, так как монополист не гарантирует ни благоразумного способа действия, ни успеха в сбыте нашей нефти за границей.

На основании выше перечисленных экономически важных предложений, был принят ряд судьбоносных для российской нефтяной отрасли. И уже по истечении тринадцати лет объем нефтедобычи увеличился более чем в 60 раз, что позволило России уверенно выйти в мировые лидеры нефтяной отрасли. Безусловно, Дмитрий Иванович Менделеев, великий российский ученый, сыграл решающую роль в становлении и развитии российской нефтяной и экономической промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тищенко В. Е., Младенцев М. Н. Дмитрий Иванович Менделеев, его жизнь и деятельность. // Университетский период 1861–1890 гг. Наука. 1993.
2. Менделеев Д. И. Сочинения. Т. X. Нефть // Издательство Академии наук СССР. 1949 г.

Изучение сорбции в системе « Zn^{2+} - полифепан - H_2O »

Градобоева Т. Е., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
tanechka.gradoboewa@yandex.ru

Целью настоящей работы явилось изучение закономерностей сорбции ионов цинка из водных растворов энтеросорбентом «Полифепан» производства ЗАО «Сайнтекс», основа которого представлена лигнином гидролизным. Ионы цинка являются наиболее распространенными загрязнителями в составе сточных вод гальванических производств. Ионы попадают, как правило, в результате процессов оцинковки различных изделий [0], на предприятиях горнорудной промышленности и ряда других производств. Попадание ионов цинка в природные водоемы приводит к угнетению и гибели гидробионтов [4]. Для очистки небольших по объему стоков в последнее время эффективно применение сорбционных, включая хемосорбцию. Отмечается также канцерогенная активность многих соединений цинка. ПДК ионов цинка в воде водных объектов составляет 1 мг/л ($1,5 \cdot 10^{-5} M$) [0].

Лигнин гидролизный – высокоэффективный энтеросорбент, природный полимер растительного происхождения, макропористый, получаемый путем глубокой переработки древесины хвойных пород. Сорбционная способность связана не только с развитой внутренней поверхностью, но и с наличием в его макромолекулах различных функциональных групп [5].

Концентрацию ионов цинка определяли фотометрически согласно [0] (рис. 1). С целью определения сорбционной емкости по отношению к ионам цинка и характера сорбционного процесса нами были получены изотермы из водных растворов сульфата цинка с начальными концентрациями катионов (C_0) от 10^{-6} до $10^{-1} M$ (рис. 2). Экспериментальные данные обрабатывали посредством пакета Excel.

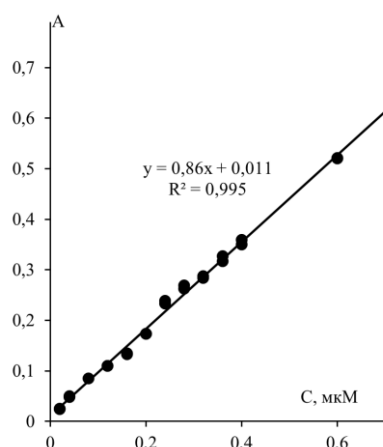


Рис. 1. Зависимость оптической плотности (A) от концентрации ионов цинка в растворе ($\lambda=540$ нм, $l=50$ мм)

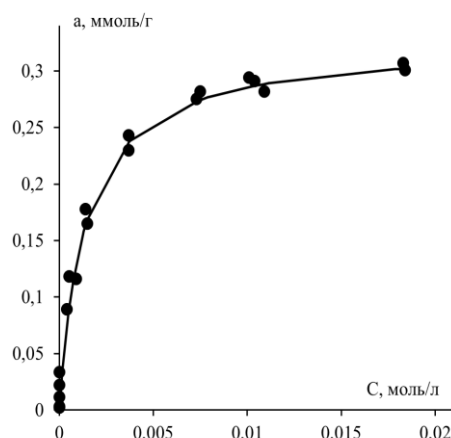


Рис. 2. Изотерма сорбции ионов цинка энтеросорбентом «Полифепан» из водных растворов ($t=20^\circ C$)

Экспериментальные изотермы в достаточно хорошей степени удовлетворяют линейным формам уравнений Ленгмюра и Дубинина-Радускевича 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 полиапсорбин, как оказалось, характеризуется достаточно высоким сродством к ионам свинца (II). Рассчитанная по обеим моделям величина a_0 для ионов цинка оказалась приблизительно равной 0,25 ммоль/г, что отвечает величине удельной поверхности энтеросорбента 63 м²/г. Значение параметра E_{eff} , оцененное в рамках модели Дубинина-Радushкевича, позволяет рассматривать в качестве преобладающего механизма сорбции – физическую сорбцию.

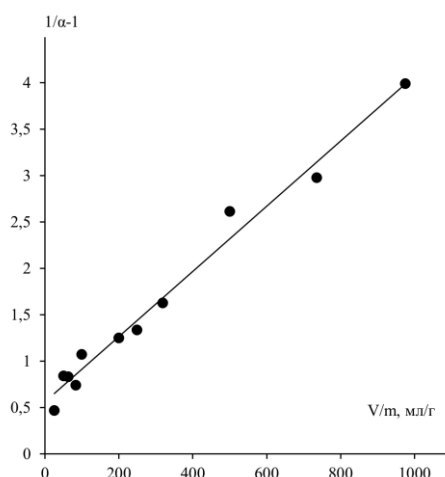


Рис. 3. Зависимость сорбции ионов Zn^{2+} из водных растворов от модуля раствор/сорбент в координатах $1/\alpha - 1$ от V/m

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 цинка. Обнаружено, что с ростом значения модуля, сорбционная емкость возрастает, а также высокие значения коэффициента детерминации линейной зависимости в координатах $1/\alpha - 1$ от модуля (α – степень извлечения) (рис. 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. ПНДФ 14.1:2.195-03 Количественный и химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов цинка в природных и очищенных сточных водах фотометрическим методом с сульфарсазеном. // М. : ФБУ «ФЦАО». 2012. С. 18.
2. Тарасенко Ю. А. Энтеросорбция как метод выведения из организма тяжелых металлов и радионуклидов / Ю. А. Тарасенко, И. И. Геращенко, Н. Т. Картель // Поверхность. 2014. № 6. С. 110–121.
3. Никифорова Т. Е. Физико-химические основы хемосорбции ионов d-металлов модифицированными целлюлозосодержащими материалами: дис. д-ра. хим. наук. // М: ФГБОУ ВПО «Ивановский гос. химико-технологический ун-т». 2014. С. 233–322.
4. ГН 2.1.5.1315-03. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурнобытового водопользования. М. : Минздрав России. 2003. С. 102.

Подходы к получению 3-аминоацетофенона

Дмитриева А. Е., студ. 4 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
an.dmi03@mail.ru

Получение аминокетофенона осуществляется восстановлением нитропроизводных. Реакция достаточно сложная, в частности известны литературные методы, предполагающие использование либо жидкого гидразина с катализатором палладием на угле, либо гидрирование водородом. В рамках нашей работы оба метода неприемлемы, поскольку водород требует больших технических оснащений, а гидразин сильно токсичен и взрывоопасен.

Возможной побочной реакцией является восстановление кетонной группировки, исходя из этого целесообразно подобрать методику, селективно восстанавливающую только нитрогруппу, либо использовать защитные группировки.

Как было сказано выше, восстановление нитрогруппы до аминогруппы в случае 3-аминоацетофенона является нетривиальной задачей, так как помимо получения целевого 3-аминоацетофенона может происходить параллельное восстановление кетонной группировки по схеме, представленной на рисунке 1.

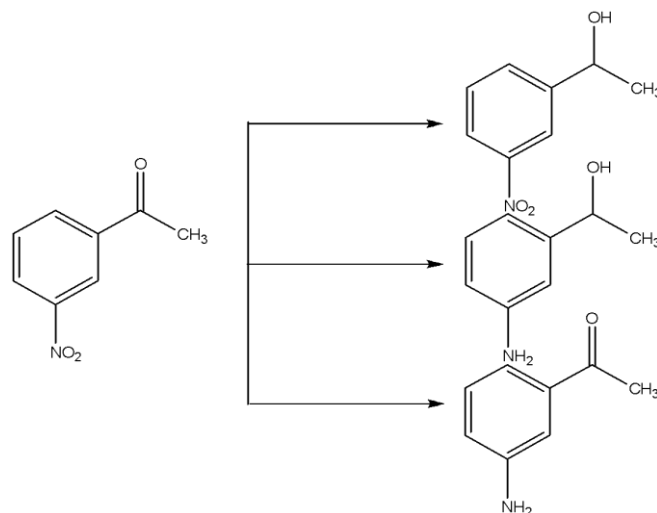


Рис. 1. Возможные пути протекания реакции

Известные методы в наших условиях недоступны, поэтому стала актуальна задача применения методики металл + кислота, как наиболее доступная в наших лабораторных условиях. Система металл + кислота является одной из самых широко распространенных систем в органической химии, предполагая мягкость проведения реакции, доступность и легкость применения. Восстановление металлами в растворах минеральных кислот невозможно остановить на промежуточной стадии, реакция всегда приводит к амину. Некоторой проблемой является сложность отделения от неорганической части и разрушение потенциальных комплексных соединений. Данная реакция имеет достаточно сложный механизм, который представлен ниже на рисунке 2, описанный в литературе [1].

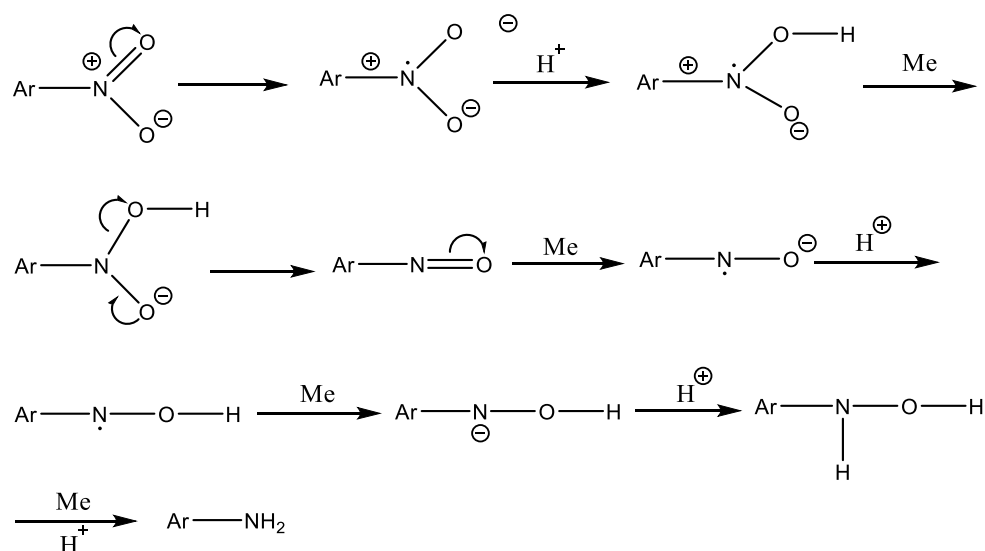


Рис. 2. Механизм реакции восстановления

Олово с соляной кислотой является самым распространенным методом, в частности проводили реакцию, ссылаясь на общую методику восстановления, представленную в литературе [2].

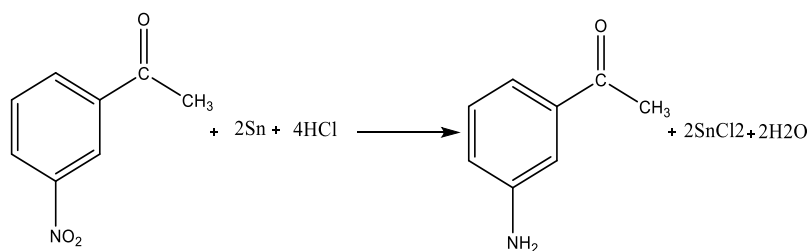


Рис. 3. Восстановление в системе олово + кислота

Из литературы известно, что для применения этой реакции необходимо использовать избыток олова (2,5–3-кратный). Навеску пара-нитроацетофенона растворили в 10 мл соляной кислоты и прибавляли 2,5–3-кратный избыток олова по количеству вещества. Реакция проходила при интенсивном перемешивании, в колбе, снабженной обратным холодильником, при температуре 60–70 °С, в течении 2–3 часов. Для контроля протекания реакции использовали ТСХ в системе 4:1 (CCl₄:C₃H₆O). Полученную смесь охладили, осадок отфильтровали на воронке Шотта. После высушивания осуществили контрольную проверку методом проверки температуры плавления и ТСХ, данные ТСХ показали одинаковые значения R_f=0,58, T_{пл.}=79–80 °С.

Температура плавления продукта совпадает с исходным веществом. Исходя из этого можно сделать вывод, что реакция не прошла. Данный результат может быть объяснен низким качеством олова.

Получив неудовлетворительный результат с порошкообразным оловом, принято решение модифицировать методику с помощью гранул. Реакцию проводили при тех же условиях. В результате по данным ТСХ получена смесь веществ, которую не удалось разделить, поэтому принято решение, что эта система не может применяться для получения целевого продукта.

Получив неудовлетворительный результат по методике, описанной выше, осуществили дополнительный поиск, изучив дополнительную методику, по которой может быть проведена данная реакция.

Из другого источника [3] была найдена следующая модификация, ее принципиальным отличием стало проведение реакции при кипении, уменьшение времени до 1–1,5 часов и последующим охлаждением. После истечения времени реакции и охлаждения до комнатной температуры в реакционной смеси выпал осадок, который был отфильтрован на воронке Шотта, для увеличения выхода фильтрат вылили в лед после чего наблюдалось дополнительное выпадение осадка. Полученный продукт высушили, промыли холодной водой и перекристаллизовали из изопропанола, выход составил 34 %, T_{пл.}=94–95 °С, по данным ТСХ зафиксировано новое пятно в системе 4:1 (CCl₄:C₃H₆O) R_f=0,53.

Таким образом с помощью данной методики нам удалось получить целевой продукт, он был сильно загрязнен, в следствие чего требовалось проведение неоднократной перекристаллизации, что сильно понизило выход, сделав реакцию неприемлемой, поэтому стала задача проверить другие системы, в частности систему хлорид олова + соляная кислота.

Реакцию проводили в соответствии с методикой, описанной ранее, существенным отличием стало использование вместо олова его хлорид.

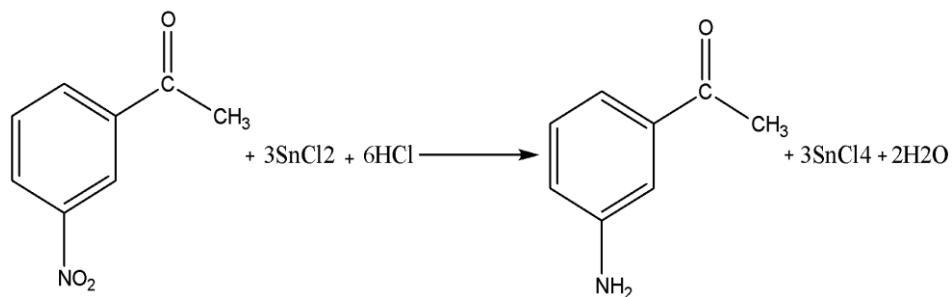


Рис. 4. Восстановление в системе хлорид олова + кислота

Выпавший осадок отфильтровали, маточный раствор нейтрализовали содой, но это не привело к выпадению дополнительного количества осадка. По данным ТСХ получена смесь веществ, которую не удалось разделить перекристаллизацией, из-за чего делаем вывод о бесперспективности данного направления.

Получив неудовлетворительный результат с хлоридом олова, мы перешли к следующей системе железо + кислота.

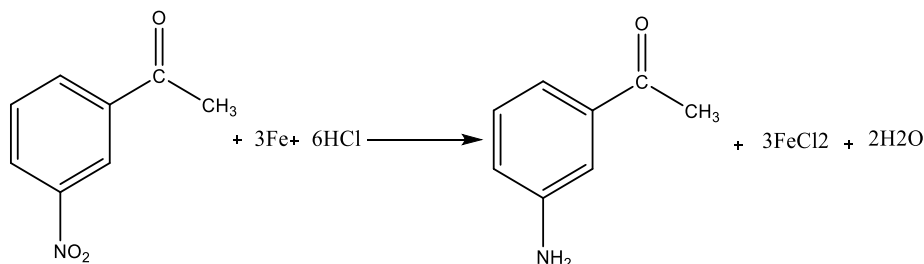


Рис. 5. Восстановление в системе железо + кислота

Методика проведения схожа с методикой восстановления в системе олово + кислота, а именно, реакцию проводили в колбе, снабженной обратным холодильником, при интенсивном перемешивании, при температуре кипения, в течении 1–1,5 часов. После охлаждения выпал осадок, по данным ТСХ получена смесь веществ, которую не удалось разделить.

Проведя несколько модификаций максимальный результат получен в системе с использованием оловянных гранул и кислоты, но даже эта система привела к очень низкому выходу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марч Д. Органическая химия. Реакции, механизмы и структура. Углубленный курс для университетов и химических вузов. В 4-х томах. М. : Мир. 1988. Т. 4. С. 321–322.
2. Сиггия С., Ханна Д. Г. Количественный органический анализ по функциональным группам. М. : Химия. 1983. С. 405–408.
3. Беккер Г., Бергер В. Органикум. В 2-х томах. М. : Мир. 2008. Т. 2. № 4. С. 224–226.

Получение и изучение свойств полиамидов на основе фталевого ангидрида

Долгушева Е. А., студ.4 курса

Науч.рук. – Павлов А. А., канд. хим.наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ekaterina.dolgusheva14.11@gmail.com

Полиамиды составляют лишь небольшой процент от общего производства пластмасс. Однако высокая прочность и ударостойкость данной группы полимеров, а также высокая химическая стойкость амидной связи обуславливают их исключительное положение. В настоящее время физика и химия полиамидов представляют большой раздел во всей науке о высокомолекулярных соединениях.

Способность амидной группы образовывать водородные связи определяет физико-химические свойства полимера. А наличие дополнительных функциональных групп в молекуле позволяет получать полиамиды с широким спектром различных свойств – от высокопрочных волокон до водорастворимых полиэлектролитов [1].

В данной работе была изучена возможность синтеза полиамидов небольшой молекулярной массы, с дополнительными группами в составе. В качестве способа получения была выбрана реакция между ангидридами кислот и полиаминами. Исходным сырьем служили фталевый ангидрид, а также этилендиамин, диэтилентриамин и триэтилентетрамин.

При использовании молекул с более чем двумя функциональными группами возможно образование сетчатых полимеров или же полимеров с избыточными функциональными группами в молекуле [2].

На первой стадии для получения полиамида были взяты твердый фталевый ангидрид и диэтилентриамин. Реагенты были взяты в различном мольном соотношении, которое варьировалось от 1:1 до 1:1,5. Исходные вещества были помещены в круглодонную колбу и нагревались в течение 2 ч при температуре 150°C. После окончания реакции смесь была выделена, очищена от исходных компонентов и высушена при температуре 100°C. Выходы составляли от 80 до 85%.

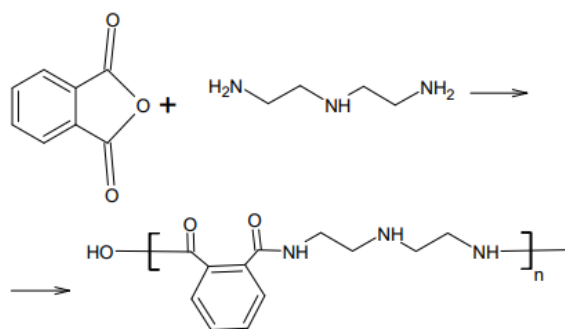


Рис. 1. Реакция взаимодействия фталевого ангидрида с диэтилентриамином

Увеличение температуры нагревания приводит к резкому изменению цвета полимера на более темный, что указывает на окисление молекул полиамина кислородом воздуха и дальнейшую невозможность участия в реакциях поликонденсации.

Полученные образцы мало отличаются друг от друга по внешнему виду, к тому же все растворимы в воде, что указывает на невозможность образования сетчатого полимера в данных условиях.

Для определения содержания свободных аминогрупп в полимере был выбран метод потенциометрического титрования. Для этого образец полимера был растворен в воде и оттитрован 0,1 М раствором соляной кислоты.

К сожалению, подобный подход не дал никаких результатов. Это может быть связано с целым рядом факторов:

- малая основность amino- и амидных групп;
- различное окружение аминогрупп, существенно влияющих на их основность;
- сильнополярный растворитель, которым является вода, может способствовать образованию молекулами полимера глобулярных частиц, что сильно затрудняет доступ к аминогруппам в цепи молекулы [3].

Чтобы нивелировать действие этих факторов было принято решение провести титрование в различных неводных средах.

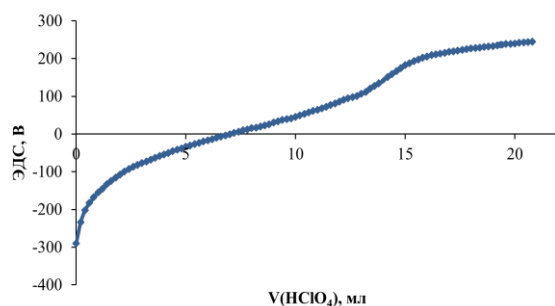


Рис. 2. Потенциометрическая кривая титрования раствора полимера в ДМФА 0,1М раствором хлорной кислоты в уксусной кислоте

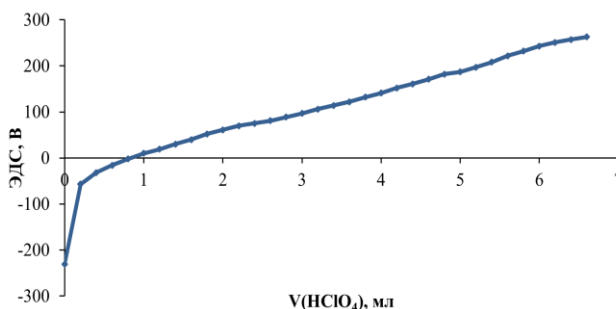


Рис. 3. Потенциометрическая кривая титрования раствора полимера в спирто-толуольной смеси 0,1М раствором хлорной кислоты в уксусной кислоте

В качестве растворителей были выбраны ДМФА и смесь «спирт-толуол». В качестве титранта – 0,1М раствор хлорной кислоты в безводной уксусной кислоте. Графики потенциометрического титрования приведены на рисунках 2 и 3.

Как видно из полученных зависимостей, приемлемым результатом можно считать лишь титрование в среде ДМФА. Содержание аминогрупп, рассчитанное таким способом, составляет 0,394 ммоль/г. Очевидно, что в число этих аминогрупп входят, как и концевые, так и находящиеся внутри главной цепи. Однако, несмотря на то, что диметилформамид не способен к образованию прочных водородных связей с аминогруппами полимера, в отличие от молекул воды, нельзя с уверенностью утверждать, что абсолютно все аминогруппы были доступны для титрования.

Однако, метод неводного титрования, при его дальнейшей совершенствовании, может применяться как весьма удобный способ для определения молекулярной массы полимера, его основности, а также для оценки реакционной способности аминогрупп с целью дальнейшей модификации молекулы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карсакова Е. В., Кравченко Т. П. Свойства и области применения полиамидов различных типов // Успехи в химии и химической технологии. 2008. Т. 22. № 5 (85). С. 10–12
2. Влияние строения полиамидов на их свойства. // Студенческий научный форум 2023. URL: <https://scienceforum.ru/2023/article/2018033538> (дата обращения: 07.02.2024).
3. Михайлин Ю. А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. СПб. : Профессия. 2006. С. 624.

Особенности процессов электрохимического никелирования изделий из алюминия, меди и стали

Жданова К. В., студ.2 курса

Науч. рук. – Смирнова Л. Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
zhdan4r@yandex.ru

В настоящее время изделия с никелевым покрытием широко используются в промышленности для металлизации печатных плат и конструктивных элементов.

Целью работы являлось изучение особенностей процесса электрохимического никелирования изделий из алюминия, меди и стали, определение кинетики реакций электролиза водных растворов, вычисление значений скорости осаждения никеля и толщины покрытия пластин.

Среди преимуществ электрохимического никелирования важно то, что применяемые электролиты при соблюдении pH могут использоваться долгое время без дополнительных корректировок, кроме этого сам процесс проходит при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, что позволяет увеличить его производительность.

Для изучения процесса электрохимического никелирования использовались детали, изготовленные из алюминия марок Д16, АД31, которые являются литейными сплавами. Кроме того, в работе применялись пластины из деформируемых или нетермоупрочняемых сплавов АМц, АМг2, АМг3, а так же были исследованы сплавы меди М1, М2 и стали Ст1, Ст5 [1; 4].

Эксперименты проводились в заводской лаборатории, оборудованной современными гальваническими ваннами, которые изготовлены из стали и полипропилена разных марок, используемых исходя из агрессивности среды, с учетом температурного режима.

Первым этапом подготовки пластин из алюминия являлось обезжиривание поверхности, для этого использовались растворы, в состав которых входят Na_2CO_3 – (20–30) г/л, Na_3PO_4 – (30–50) г/л и Синтанол ДС-10 – (3–5) г/л. Для сплавов из меди и стали в электролит обезжиривания дополнительно входит NaOH – (30–50) г/л. Температурный режим процесса составлял $(70 \pm 10)^\circ\text{C}$, при чем pH первого раствора поддерживался равным 9–10, а второго 11–13.

Время выдержки пластин в электролите выбирали по степени загрязненности поверхности образцов. Состав, применяемый для алюминиевых сплавов, является более щадящим, так при pH более 10,5 поверхность алюминия начинает разрушаться. Сталь является более коррозионно-устойчивой, особенно нержавеющая, именно поэтому для обезжиривания ее поверхности можно использовать более агрессивная среда. Основной проходящей реакцией в растворах является омыление (рис. 1).

После химического обезжиривания следует тщательно промыть пластины. Признаком полного очищения, явилось отсутствие следов масла, жиров и эмульсии, поэтому поверхность образцов должна полностью смачиваться водой. Следующим этапом подготовки было травление. Для стали время нахождения детали в гальванической ванне варьируется от одной минуты до пятнадцати минут, в зависимости от количества травильных шламов и окислов на поверхности. Для сплавов Ст1 и Ст5 использовали электролит состоящий из хлороводородной кислоты, йодистого калия и уротропина. Образцы из алюминия и медных сплавов следует внимательно погружать в электролиты, так как растворение поверхности происходит очень быстро, при этом время выдержки составляло от пяти до пятнадцати секунд [2; 5].

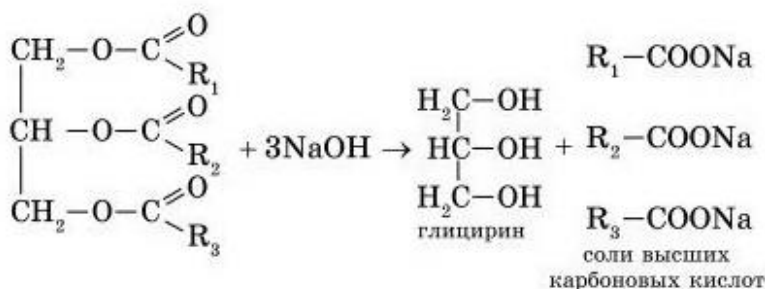


Рис. 1. Реакция щелочного гидролиза

Следует отметить при травлении алюминия на поверхности образовывался темный налет состоящий из оксида магния и кремния, поэтому сплавы такие как Д16 и АД31 осветляли в растворе азотной и фтористоводородной кислот, а для сплавов АМц, АМг2, АМг3 применяли раствор азотной кислоты. Для алюминиевых пластин важным этапом подготовки явилось также контактное осаждение цинка на достаточно деоксидационную поверхность. Цинкатную обработку проводили в два этапа с промежуточным снятием полученного металла. Признаком достаточной подготовки явилось получение серой однородной пленки без видимых темных и белых пятен. Для сплавов М1, М2, Ст1, Ст5 окончательным этапом подготовки явилась активация в растворе хлороводородной кислоты, после обработки в которой детали продолжительное промывались проточной водой и помещались в ванну никелирования. Для определения скорости осаждения никеля и толщины покрытия при определенной плотности тока, каждые 10 минут вынимался образец из гальванической ванны, тщательно промывался и подвергался термообработке 1–2 часа при температуре 160–180 °С [3].

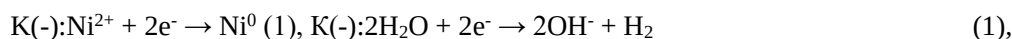
Процесс электрохимического никелирования проводился из раствора имеющего слабокислую среду, которая создавалась буферным раствором (табл. 1). Продолжительность эксперимента составляла 90 минут.

Таблица 1

Состав электролита электрохимического никелирования

Компоненты раствора	Состав электролита г/л
NiSO ₄	140–200
MgSO ₄	30–50
Na ₂ SO ₄	50–70
H ₃ BO ₃	25–30
NaCl	5–10
Плотность тока	0,3–0,8 а/дм ²
pH	4,5–5,5

В качестве катода применялись образцы из меди, алюминия и стали площадью 100см², а в качестве анода служил никель металлопрокатанный помещенные в чехлы из хлориновой ткани. Процессы, на катоде протекающие при электролизе в растворе состава №1, можно записать следующими уравнениями:



На аноде протекают следующие реакции:



Несмотря на образование [ОН⁻] – групп на катоде (реакция 1), гидроксид никеля не выпадает в осадок, по-видимому, этому препятствуют буферные компоненты, находящиеся в растворе. Поверхность пластин, полученная из электролита никелирования, имела ровную блестящую поверхность, независимо от основы образца [1].

Толщина покрытия каждой детали определялась несколькими методами: 1. Капельным – основан на растворении покрытия в течение определенного времени до появления признака окончания измерения (цветного пятна). 2. Рентгенофлуоресцентным – основан на анализе возбужденного с помощью радиоизотопного источника рентгеновского излучения, зависящего от основного металла.

Экспериментальные данные толщины покрытия никеля на разных металлах при плотности тока 0,3 а/дм² представлены на рисунке 2. Толщина покрытия, удовлетворяющая требованиям минимального количества никеля (6 мкм) на поверхности металлов, для выдерживания свойств покрытия достигалась за 90 минут.

Количество осажденного металла определялась в трех точках, капельным методом с использованием раствора состоящего из хлорного железа и сернокислой меди. Капля электролита помещалась на образец, выдерживалась 30 секунд и стиралась фильтровальной бумагой, до тех пор, пока не появилось розовое пятно на алюминии, и цвет металла на меди и стали. Данный метод является разрушающим, поэтому был задействован рентгенофлуоресцентный метод. Измерения проходили на анализаторе покрытия толщиномер X-STRATA 920.

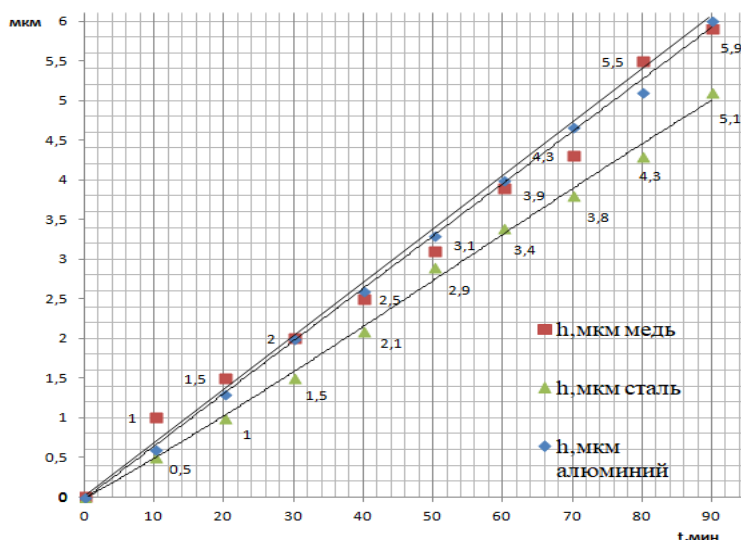


Рис. 2. График сравнения толщины покрытия никеля на разных металлах при $D=0,3 \text{ а/дм}^2$

Определение толщины покрытия капельным методом каждого образца определялась по формуле 1.

$$H = H_k (n - 0,5), \quad (1)$$

где H_k – толщина покрытия, снимаемая одной каплей раствора за 30 с, в зависимости от температуры, мкм; n – количество капель; H – толщина покрытия в микрометрах

Экспериментальные данные толщины покрытия никеля на разных металлах при плотности тока $0,8 \text{ а/дм}^2$ представлены на рисунке 3. Скорость осаждения металла оказалась в два раза больше. Поверхность получаемых пластин была ровного серого цвета, без матовых пятен и следов дефектов, но при длительном использовании следует каждые 20 минут встряхивать пластины для избегания питтинга. Он возникает при быстром осаждении металла без дополнительного «качания», на катоде в реакции выделения водорода на поверхности основного металла (реакция 2). Средние данные выхода по току для $D=0,8 \text{ а/дм}^2$ составило 62,96% и при $D=0,3 \text{ а/дм}^2 \eta = 52,31 \%$.

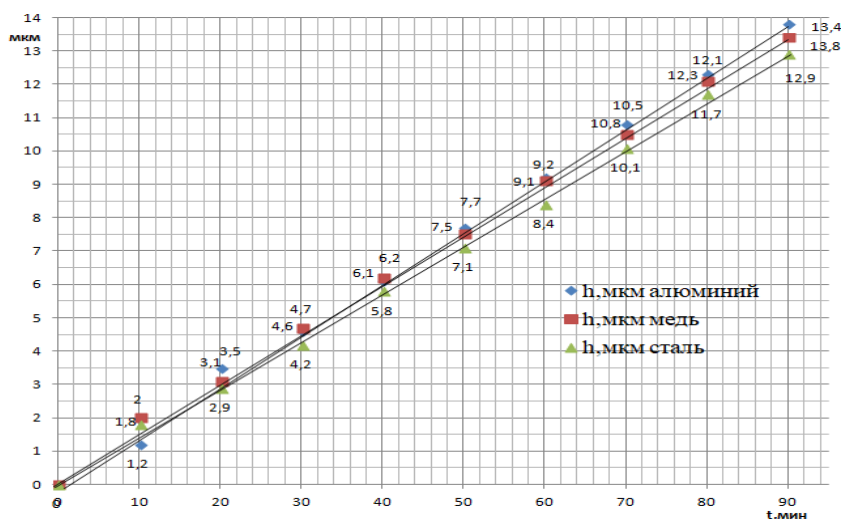


Рис. 3. График сравнения толщины покрытия никеля на разных металлах при $D=0,8 \text{ а/дм}^2$

Таким образом, изучение процессов электрохимического осаждения никеля на разных металлах позволяет сделать вывод, что никелирование деталей имеет линейную закономерность осаждения никеля при других плотностях тока. Металлопокрытие, получаемое в этих случаях, не имеет дефектов поверхности, и выдерживает дальнейшую термообработку и характеризуется высоким значением толщины покрытия пластины и скорости осаждения никеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еришова Т. В., Матюшин М. А., Юдина Т. Ф. Гальванические покрытия электроотрицательных металлов и сплавов : учеб. пособие Иван. гос. хим. - технол. ун-т. Иваново. 2018. С. 59.
2. Липовский В. В. Технологии формирования гальванических покрытий никелем из кислых электролитов для изделий приборостроения: автореф. дис. ... д.т.н. техн. наук: 05.11.14. Пенза. 2012. С. 19.
3. Крень А. П., Гнутенко Е. В., Кутепов А. Ю., Протасеня Т. А. Оценка толщины и внутренних напряжений в никелевых покрытиях // Приборостроение-2021. Белорусский национальный технический университет. 2021. С. 87–89.
4. Легкая Д. А., Соловьева Н. Д. Влияние предварительной обработки стали в потенциостатическом режиме на свойства электроосаждения никеля // Тамбов. 2017. С. 60.
5. Севостьянов А. К., Гончарова Ю. С., Юхневич С. С., Кириллов О. Н. Технология нанесения защитных покрытий на изделия ракетно-космической техники // Качество в производственных и социально-экономических системах. 2020. № 13. С. 349–352.

Химическое никелирование стекла с использованием альтернативного восстановителя

Жданова К. В., студ. 2 курса

Науч. рук. – Смирнова Л. Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
zhdan4r@yandex.ru

Химически осажденный никель получил большую распространенность в промышленности, он имеет ряд свойств, таких как микротвердость, износостойкость и коррозионная стойкость, изделия покрытые никелем широко используются в электронике, автомобилестроении и декоративных целях. Однако, при металлизации возникают технологические проблемы, которые связаны с тем, что практически все методы, используемые в промышленности, основаны на реакции восстановления никеля гипофосфитом натрия, поэтому существует потребность в создании новых методик.

Целью работы являлось химическое никелирование стекла с использованием альтернативного восстановителя в качестве которого был использован диоксид тиомочевины (ДОТМ).

Формамидинсульфин растворим в воде, и свежеприготовленный раствор имеет почти нейтральную среду, при стоянии кислотность увеличивается. Соединение очень быстро разлагается в кипящей воде, в щелочной среде вещество разлагается с образованием сульфоксиловой кислоты, которая так же обладает восстановительными свойствами [2]. Среди преимуществ диоксида тиомочевины важным является простота его получения. Формамидинсульфин образуется при взаимодействии тиомочевины с перекисью водорода в нейтральном водном растворе в температурном интервале от 273,15 до 283,15 °К, при перемешивании в течение 1 часа (рис. 1). Выделившееся в растворе вещество промывали этанолом. Высушивали в вакууме над серной кислотой.

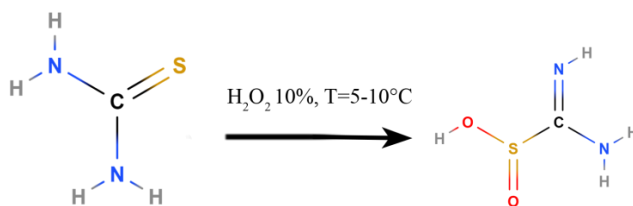


Рис. 1. Реакция окисления тиомочевины перекисью водорода

Степень чистоты полученного вещества определялась йодометрическим методом (реакции 1,2), результат составил 99,7 %.



Следующим этапом работы явилось подбор образцов металлизации. Для этого были взяты пластинки свинцового стекла марки М-0, которое применяется в различных спектрометрах в качестве зеркал и образцы химического боросиликатного стекла, которое используют в оплотехнике.

Стекло является диэлектриком, поэтому процесс электрохимического никелирования невозможен. Перед основным процессом покрытия изделия металлом, следует подготовить поверхность пластинки. Первым этапом явилось обезжиривание поверхности, оно проводилось в течение 1 часа в растворе 20% щелочи при добавлении поверхностно активных веществ и соды кальцинированной, затем образец промывался горячей

водой. Последующей подготовкой стекла было травление в 30% растворе гидроксида натрия на протяжении часа, что приводит к образованию гель слоя на поверхности диэлектрика. После данного этапа подготовки пластинки промывались в горячей воде, затем в воде комнатной температуры.

Следующим этапом обработки изделия явилась преактивация нитратом серебра в спирте, который осаждает частички серебра на образовавшуюся гель фазу.

Для свинцового стекла активатором является раствор коллоидной меди, процесс происходит 30–40 минут (табл. 1), а для боросиликатного – горячий прозрачный раствор хлорида олова и соляной кислоты (табл. 1). Активация идет в течение 30 минут затем, не промывая пластинку погружают ее в раствор, где проходит металлизация (табл. 2).

После предварительной подготовки происходит процесс химического никелирования в течение 5–15 минут на водяной бане. Восстановление никеля на поверхности стекла происходило в растворах с разным значением pH при этом цвет электролита во время процесса металлизации изменялся от голубого до зеленого (табл. 2).

Таблица 1

Электролиты активаторов стекла

Компоненты и условия		HCl	SnCl ₂	CuSO ₄	NaHB ₄	C ₃ H ₈ O ₃	Тем-ра (°C)	Время выдержки
Состав (г/л)	Активатор №1 (водный)	-	-	40	10	50	45-60	30-40
	Активатор №2 (водный)	1,5	20	-	-	-	60-80	30

Сравнивая процесс химического никелирования в электролитах, установлено, что химическая реакция 3 происходящая в растворах приведенных в таблице 2 практически одинаковая. При добавлении диоксида тиомочевин происходит разрушение аммиачного комплекса никеля и цвет меняется на темно-зеленый, затем ионы Ni²⁺ взаимодействуют с продуктом разложения восстановителя сульфосиловой кислотой и раствор темнеет. Данное вещество является устойчивым в щелочной среде, но реакция с никелем приводит к образованию сернистого газа и тиомочевин, что показано в реакции:



Для того что бы протекала реакция восстановления никеля, на поверхности стекла должен быть каталитический слой серебра и меди, которые снижают энергию активации восстановления никеля. Механизм металлизации предположительно происходит так, что при использовании преактиватора нитрата серебра, ионы абсорбируются в гель фазу, образуя первый слой решетки. Переноса стекло в активатор происходит явления изоморфизма, по этой причине ионы меди замещают серебро в кристаллической решетке. При восстановлении никеля диоксидом тиомочевин, ионы Ni²⁺ сначала заменяют ионы катализатора, затем при избытке металла, он сам достраивает решетку и происходит металлизация поверхности стекла.

Таблица 2

Составы электролитов химического никелирования

Компоненты и условия осаждения	Состав электролита, г/л			
	№ 1 [3]	№ 2 [2]	№ 3 [4]	№ 4 [2]
NiCl ₂ ·6H ₂ O	20,17	100	20,17	23,77
ДОТМ	10,8	240	10,8	21,6
ЭДТА		40		100
Ацетон		25		
Аммиачный буфер			100	
Температура, °C	25	25	25	25
pH	7,34	6-7	9,5	9
Время никелирования, мин	5-15	5-15	5-15	5-15

Меняя разное соотношение количества соли никеля и ДОТМ, можно получить покрытия черные, полублестящие и блестящие. При избытке восстановителя, реакция проходит быстро и на поверхности стекла образуется покрытие черного цвета, это означает, что осаждается мелкодисперсный никель. Проведя ряд экспериментов, уменьшая количество диоксида тиомочевин было установлено, что при недостатке процесс идет очень медленно.

Таким образом, установлены особенности осаждения никеля химическим способом в зависимости от состава электролита с применением диоксида тиомочевин. Изучалась кинетика процесса в зависимости от концентрации восстановителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang P. et al. Electroless nickel plating on alumina ceramic activated by metallic nickel as electrocatalyst for sulfur evolution reaction //Catalysis Communications. 2021. Т. 143. Pp. 102–123.
2. Макарова Е. В. Закономерности восстановления ионов никеля и кадмия диоксидом тиомочевины в условиях образования металлических покрытий на углеродном волокне // Иваново. 2015. С. 119.
3. Басуров В. А., Зазнобина Н. И. Химическая безопасность : учебное пособие. Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. 2016. С. 98.
4. Улахович Н. А., Бабкина С. С., Медянцева Э. П. [и др.]. Техногенные системы и химическая безопасность : учебное пособие. КФУ. 2012. С. 110.

Определения вредных веществ в атмосфере

Желонкина А. В., студ. 1 курса

Науч. рук. – Смирнова Л. Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Anastasiazelonkina55@gmail.com

Атмосферный воздух – это жизненно важный элемент окружающей среды. Главными источниками загрязнения, являются выбросы промышленных предприятий. Из всех природных сред, воздушная среда является наиболее подвижной, что приводит к быстрому распространению загрязняющих веществ на большие расстояния, в связи с этим так актуальны работы с их определением [1].

Исследуемыми веществами были оксиды азота (II, IV), которые применяются для изготовления азотной кислоты, окисляют жидкое ракетное топливо и производство серной кислоты, которые относятся к III и II классу опасности. Следующим веществом был оксид серы (IV), используется в качестве консерванта (пищевая добавка E220) и для приготовления серной кислоты, относится к III классу опасности.

Действие диоксида азота может привести к нарушению работы верхних дыхательных путей, а затем вызвать развитие бронхита, воспаления или отека легких. Оксид азота приводит к головной боли. Даже малые количества оксида серы (IV), которые мы вдыхаем, могут вызвать раздражение дыхательных путей, проявляющееся в виде кашля, насморка и хрипоты.

Если воздействие продолжительное, то это может привести к различным проблемам, таким как нарушения речи, чувство нехватки воздуха, отек легких. Также возможно повреждение ткани легких, но его проявления могут появиться только через несколько дней после воздействия.

Существующая глобальная проблема охраны окружающей среды, и ее решения невозможно без систематически эффективного контроля количества этих выбросов в биосферу. Поэтому так актуальны работы по контролю выбросов токсичных веществ атмосферу и разработке новых методик по определению их в воздухе.

Целью данной работы, было определить какая масса загрязняющих веществ, а именно SO_2 , NO , NO_2 , находится в атмосфере, в исследуемой промышленной зоне.

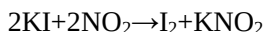
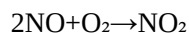
В качестве анализируемой зоны был выбран микрорайон «Интеграл», так как в данном месте находятся заводы, при работе которых, происходят выбросы данных веществ.



Отборы проб проводились с помощью поглотительного прибора Рыхтера, принцип, действия которого основан на поглощении определенного количества газа барботированного через раствор, причем для поглощения оксида серы (IV), применяется раствор формальдегида, для определения смеси оксидов азота (II, IV), с реактивом Грисса.

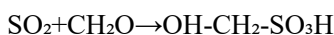
Определение смеси NO , NO_2 проводилось согласно нормативному документу «МУК 4.1.2473–09» «Измерение массовых концентраций оксида и диоксида азота в воздухе рабочей зоны по реакции с реактивом Грисса-Иловская методом фотометрии» [2].

Для определения содержания оксида азота (II) и оксида азота (IV) используется фотометрический метод, который основан на измерении оптической плотности азокрасителя (соль диазония) красно-розового цвета. Этот цвет образуется в результате реакции нитрита калия (KNO_2) с реактивом Грисса. Невозможно разделить эти оксиды друг от друга, поэтому они определяются как смесь [2].



Метод контроля SO_2 проводится по руководящего документа РД 52.04.822-2015. «Массовая концентрация диоксида серы в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим формальдегидопара-розанилиновым методом» [3].

Метод измерений основан на поглощении диоксида серы из воздуха раствором формальдегида с образованием гидроксиметан-сульфокислоты. При добавлении гидроксида натрия гидроксиметансульфокислота снова разлагается на формальдегид и серу (IV). Эти вещества при реакции с парарозанилином образуют соединение, по интенсивности окраски которого определяют содержание диоксида серы фотометрическим методом, на длине волны 580 нм, кювета 10 мм [3].



Для построения градуировочной характеристики для смеси NO_2 и NO был выполнен подбор длины волны (оптимальная длина 540 нм), а также выбрана кювета толщиной 20 мм.

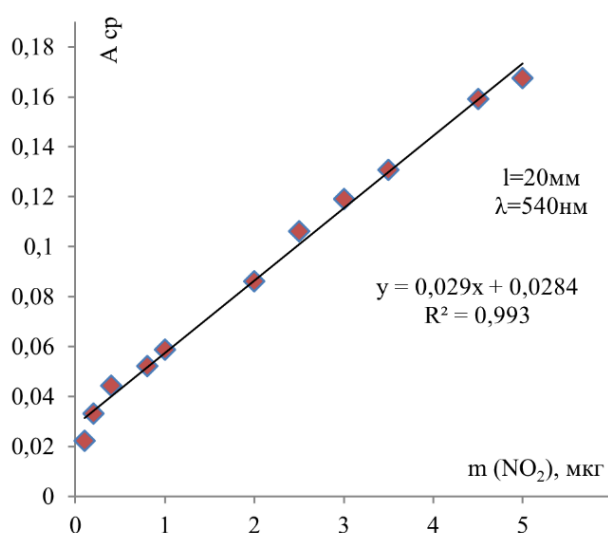


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от массы диоксида азота

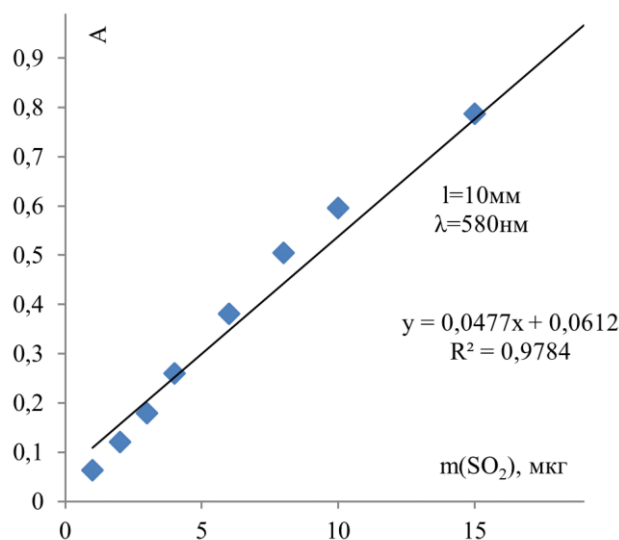


Рис. 2. Зависимость оптической плотности от массы диоксида серы

В пробирку отбирают исследуемое вещество, затем в каждую доливают 6 см³ 8 % иодида калия, перемешивают и приливают 2 см³ раствора реактива Грисса, раствор снова перемешивают. Одновременно с этим готовят две нулевые пробы, не содержащие определяемое вещество, через 20 минут измеряют оптическую плотность на длине волны 540 нм в кювете толщиной поглощающего слоя 20 мм.

Одновременно измеряют оптическую плотность нулевых проб, в качестве которых используется 5 см³ поглощающего раствора (рис. 1).

Используя данный график, определяем массу смеси NO_2 , NO в воздухе, который был отобран в микрорайоне «Интеграл», полученные данные представлены в таблице 1.

Предельно допустимая концентрация смеси NO_2 (NO) в воздухе: среднесуточная 40 (60) мкг, максимально разовая 85 (40) мкг. Сравнивая данные таблицы с величиной предельно допустимой концентрации можно сделать вывод, что содержания оксидов в атмосфере воздуха в пределах нормы.

Для построения градуировочной характеристики по SO_2 был выполнен подбор длины волны (оптимальная длина 580 нм) а также выбрана кювета толщиной 10 мм.

Для построения градуировочного графика отбирают по 5 см³ каждого раствора для градуировки, содержащего наше анализируемое вещество (SO_2), в каждую пробирку приливают по 0,2 см³ 0,6 %-й сульфаминовой кислоты, встряхивают и оставляют на 10 мин. Затем приливают 0,3 см³ раствора гидроксида натрия (4,5 моль дм³) тщательно перемешивают. Следующим этапом приливают 2 см³ раствора ПРА (или фуксин). Содержание пробирок энергично встряхивают и через 15 минут измеряют оптическую плотность раствора относительно воды.

Таблица 1

Содержание оксидов азота и серы в воздухе

Дата отбора пробы	Время отбора пробы	Место отбора проб	SO ₂	NO ₂
			Масса, мкг	Масса, мкг
06.10	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,327	1,303
	14:00		0,458	3,556
	19:00		0,327	1,232
08.11	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,376	1,303
	14:00		0,278	0,951
	19:00		0,408	2,958
07.12	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,359	1,127
	14:00		0,408	1,338
	19:00		0,539	1,127
26.01	7:00	Йошкар-Ола микрорайон «Интеграл»	0,621	1,373
	14:00		0,507	0,915
	19:00		0,686	1,197

Используя уравнение тренда, представленный на графике, вычисляем массу вещества диоксида серы в воздухе, который был отобран в микрорайоне «Интеграл», полученные данные представлены в табл. 1.

Предельно допустимая концентрация SO₂ в воздухе: среднесуточная 50 мкг, максимально разовая 500 мкг. Сравнивая данные таблицы с величиной предельно допустимой концентрации можно сделать вывод, что содержания диоксида серы в атмосфере воздуха в пределах нормы.

Таким образом, при выполнении данной работы по определению вредных веществ, а именно: оксида азота (II) (NO), оксида азота (IV) (NO₂), оксид серы (IV) (SO₂), в объектах окружающей среды. Проанализированы пробы воздуха, отобранные в промышленной зоне микрорайона «Интеграл». Установлено, что содержание данных веществ оксида азота (II), оксида азота (IV), оксид серы (IV), относящихся ко второму и третьему классам опасности, не превышают предельно допустимые концентрации (ПДК) их в биосфере

ЛИТЕРАТУРА

1. Желонкина А. В. Определение вредных веществ в воздухе // Современные проблемы естественных наук и фармации: сб. статей Всероссийской научной конференции. Йошкар-Ола, 2023. С. 453–456.
2. РД 52.04.822-2015. Массовая концентрация диоксида серы в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим формальдегидпарарозанилиновым методом.
3. МУК 4.1.2473-09 «Измерение массовых концентраций оксида и диоксида азота в воздухе рабочей зоны по реакции с реактивом Грисса-Иловская методом фотометрии»
4. Живодеров А. А., Маслакова Т. А., Константинова Е. Д., Шалаумова Ю. В. Воздушная среда промышленного города и ее влияние на здоровье человека // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 3 (15). С. 58–63.

Изучение сорбционных свойств хитин-глюканового комплекса биомассы гриба *Amanita Muscaria*

Замятин М. С., студ.4 курса

Науч. рук. – Смотрина Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
misha.zamyatin0@mail.ru

В настоящее время активно ведутся исследования в области разработки новых сорбентов, включая энтеросорбенты на основе биополимеров, таких как хитин и его производные. Одним из источников хитина является биомасса грибов, в который хитин содержится в виде хитин-глюканового комплекса (ХГК). Высокая биологическая активность и отсутствие токсичности препаратов на основе ХГК определяют перспективы их использования в медицине, биотехнологиях, косметической, пищевой, текстильной и других отраслях промышленности в качестве эффективных сорбентов, способных связывать ионы металлов и эндотоксины [1; 2; 3]. Поэтому целью настоящей работы является сравнительное изучение сорбционных свойств хитин-глюканового комплекса биомассы гриба *Amanita muscaria* (мухомор красный) и крабового хитина по отношению к ионам меди(II), сорбционному маркеру бриллиантовому зеленому (БЗ) и парам воды.

В качестве объекта исследования использовали ХГК, выделенный из биомассы гриба *Amanita muscaria* по 4-х стадийной методике [4]. В качестве образца сравнения использовали крабовый хитин *Arthropoda* (производство Дальрыбвтуз, г. Владивосток). Основные характеристики объекта исследования и образца сравнения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики хитин-глюканового комплекса *Amanita muscaria* и хитина *Arthropoda*

Показатель	ХГК	Хитин
Минеральные вещества, %	1,44	1,05
DGA, %	65,33	84,37
N _{общ} , %	5,44	6,71
N _{DGA} , %	5,11	6,60
Содержание в ХГК, %:		
Хитин	68,7	74,4
Глюканы	23,4	(6,9)*
Хитозан	4,4	17
Степень кристалличности (PCA), %	55	67
Степень ацетилирования хитин/хитозановых фрагментов, %	94,0	81,4

*дезаминированные фрагменты макромолекул

Сорбцию ионов меди(II) изучали в области концентраций 0,25–3,2 г/л, сорбцию красителя бриллиантового зеленого – в области концентраций 0,001–0,5 г/л. Для определения равновесной концентрации сорбата в растворе использовали спектрофотометрический метод. Ионы меди(II) определяли в виде аммиачного комплекса на длине волны максимального светопоглощения 625 нм, а бриллиантовый зеленый – прямым фотометрированием его растворов на длинах волн 430 и 630 нм. Результаты сорбционных измерений БЗ на обеих длинах волн близки друг другу, а, следовательно, длина волны коротковолнового максимума может быть использована в качестве аналитической.

Изотермы сорбции ионов меди(II) и красителя БЗ приведены на рис. 1 и 2 соответственно. Для описания изотерм сорбции использовали уравнение мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Константы уравнения приведены в таблице 2.

Невысокая поглотительная способность хитина к ионам меди (II) согласуется с данными [5] о низкой способности ацетамидных и гидроксильных групп хитина к связыванию ионов переходных металлов. Для ХГК комплекса были зарегистрированы отрицательные значения сорбционной емкости, что коррелирует с более высокой степенью ацетилирования хитиновых фрагментов в комплексе (94 %), по сравнению с аналогичной величиной для хитина (81 %).

Сорбционная способность по БЗ для ХГК сопоставима с таковой для хитина ракообразных.

Изотермы сорбции водяного пара измеряли изопиестическим методом при комнатной температуре. Перед исследованием образцы высушивали до постоянной массы при температуре 105°C. Величину сорбции (*a*) рассчитывали в г H₂O / г сух. образца. Изотермы сорбции приведены на рисунке 3.

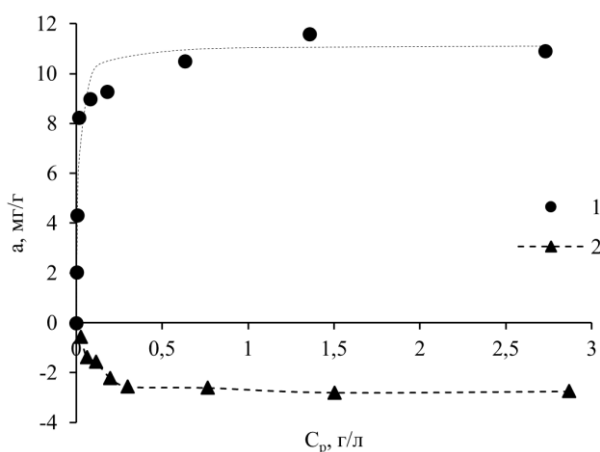


Рис. 1. Изотермы сорбции ионов меди(II):
1 – хитин; 2 – ХГК

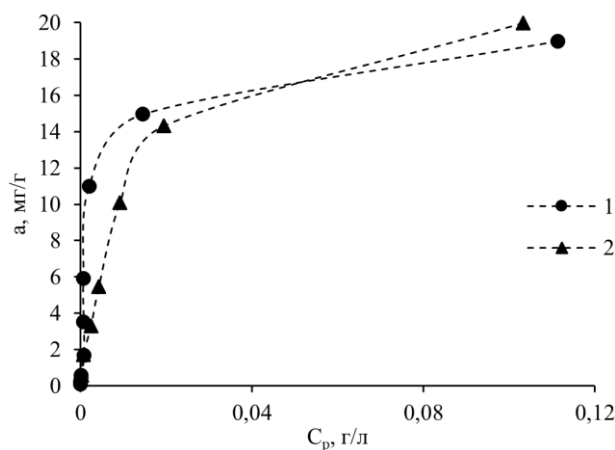


Рис. 2. Изотермы сорбции БЗ:
1 – хитин; 2 – ХГК (630 нм)

Таблица 2

Константы уравнения Ленгмюра для хитин-глюканового комплекса *Amanita muscaria* и хитина *Arthropoda*

Сорбент	Ионы меди(II)			Бриллиантовый зеленый			
	К, л/г	a_m , мг/г	R^2	$\lambda_{анал}$, нм	К, л/г	a_m , мг/г	R^2
ХГК <i>Amanita muscaria</i>	-	-	-	630	98	22	0,999
				430	74	26	0,980
Хитин <i>Arthropoda</i>	90	11	0,999	630	243	19	0,997
				430	343	23	0,997

При анализе изотерм сорбции водяного пара использовали уравнение Лаатикайнена-Линдстрема квазихимической модели (1) и термическое уравнение сорбции (2) [6]:

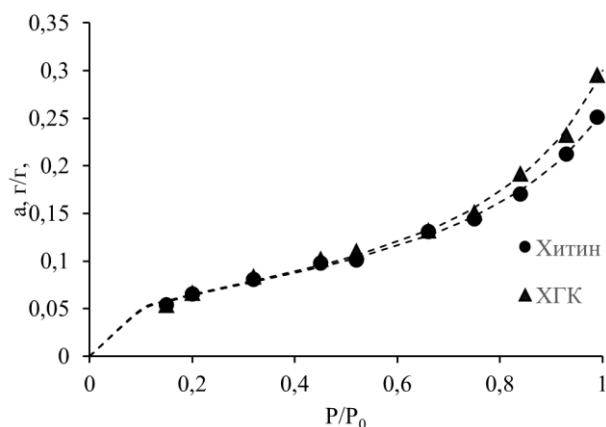


Рис. 3. Изотермы сорбции паров воды

$$a = a_m \frac{\alpha \cdot P/P_0}{(1 - \beta \cdot P/P_0) \cdot (1 + (\alpha - \beta) \cdot P/P_0)}, \quad (1)$$

где a_m – концентрация доступных сорбционных центров; α и β – параметры уравнения, связанные с константами квазихимического равновесия.

$$a = a_0^0 \left(- \left(- \frac{\Delta\mu}{E} \right)^n - a(T - T_0) \right), \quad (2)$$

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 ; $\Delta\mu_1 = RT \ln(P/P_0)$ – 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) представлны в таблице 3.

Таблица 3

Параметры уравнений (1) и (2) для хитин-глюканового комплекса *Amanita muscaria* и хитина *Arthropoda*

Образец	Уравнение 1					Уравнение 2		
	a_m , г/г	a_0^* , г/г	α	β	R^2	E , Дж/моль	a_0^0 , г/г	R^2
ХГК <i>Amanita muscaria</i>	0,067	0,300	19,5	0,78	0,997	2403	0,257	0,963
Хитин <i>Arthropoda</i>	0,068	0,256	17,2	0,74	0,998	2867	0,245	0,956
Хитин <i>Arthropoda</i> очищ.	0,049	0,178	15,0	0,73	0,998	2664	0,163	0,981

* максимальная сорбционная емкость при $P/P_0 = 1$, рассчитанная по уравнению (1)

Число доступных для молекул воды сорбционных центров, максимальная сорбционная емкость, а также характеристическая энергия взаимодействия сорбат-сорбент для ХГК и хитина примерно одинаковы, что в совокупности с данными по сорбции БЗ, может свидетельствовать о схожести их надмолекулярной структуры.

С использованием сорбционного метода можно приблизительно определить степень кристалличности (СК) исследуемых образцов, исходя из предположения о доступности активных центров для молекул воды лишь в областях аморфной структуры [6]:

$$СК = \frac{a_{ам} - a}{a_{ам}}, \quad (3)$$

где $a_{ам}$ – сорбционная емкость аморфного аналога полимера.

Оценку сорбционной емкости аморфных аналогов при различных значениях относительной влажности проводили по методу групповых вкладов Ван Кревелена [6]. Согласно этому методу сорбционную емкость

можно рассчитать суммированием вкладов от каждой функциональных группы, присутствующей в одном элементарном звене полимера, при различных относительных влажностях. Расчет проводили с учетом доли хитиновых и хитозановых фрагментов макромолекул, а также содержания глюканов (или дезаминированных фрагментов макромолекул) в образце.

Изотермы сорбции аморфных аналогов полимеров приведены на рис. 4, результаты расчета СК по уравнению (3) приведены в таблице 4.

Степени кристалличности ХГК и хитина, рассчитанные в интервале P/P_0 0,3–0,7 хорошо согласуются между собой; средние значения составляют соответственно 45 и 47%. При относительных влажностях, соответствующих правой ветви изотермы, результаты несколько завышены, что обусловлено влиянием жесткости полимерных цепей на сорбционную емкость, не учитываемой в методике Ван Кревлена. Полученные сорбционным методом величины СК ниже, определенных методом РСА (табл. 1), что может быть обусловлено присутствием в образцах гидрофильных примесей. Подтверждением этому предположению являются результаты, полученные для очищенного хитина *Arthropoda* (табл. 3, 4). Значение $СК_{ср}$ для этого образца составляет ~ 63 % и хорошо согласуется с рентгеноструктурными данными.

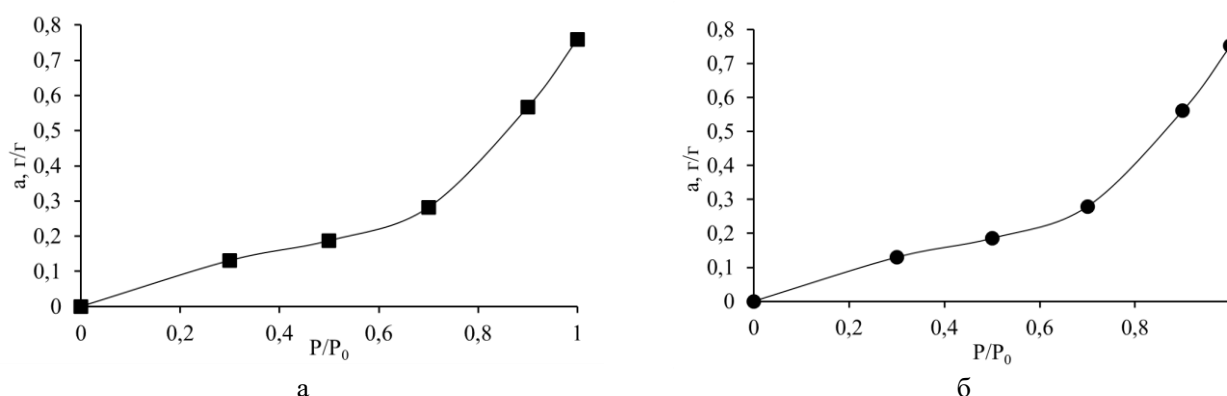


Рис. 4. Изотермы сорбции паров воды аморфным аналогом хитина (а) и ХГК (б)

Таблица 4

Результаты расчета степени кристалличности

Образец	P/P_0 0,3	P/P_0 0,5	P/P_0 0,7	P/P_0 0,9	P/P_0 1
ХГК <i>Amanita muscaria</i>	0,41	0,45	0,49	0,61	0,60
Хитин <i>Arthropoda</i>	0,42	0,46	0,52	0,65	0,66
Хитин <i>Arthropoda</i> очищ.	0,59	0,62	0,66	0,75	0,76

На основании полученных результатов можно заключить, что по сорбционным свойствам хитин-глюкановый комплекс не уступает крабовому хитину, что позволяет рассматривать биомассу гриба *Amanita muscaria* в качестве альтернативного ракообразным источника хитина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселева Л. А., Северюгин В. А., Смирнова Л. Г., Фролова Е. Н., Нагулин К. Ю., Албикина Н. В. Сорбционные свойства хитин-глюканового комплекса гриба *Pleurotus ostreatus* и изучение процесса сорбции ионов Cu^{2+} // Вестник Казанского технологического университета. 2003. № 1. С. 323–328.
2. Новинюк Л. В., Велинов П. З., Кулев Д. Х. Сорбционные свойства хитин- и хитозанглюкановых биоконплексов, выделенных из мицелиальной биомассы гриба *Aspergillus niger* // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2017. Т. 7. № 2. С. 64–71.
3. Павлова О. В. Сорбционная способность хитин-глюканового комплекса, полученного из промышленного отхода *Aspergillus niger* // Вестник Гродненского государственного университета им. Янки Купалы. Серия 6. Техника. 2019. Т. 9. № 1. С. 58–68.
4. Ившина Т. Н., Артамонова С. Д., Ившин В. П., Шарнина Ф. Ф. Выделение хитин-глюканового комплекса из плодовых тел шляпочных грибов // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. № 3. С. 348–353.
5. Вохидова Н. Р., Рашидова С. Ш. Полимер металлические системы хитозана *Bombux mori*. Ташкент : Фан. 2016. С. 128.
6. Гребенников С. Ф., Эльтеков Ю. А. Сорбция в полимерных системах: монография. СПб. : ФГБОУВПО «СПГУТД». 2014. С. 282.

**Циклизация 1-(2-оксододецил)этан-1,1,2,2-тетракарбонитрила
в 2-амино-6,7,8,9,10,11,12,13-октагидро-5Н-циклододека[b]пиран-3,4-дикарбонитрил**

Иванова Е. С., асп. 1 курса

Науч. рук. – Насакин О. Е., док. хим. наук, проф.

Чувашский государственный университет, г. Чебоксары
lizachimic@mail.ru

Производные пирана обладают достаточно высокой противовирусной активностью [1], однако их получение достаточно затруднительно. Тетрацианоэтильное производное циклододеканона **1** образует пирановый гетероцикл при комнатной температуре. Мы решили ускорить процесс циклизации и испытали действие различных катализаторов: соляной, серной кислоты, гидроксидов натрия и калия, морфолина, щелочной раствор метилендиметилгидразона (MDH). Результаты каталитической и некаталитической циклизации при комнатной температуре приведены в таблице 1.

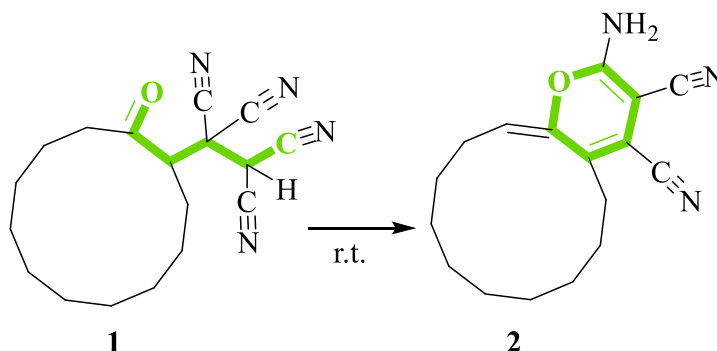
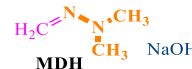


Рис. 1. Синтез фуранового производного при комнатной температуре в EtOAc или смеси диоксан:вода (2:1)

Таблица 1

Время и выход продукта 2 в зависимости от выбранного катализатора с растворителем

Катализатор	Растворитель	Время (ч)	Выход продукта 2 (%)
-	EtOAc	24	54
HCl	EtOAc	3,5	57
H ₂ SO ₄	EtOAc	3	59
NaOH	Диоксан:вода (2:1)	2,6	61
KOH	Диоксан:вода (2:1)	2	70
 morpholine	EtOAc	1,5	60
 MDH	EtOAc	0,5	69

Примечание. «Время (ч)» – время протекания реакции определялось с начала перемешивания реакционной смеси до выпадения целевого продукта 2 в осадок

ЛИТЕРАТУРА

1. Shih, S.-R., Chen S.-J., Hakimelahi G.H., Liu H.-J., Tseng C.-T., Shia, K.-S. Selective human enterovirus and rhinovirus inhibitors: An overview of capsid-binding and protease-inhibiting molecules // Med. Res. Rev. 2004. Vol. 24. Pp. 449–474.

Комплексообразование 2,2'-бибензимидазола с Co(II)

Иванова С. Р., студ. 4 курса

Науч. рук. – Аль Ансари Я. Ф., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
hozykateleфона2017@gmail.com

В последние годы достаточно большое внимание уделяется комплексам с бензимидазолом, в том числе и с его производным – бибензимидазолом. Это связано с тем, что комплексы на их основе нашли свое применение во многих областях науки и техники. Наиболее важным свойством бензимидазолов является их биологическая активность, вследствие чего на их основе созданы высокоэффективные препараты, применяемые в медицине, ветеринарии и сельском хозяйстве.

Особое место среди производных бензимидазола занимает 2,2'-бибензимидазол (ББИ), который является признанным фармакологическим средством с противовирусным и противоопухолевым эффектом. Комплексные соединения способствуют наилучшему и более полному усвоению лекарственных препаратов в организмах [1]. В настоящее время стало появляться большое количество работ по синтезу и исследованию биологического действия комплексов бибензимидазола с переходными металлами [2].

Всвязи с этим представляет интерес исследование комплексообразование Co(II), являющимся биометаллом, с 2,2'-бибензимидазолом.

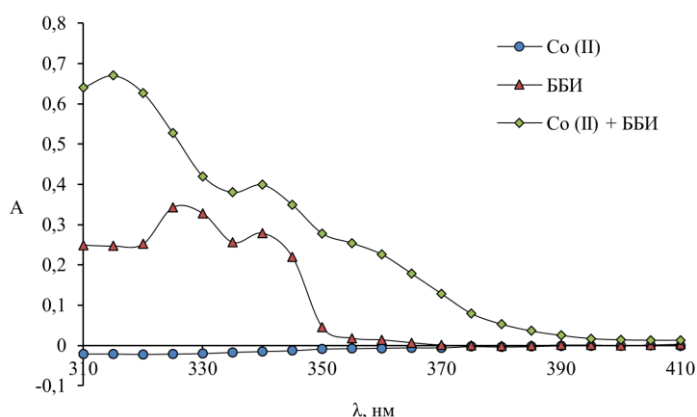


Рис. 1. Электронные спектры поглощения в растворе ДМФА $C(\text{ББИ}) = 10^{-5} \text{ М}$, $C(\text{Co}^{2+}) = 0,33 \cdot 10^{-5} \text{ М}$, $l = 1 \text{ см}$

Исследование проводили спектрофотометрическим и кондуктометрическим методами.

2,2'-бибензимидазол представляет собой кристаллическое вещество желтого цвета. Он плохо растворим в воде, спирте, ацетонитриле, и достаточно хорошо растворяется в диметилформамиде [3]. Поэтому исходный раствор ББИ с концентрацией $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л готовили растворением точной навески вещества в ДМФА.

Электронный спектр поглощения раствора ББИ в ДМФА содержит две полосы – на 325 и 340 нм (рис. 1). При добавлении соли кобальта к раствору ББИ спектр изменяется – гипсохромно смещается полоса на 325 нм, наблюдается гиперхромный эффект и появляется неразрешенная полоса в районе 355 нм, которая и была выбрана для дальнейших исследований. Данные изменения свидетельствуют о наличии комплексообразования в системе Co(II) – ББИ – ДМФА.

Состав координационной сферы устанавливали методом спектрофотометрического титрования раствора Co(II) раствором ББИ в среде ДМФА. Излом на кривой (рис. 2) соответствует ~2 эквивалентам ББИ. В координационную сферу комплекса входит две молекулы ББИ.

Кривую обрабатывали методом Бенеша-Гильдебранда, заключающимся в построении графиков зависимости $\frac{C_{\text{ББИ}} \cdot l}{A} = f\left(\frac{1}{C_{\text{Co}}^n}\right)$, где n – отношение концентрации ББИ к концентрации кобальта(II). Прямолинейный характер прямой отвечает искомому значению n . Расчеты показали ступенчатое образование бислигандного комплекса через стадию образования монолигандного. Рассчитаны константы устойчивости: $\lg \beta_1 = 4,70$; $\lg \beta_2 = 10,00$.

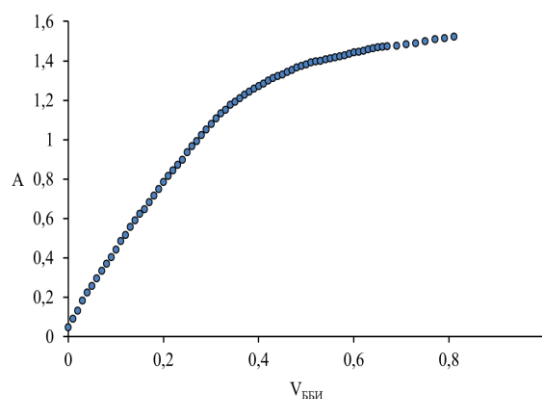


Рис. 2. Кривая насыщения: $C_{\text{ББИ}} = 10^{-3} \text{ M}$, $C_{\text{Co}^{2+}} = 10^{-5} \text{ M}$, $V_{\text{Co}^{2+}} = 22 \text{ мл}$, $l = 5 \text{ см}$, $\lambda = 355 \text{ нм}$

В среде вода – ДМФА (1 об. %) электронный спектр поглощения ББИ имеет две размытые полосы, более низкой интенсивности, чем в среде ДМФА. При добавлении соли кобальта(II) к раствору ББИ наблюдается увеличение интенсивности полос поглощения ББИ. Следовательно, мы можем сделать заключение о протекании в водной среде процесса комплексообразования.

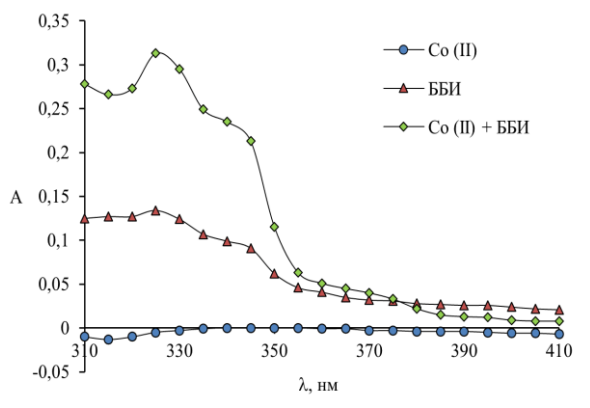


Рис. 3. Электронные спектры поглощения в растворе воды $C(\text{ББИ}) = 10^{-5} \text{ M}$, $C(\text{Co}^{2+}) = 0,33 \cdot 10^{-5} \text{ M}$, $l = 1 \text{ см}$

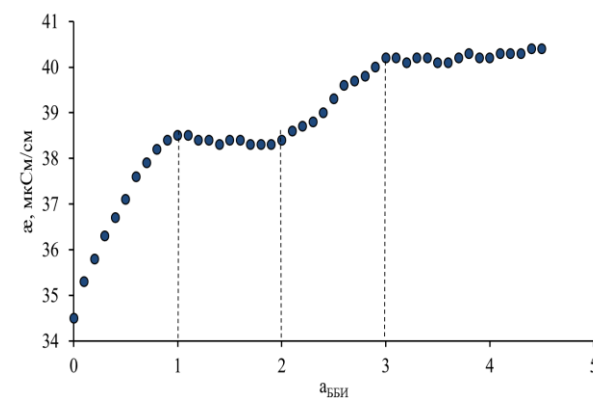


Рис. 4. Кривая кондуктометрического титрования Co^{2+} раствором ББИ $C_{\text{Co(II)}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$, $C_{\text{ББИ}} = 0,01 \text{ M}$

Мольное соотношение комплексообразователя и лиганда в комплексных частицах, образующихся в водной среде, определяли с использованием метода кондуктометрического титрования водного раствора соли Co(II) раствором ББИ, приготовленным, как указано выше. Изломы на кривой (рис. 4) соответствуют соотношениям $\text{Co(II)} : \text{ББИ}$, равным 1:1, 1:2 и 1:3.

Таким образом, было доказано наличие процесса комплексообразования в среде ДМФА и вода – ДМФА (1 об. %). В среде ДМФА выявлено образование моно- и бислигандных комплексных частиц; в воде комплексообразование протекает до образования трис-комплекса. Рассчитаны константы устойчивости комплексных соединений, образующихся в ДМФА. При присоединении второй молекулы ББИ устойчивость комплекса возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2056898 Российская Федерация, МПК В 01 D 11/04, С 07 С 13/00, С 22 В 3/26. Смесь, содержащая бибензимидазолы, и способ экстракции цинка, железа, меди и кадмия / П. М. Куан, Д. Торп, Р. Ф. Далтон; заявитель Имperiал Кемикал Индустриз, патентообладатель Зенека Лимитед. – № 5011058/02; заявл. 01.03.1992; опубл. 27.03.1996. – 14 с.
2. Закаева, Р. Ш., Бигаева И. М. Исследование свойств бензимидазола и его производных для процессов комплексообразования рения (V) // Химия и химическое образование. XXI век. 2014. С. 129–132.
3. Xia C.-K., Lu C.-Z. Synthesis, crystal structures, and properties of complexes constructed with polybenzoate and 2,2'-bibenzimidazole // CrystEngComm. 2006. Vol. 4. Pp. 281–191.
4. Mirgorodskaya A. B. Effect of surfactant micelles on solubility and spectral characteristics of 2,2'-bibenzimidazole // Russian Chemical Bulletin, International Edition. 2014. Vol. 63. No. 12. Pp. 2681–2685.

Анализ растворов ванн, используемых для иммерсионного золочения печатных плат

Иванова Т. А., студ. 5 курса

Науч. рук. – Смирнова Л. Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Ivanova.tania0805@gmail.com

Печатные платы являются носителем электронных компонентов и основным элементом современных технологий. Они используются во всех отраслях народного хозяйства, от бытовых приборов до космических кораблей. Производство и повышение качества плат является актуальной задачей на сегодняшний день [1].

Процесс изготовления печатных плат является многооперационным. Можно выделить основные этапы, такие как подготовка основы, нанесение проводящего рисунка, финишного покрытия для защиты поверхности. В качестве финишного покрытия используется иммерсионное золочение. Процесс его нанесения заключается в реакции восстановления металла из раствора, в результате чего получается очень тонкий слой. Данный процесс идет с подслоем химического никеля. Золотое покрытие используется для защиты слоя никеля от окисления, а он в свою очередь предотвращает взаимодействие меди с золотом, которое может привести к взаимной диффузии [2].

Среди финишных покрытий иммерсионное золочение не единственное, но одно из распространенных и применяется для обеспечения хорошей паяемости, защиты от коррозии, равномерной толщины покрытия. Контактное осаждение золота основано на обменной реакции:



Процесс золочения состоит из последовательных этапов, таких как очищение, микро травление, активация, никелирование и золочение. Целью данной работы явился анализ растворов ванн, используемых для активации, химического никелирования и золочения.

Установка для этого процесса представляет собой последовательность емкостей – ванн, в которые погружаются изделия. Первая ванна содержит кислотный очиститель, применяемый для поверхностной обработки плат, помощью которого обезжиривается металлическая поверхность. В этом растворе содержится серная кислота с концентрацией 30–70 мл/л и вещество Астипур AS с концентрацией 20–100 мл/л. Следующим этапом является микро травление, используемое для равномерного подтравливания медной поверхности, благодаря чему получается оптимальная шероховатость, что дает хорошую адгезию с последующим слоем. В состав этого раствора входит серная кислота с концентрацией 70–100 мл/л, пероксид водорода 15–35 мл/л, медный купорос 10–50 г/л. В третьей ванне идет процесс активации и в результате на поверхность осаждается коллоидный палладий, который создает центры активности для дальнейшего осаждения никеля. Раствор активации содержит Pd с концентрацией 45–60 мг/л, 96-% серную кислоту 40–55 мл/л. После использования активатора получается плотное покрытие никеля.

В последующей ванне происходит процесс химического никелирования, который дает качественное полублестящее покрытие сплавом никель-фосфор. В состав этого раствора входит соль никеля (II) с концентрацией 5,7–6,2 г/л, гипофосфит 20–45 г/л и ортофосфит натрия меньше 150 г/л.

Сплавы никель - фосфор, получаются при гетерогенном восстановлении никеля ионами гипофосфита в результате чего на покрываемой поверхности выделяются сплавы Ni-P, содержащие от 1 до 15 % фосфора. Изделия с таким покрытием обладают пониженной температурой плавления (ниже 900 °С), высоким удельным электрическим сопротивлением, которое в несколько раз выше по сравнению с чистым никелем. Часть гипофосфита, таким образом, включается в состав покрытия в виде элементарного фосфора, часть расходуется на восстановление никеля. При этом выделяется фосфит, который накапливается в растворе [4].

Заключительной стадией процесса является иммерсионное золочение, в раствор которого входит дицианоаурат калия $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2]$. Содержание золота в ванне 0,5–2 г/л, благодаря чему получается тонкий слой золота толщиной 0,05–0,1 мкм. После каждого этапа идет струйная промывка водой.

Первым этапом анализа было определение концентрации никеля в растворе ванны химического никелирования. В технологическом паспорте, который прилагался к установкам, описывалась методика комплексонометрического титрования раствором Трилона Б с индикатором мурексидом.

Титрование проводилось три раза и из полученных значений выбиралось среднее.

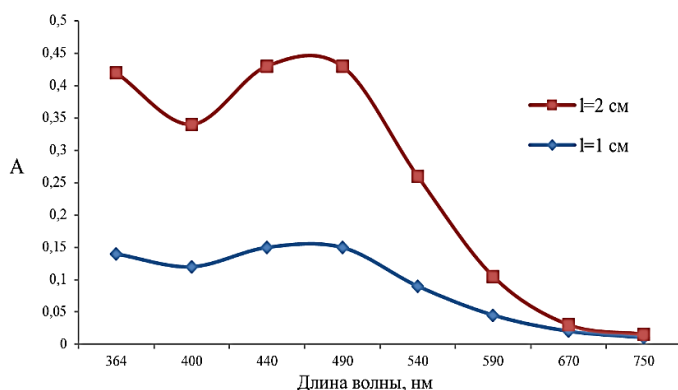
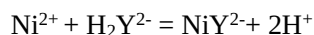
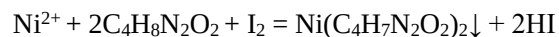


Рис. 1 Зависимость оптической плотности раствора от толщины поглощающего слоя

Концентрация никеля в ванне составила 0,031 моль-экв/л.

Помимо предложенного метода использовался фотометрический метод определения концентрации никеля в виде комплекса с диметилглиоксимом.



Подбиралась длина волны и толщина максимального светопоглощения. По графику, изображенному на рисунке 1, длина волны равна 400, а толщина кюветы 2 см.

Для построения градуировочного графика 5 растворов с содержанием никеля: 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,10 мг соответственно фотометрировались относительно воды, и по полученным

результатам строился градуировочный график. Также был проанализирован исследуемый раствор.

С использованием уравнения, найденным по градуировочному графику, концентрация никеля в анализируемом растворе составила 0,0338 мг/мл.

Для определения гипофосфита натрия, содержащегося в растворе ванны никелирования, в технологическом паспорте предложена методика иодометрического титрования раствором тиосульфата натрия.

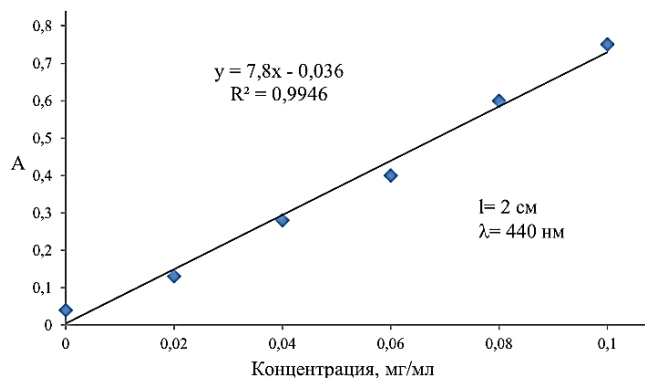
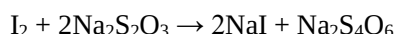
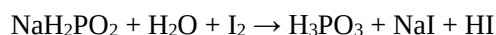
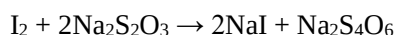
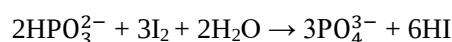


Рис. 2. Зависимость оптической плотности раствора аммиаката меди (II) от концентрации никеля(II)

Концентрация гипофосфита натрия равна 0,086 моль/л, что находится в пределах нормы, указанных в технологическом паспорте.

Для определения ортофосфита в технологическом паспорте предлагалась методика иодометрического титрования.



Концентрация ортофосфита в растворе составила 0,0012 моль/л, что соответствует норме.

По технологическому паспорту контроль за содержанием серной кислоты в ванне активации должен проводиться титриметрическим методом с использованием стандартного раствора щелочи.

Помимо предложенной методики был проведен потенциометрический метод анализа раствора ванны активации, который состоял в измерении значения водородного показателя при потенциометрическом титровании с использованием рН-метра АНИОН - 4100.

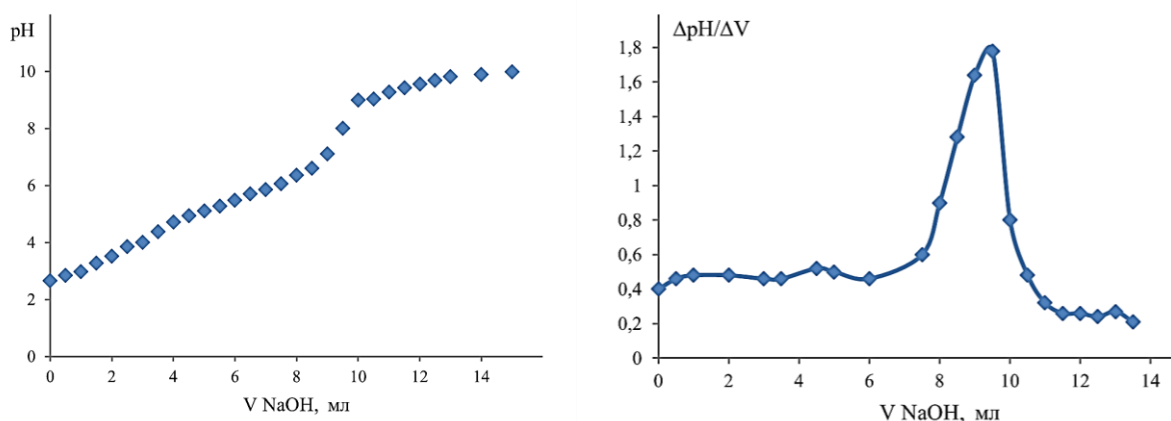


Рис. 3. Потенциометрическая и дифференциальная кривые титрования ванны активации

По графику, изображенному на рисунке 3, находилась точка эквивалентности и вычислялась концентрация кислоты в анализируемом растворе.

Концентрация H_2SO_4 составила 1,8620 моль/л, что соответствует норме.

Следующим этапом была определена концентрация золота в ванне иммерсионного золочения по иодометрическому методу. Для этого в коническую колбу приливалось 10 мл анализируемого раствора, 20 мл «царской водки» после чего выпаривалось на плитке. Затем в колбу добавлялось 150 мл воды, 20 мл раствора иодида калия и 1 мл раствора крахмала. Титрование проводилось раствором тиосульфата натрия 0,1 М до исчезновения синей окраски. Содержание золота составило 1,147 г/л.

Таким образом, была проведена работа по анализу растворов ванн активации, химического никелирования и золочения печатных плат, определены концентрации веществ по предложенным методикам, проведены потенциометрический и фотометрический методы анализов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рожкова Т. С. Особенности производства печатных плат // Вузовская наука в современных условиях : сб. матер. 56-й научно-технической конференции. В 2-х частях. Ульяновский государственный технический университет. 24–29 января 2022 г. Том Часть 2. Ульяновск : 2022. С. 200.
2. Медведев А. Иммерсионное золочение под пайку // Технологии в электронной промышленности. 2010. № 2. С. 6–7.
3. Медведев А. Иммерсионные покрытия // Технологии в электронной промышленности. 2013. № 7. С. 40.
4. Гамбург Ю. Д. Химическое никелирование (получение никель-фосфорных покрытий путем электрокаталитического восстановления гипофосфитом) // Российская академия наук. 2020. С. 5–9.

Определение состава раствора кислотного очистителя печатных плат

Иванова Т. А., студ. 5 курса

Науч. рук. – Смирнова Л. Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Ivanova.tania0805@gmail.com

Применяемые практически во всех электронных приборах печатные платы представляют собой пластину из диэлектрика, на которую нанесены медные дорожки, связывающие все элементы устройства в одну сеть. Изготовление плат состоит из таких этапов, как подготовки диэлектрика, нанесения проводящего рисунка и финишного покрытия [1].

Одним из таких покрытий является иммерсионное золочение, процесс нанесения которого заключается в реакции восстановления металла из раствора, т. е. металл на поверхности платы замещается на металл из раствора, вследствие чего получается очень тонкий слой. Процесс 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 [2].

Установка, применяемая для финишного покрытия, представляет собой последовательность емкостей – ванн, в которые погружаются платы. В этих ваннах проходят последовательные этапы, такие как очищение, микротравление, активация, никелирование, золочение.

Одним из важных этапов является очищение поверхности перед нанесением металла. Оно используется для удаления различных жировых загрязнений, окислов, масел с медных поверхностей.

Целью работы явился анализ состава раствора ванны очищения, применяемой в процессе иммерсионного золочения по методикам, предложенным в технологическом паспорте, который прилагается к установкам, а также были проведены дополнительные методы анализов. Растворы, применяемые для очищения поверхностей, имеют различный состав. В исследуемом нами растворе содержится серная кислота с концентрацией 30–70 мл/л и вещество Actipur AS с концентрацией 20–100 мл/л.

На первом этапе была определена концентрация серной кислоты в растворе титриметрическим методом, который описан в технологическом паспорте. Для титрования использовался предварительно стандартизованный по соляной кислоте раствор гидроксида натрия. Определенная концентрация серной кислоты составила 1,927 моль-экв/л. Параллельно для определения количества H_2SO_4 проводилось потенциометрическое титрование на рН – метре АНИОН – 4100. По полученным данным были построены графики зависимости объема титранта от значений рН, которые представлены на рисунке 1. Концентрация кислоты, найденная по объему щелочи в точке эквивалентности составила 1,925 моль-экв/л.

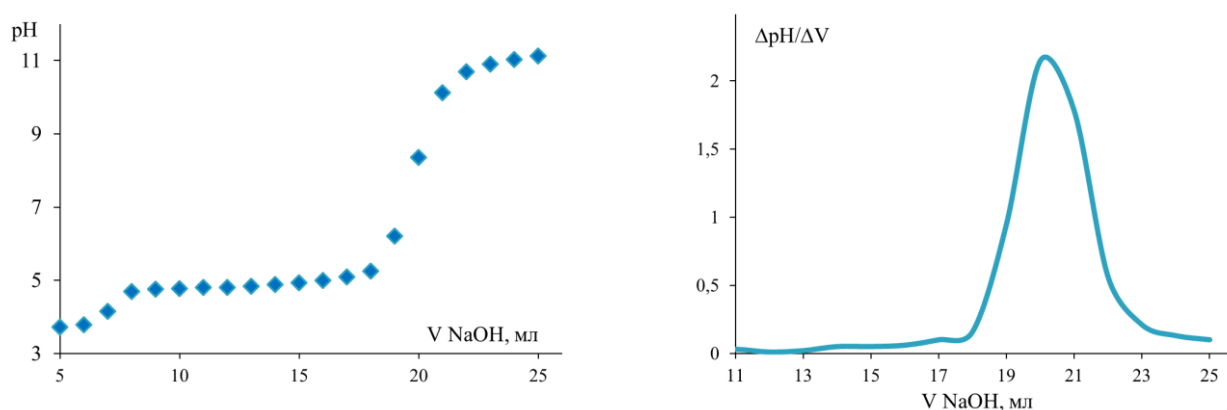


Рис. 1. Потенциометрическая и дифференциальная кривые титрования раствора очищения

Также были определены физико-химические характеристики исследуемого раствора. Сравнивались анализируемый раствор, содержащий вещество Actipur AS и раствор, в состав которого входила только серная кислота с такой же концентрацией, что и в анализируемом растворе. При определении физико-химических свойств использовались пикнометры ПЖ2-10-КШ, сталагмометр СТ-1, вискозиметр ВПЖ-2, рефрактометр ИРФ-454Б2М. Полученные значения плотности (ρ), поверхностного натяжения (σ), вязкости (η), показателя преломления (n_D) представлены в таблице 1. По изменению поверхностного натяжения можно предположить, что в анализируемом растворе содержится поверхностно-активное вещество, а по небольшому изменению плотности можно сказать, что вещество Actipur AS не является жидким.

Для обезжиривания поверхности печатных плат перед нанесением покрытий применяют различные растворы с содержанием поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые имеют различные виды ПАВ такие, как анионные, катионные и неионные [3].

Таблица 1

Физико-химические характеристики

	Первая ванна	Раствор без Actipur AS
Плотность, г/мл	1,061	1,04
Поверхностное натяжение, Дж/м ²	$31,69 \cdot 10^{-3}$	$74,69 \cdot 10^{-3}$
Вязкость, МПа·с	1,2619	1,1483
Показатель преломления	1,3458	1,3423

Введение поверхностно-активных веществ усиливает эмульгирующее действие раствора для очищения, снижает поверхностное натяжение на границе раздела фаз раствор–жир и раствор–металл. Это в свою очередь

обеспечивает образование мицеллосложных комплексов, состоящих из большего числа молекул и ионов, которые формируются при диспергировании фазы или при возникновении новой фазы в процессе ее конденсации из молекул и ионов. Поверхностно-активные вещества благодаря процессу мицеллообразования способствуют диспергированию твердых и эмульгированию жидких загрязнений [4].

В предложенном к установкам техническом паспорте не было методики для анализа вещества Actipur AS, поэтому были предложены и отработаны методики определения ПАВ по ГОСТам. Для начала был определен класс ПАВ, входящего в состав исследуемого раствора. Были предложены три способа определения.

Первый метод основан на реакции ПАВ с индикатором метиленовым голубым. В пробирке смешивались раствор индикатора, хлороформ и исследуемый раствор. После разделения хлороформенный слой имел синюю окраску, что свидетельствовало о наличии в анализируемом растворе анионного поверхностно-активного вещества (АПАВ).

Следующий способ определения класса ПАВ был метод с применением тимолового синего. При смешивании анализируемого раствора с щелочным раствором тимолового синего окраска становилась сиреневой, что говорит о наличии в исследуемом растворе АПАВ.

Еще одним методом определения был метод с применением смешанного индикатора. Смешанный индикатор состоял из метиленового голубого и пирокатехина фиолетового. В качестве органической фазы использовался петролейный эфир. После смешивания растворов и разделения слоев наблюдалось, что водная фаза стала желтой, фаза петролейного эфира – бесцветной, поверхность раздела фаз – мутно-голубой, что является признаком наличия анионного ПАВ вещества [5].

Исходя из полученных данных, можно предположить, что в исследуемом растворе содержится анионное поверхностно-активное вещество.

Следующим этапом в работе явилось определение концентрации ПАВ методом, сущность которого заключалась в образовании окрашенного в синий цвет комплексного соединения анионного вещества с азуром I, экстракции его хлороформом с последующим фотометрическим измерением оптической плотности раствора. В качестве анионного вещества использовался додецилсульфат натрия, из которого готовился раствор сравнения. В делительную воронку переносился анализируемый раствор, раствор однозамещенного фосфорнокислого калия, серная кислота, раствора азур I и хлороформ. После экстрагирования и разделения нижний хлороформенный слой сливался и фотометрировался на фотоколориметре КФК-2 по отношению к раствору без содержания ПАВ при длине волны 590 нм в кюветах с толщиной слоя 1 см. Аналогичное определение проводилось с раствором сравнения соответствующего АПАВ. Экстрагирование пробы анализируемого раствора повторялось три раза. Полученная массовая доля анионного поверхностно-активного вещества в исследуемом растворе составила 0,11 % [5].

Второй метод определения концентрации основан на образовании в щелочной среде ионных пар анионных поверхностно-активных веществ с метиленовым голубым, экстракции этих ионных пар хлороформом с последующей обработкой полученного экстракта кислотой для устранения мешающих факторов, и измерении оптической плотности полученного экстракта при длине волны 650 нм. [6].

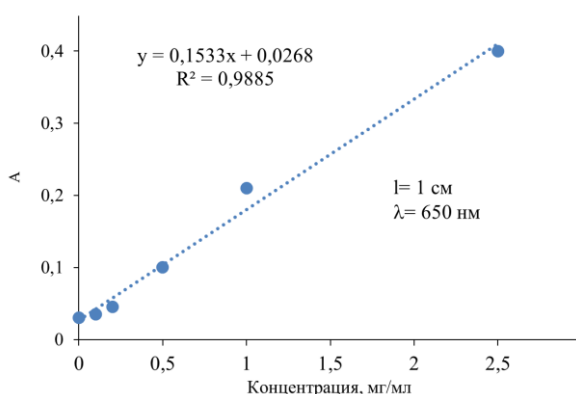


Рис. 2. Зависимость оптической плотности от концентрации АПАВ в растворе

В качестве стандартного раствора анионного вещества использовался додецилсульфат натрия. Из стандартного раствора с массовой концентрацией 0,01 мг/мл готовилась серия градуировочных растворов с концентрацией АПАВ 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1 и 2,5 мг/л. В делительную воронку помещались градуировочные растворы, фосфатный буфер, нейтральный раствор метиленового голубого и хлороформ. Смесь экстрагировалась, и органический слой сливался в другую делительную воронку, содержащую дистиллированную воду и кислый раствор метиленового голубого. Содержимое второй воронки встряхивалось, слой хлороформа сливался в мерную колбу вместимостью 25 мл. Далее в первую делительную воронку вновь прибавлялся мл хлороформа, и повторялась операция экстрагирования еще два раза.

Хлороформенный слой сливался в одну и ту же мерную колбу. Полученный при объединении трех порций экстракта в мерной колбе раствор фотометрировался относительно хлороформа при длине волны 650 нм и толщине поглощающего слоя 1 см. Те же операции проводились с исследуемым раствором. По полученным данным строилась градуировочная кривая, представленная на рисунке 2, по которой находилась концентрация АПАВ в анализируемом растворе.

Оптическая плотность исследуемого раствора равна 0,18. По уравнению $y = 0,1533x + 0,0268$ был найден x , который соответствует концентрации АПАВ в растворе и равен 0,99 мг/мл.

Таким образом, на данном этапе был проведен анализ раствора очистителя поверхности печатных плат, используемого в процессе химического никелирования с последующим иммерсионным золочением. Определены его физико-химические характеристики, установлено, что находящееся в нем поверхностно-активное вещество относится к классу анионных и определена его концентрация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галаган Е. В. Роль развития технологий изготовления печатных плат // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы. 2020. № 1. С. 47.
2. Медведев А. Иммерсионное золочение под пайку // Технологии в электронной промышленности. 2010. № 2. С. 6–7.
3. Мишина А. М., Мишин М. М., Мишина М. Н. Синтетические моющие средства // Наука и образование. 2022. № 2. С. 3.
4. Синькевич Ю. В. Технология химической очистки и обезжиривания поверхности деталей и узлов // Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки // Технология – Оборудование – Инструмент – Качество: тезисы докладов 36-ой Международной научно-технической конференции в рамках международной специализированной выставки «Машиностроение/Металлообработка». Минск, 2022. С. 86.
5. ГОСТ 32442 – 2013 Товары бытовой химии. Методы определения анионного поверхностно-активного вещества. М., Стандартинформ, 2019. С. 5–7.
6. ГОСТ 31857 – 2012 ВОДА ПИТЬЕВАЯ. Методы определения содержания поверхностно-активных веществ. М., Стандартинформ, 2014. С. 10–12.

Получение сложных эфиров производных бензойной кислоты

Исламов Т. Р., студ. 1 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

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

Сложные эфиры производных бензойной кислоты имеют широкую область применения, например, при синтезе лекарственных средств, красителей и парфюмерных веществ, поэтому их получение представляет актуальную задачу. Зачастую их синтез ведут реакцией этерификации при жестких условиях в течении длительного времени, что может привести к нежелательным побочным процессам, поэтому в данной работе мы предложили синтез с использованием соли карбоновой кислоты и галогеналкана (реакция Вильямсона). Целью нашей работы стало получение этиловых эфиров производных бензойной кислоты: 3-бромбензойной кислоты, 2-гидроксibenзойной кислоты, 2,4-дигидроксibenзойной кислоты.

Для получения соли карбоновой кислоты добавлялось эквимолярное количество гидрокарбоната натрия (соотношение 1:1). На основании источников [1; 2] был выбран небольшой избыток галогеналкана относительно соли (мольное соотношение 1:1,1). Первым производным была выбрана 3-бромбензойная кислота, в которой алкилирование протекает исключительно по карбоксильной группе (рис. 1).

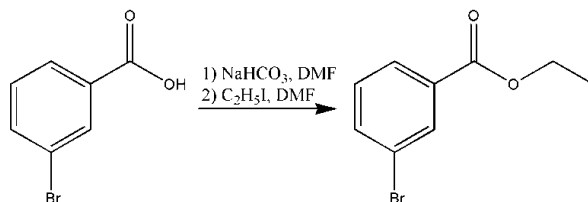


Рис. 1. Схема синтеза этилового эфира 3-бромбензойной кислоты

К навеске 3-бромбензойной кислоты и гидрокарбоната натрия в колбе с обратным холодильником добавляли небольшое количество диметилформамида (DMF), в течении часа перемешивали и нагревали при 70 °С. После этого добавляли к смеси йодистый этил, поднимали температуру до 80 °С и перемешивали в течении часа. Охлажденную смесь разбавили водой и провели экстракцию порциями диэтилового эфира, эфирные вытяжки объединили и отогнали растворитель. Очистка продукта была выполнена с помощью перегонки при пониженном давлении. Выход составил 39 %. $t_{\text{кип}} = 146\text{--}148^\circ\text{C}$ (30 мм рт. ст.), $n_D = 1,5402$.

Следующим производным была взята 2-гидроксibenзойная (салициловая) кислота (рис. 2.). Навески кислоты и гидрокарбоната натрия в DMF перемешивали в течении одного часа при температуре 70 °С. После

добавления йодистого этила перемешивание проводилось 1 час при температуре 80 °С. Выделение и очистка продукта была выполнена аналогично эфиру 3-бромбензойной кислоты. Выход продукта составил 52 %. $t_{\text{кип}} = 126-128\text{ }^{\circ}\text{C}$ (30 мм рт. ст.), $n_D = 1,5222$.

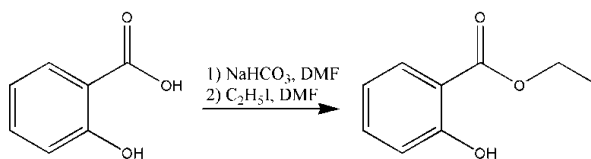


Рис. 2. Схема синтеза этилового эфира 2-гидроксibenзойной кислоты

Для подтверждения получения продукта алкилирования исключительно карбоксильной группы было проведено альтернативное получение сложного эфира реакцией этерификации (рис. 3).

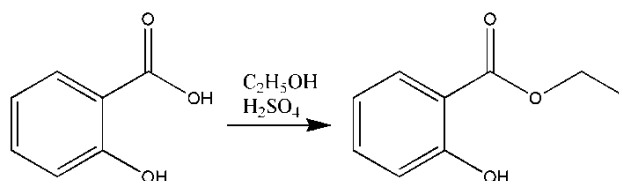


Рис. 3. Схема синтеза этилового эфира 2-гидроксibenзойной кислоты реакцией этерификации

В колбу с обратным холодильником с хлоркальциевой трубкой поместили салициловую кислоту, этиловый спирт и концентрированную серную кислоту (мольное соотношение 1:5:0,2), смесь кипятили в течении 5 часов [3]. Очистка выполнена путем экстракции диэтиловым эфиром с последующей перегонкой продукта. Выход сложного эфира составил 44 %. $t_{\text{кип}} = 118-121\text{ }^{\circ}\text{C}$ (20 мм рт. ст.), $n_D = 1,5235$

В качестве третьего производного бензойной кислоты была выбрана 2,4-дигидроксibenзойная (β -резорциновая) кислота, которая была предварительно получена карбоксилированием резорцина согласно источнику [4] (рис. 4).

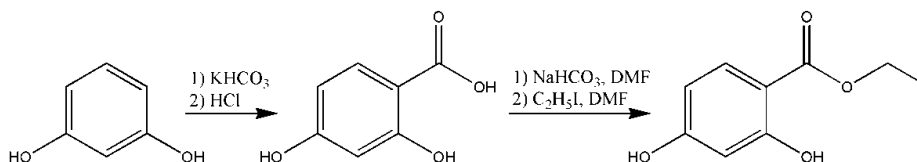


Рис. 4. Схема синтеза этилового эфира 2,4-дигидроксibenзойной кислоты

На первой стадии в колбу с обратным холодильником поместили навески резорцина и гидрокарбоната калия (мольное соотношение 1 : 6), добавили небольшое количество воды и кипятили смесь на протяжении 2 часов. После охлаждения и подкисления соляной кислотой полученная резорциновая кислота была перекристаллизована из воды. Выход продукта составил 41 %. $t_{\text{плав}} = 209-210\text{ }^{\circ}\text{C}$ (с разложением).

На второй стадии навески резорциновой кислоты и гидрокарбоната натрия в DMF нагревали при 70 °С в течении часа, после добавления йодистого этила смесь при 80°С перемешивали в течении часа. Выделение проводилось путем экстракции диэтиловым эфиром с последующей отгонкой растворителя. Выход составил 77 %. $t_{\text{плав}} = 66-69\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Чтобы убедиться в получении продукта алкилирования по карбоксильной группе был проведен альтернативный синтез с помощью реакции этерификации (рис. 5).

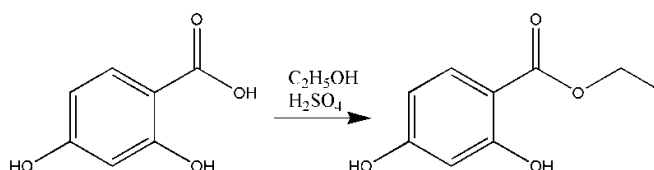


Рис. 5. Схема синтеза этилового эфира 2,4-дигидроксibenзойной кислоты реакцией этерификации

Рассчитанные количества резорциновой кислоты, этилового спирта и концентрированной серной кислоты кипятили с обратным холодильником с хлоркальциевой трубкой в течении 5 часов. Очистка выполнена путем экстракции диэтиловым эфиром. Выход продукта составил 32 %. $t_{\text{плав}} = 66-68^\circ\text{C}$.

Таким образом, в результате нашей работы были получены этиловые эфиры различных производных бензойной кислоты с помощью реакции Вильямсона. Полученные вещества и их характеристики в сравнении со справочными данными, а также выходы реакции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики полученных веществ

Название	Экспериментальные характеристики	Литературные данные [5]	Выход
Этиловый эфир 3-бромбензойной кислоты	$t_{\text{кип}} = 146-148^\circ\text{C}$ (30 мм рт. ст.) $n_D = 1,5402$	$t_{\text{кип}} = 130-131^\circ\text{C}$ (12 мм рт. ст.) $n_D = 1,541$	39 %
Этиловый эфир 2-гидроксibenзойной кислоты (реакция Вильямсона)	$t_{\text{кип}} = 126-128^\circ\text{C}$ (30 мм рт. ст.) $n_D = 1,5222$	$t_{\text{кип}} = 232-234^\circ\text{C}$ (760 мм рт. ст.) $n_D = 1,522$	52 %
Этиловый эфир 2-гидроксibenзойной кислоты (этерификация)	$t_{\text{кип}} = 118-121^\circ\text{C}$ (20 мм рт. ст.) $n_D = 1,5235$	$t_{\text{кип}} = 232-234^\circ\text{C}$ (760 мм рт. ст.) $n_D = 1,522$	44 %
2,4-дигидроксibenзойная кислота	$t_{\text{плав}} = 208-209^\circ\text{C}$ (с разложением)	$t_{\text{плав}} = 208-211^\circ\text{C}$ (с разложением)	41 %
Этиловый эфир 2,4-дигидроксibenзойной кислоты (реакция Вильямсона)	$t_{\text{плав}} = 66-69^\circ\text{C}$	$t_{\text{плав}} = 69-72^\circ\text{C}$	77 %
Этиловый эфир 2,4-дигидроксibenзойной кислоты (реакция этерификации)	$t_{\text{плав}} = 66-68^\circ\text{C}$	$t_{\text{плав}} = 69-72^\circ\text{C}$	32 %

ЛИТЕРАТУРА

1. Заводнов В. С., Моренец И. П. Способ получения сложных эфиров карбоновых кислот. Патент РФ 2074853, МПК C07C 69/02, 69/22, 69/76, 69/78, C07D 307/46. Заявка: 93 93040265, 06.08.1993. Дата публикации: 10.03.1997.
2. William L. F. Process of preparating esters. US Patent No. 3,461,156. Patented Aug. 12, 1969.
3. Беккер Х. и [др.]. Органикум: В 2-х т. // Мир. 2008. Т. 2. 4-е изд. С. 488.
4. Доценко В. В., Беспалов А. В., Лукина Д. Ю. Синтез органических соединений: учеб.-метод. пособие // Кубанский государственный университет. 2020. С. 171.
5. Chemical Book. URL: <https://www.chemicalbook.com/> (дата обращения: 25.04.2024).

Вклад Д. И. Менделеева в развитие органической химии

Исламов Т. Р., студ. 1 курса

Науч. рук. – Парсаева Д. Д., препод.

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

Все мы знаем Д. И. Менделеева как великого ученого энциклопедиста, который внес большой вклад в развитие химии, физики, геологии и др. Немалое значение он имеет в области органической химии, которая к середине XIX века только начинает развиваться. Целью данной работы является изучение вклада Дмитрия Ивановича Менделеева в становление органической химии как отдельной ветви науки, а также рассмотрение его учебника «Органическая химия». В связи с недостатком учебных руководств в 1861 году Менделеев написал и опубликовал первый в России учебник по органической химии (рис. 1) [1].

Во время составления Менделеев пользовался многими иностранными источниками – журналами и сочинениями, однако не следовал какому-либо определенному курсу, стараясь создать краткое руководство и облегчить усвоение накопившегося материала. В то время Александр Михайлович Бутлеров уже сформулировал структурную теорию органических соединений, однако в книге Менделеева нет упоминания об этой теории. Дело в том, что Дмитрий Иванович не признавал учение структуристов и построил свой учебник на гомологии веществ и теории пределов. В книге приводится как общая информация об органических соединениях, так и описание многих классов и отдельных веществ. Благодаря краткой и четкой структуре руководства, полноте

изложения материала, а также высокой оценке слушателей и студентов учебник Дмитрия Ивановича в 1862 году был удостоен Демидовской премии (рис. 2) [2; 3].

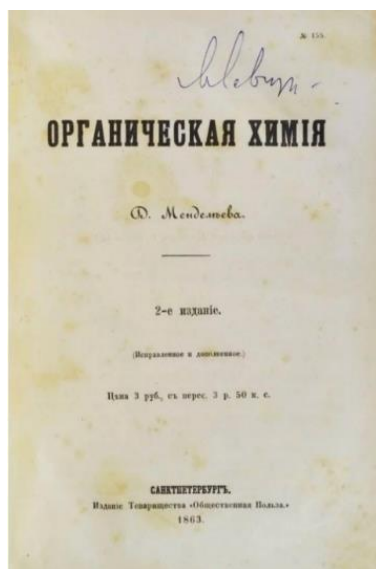


Рис. 2. Обложка второго издания «Органическая химия» Д. И. Менделеева (1863 г.)

После публикации второго издания учебника Д. И. Менделеев перестал активно заниматься этой областью науки, считая органическую химию не такой важной, как другие отрасли химии. Однако, в последующие годы у Дмитрия Ивановича были и другие работы в области органической химии. Например, «О нитрилах» (1868 г.), «О соединениях, содержащих группу NO_2 » (1871 г.), «Заметка о теплоте горения углеводов» (1882 г.) и др. [4].

Таким образом, Д. И. Менделеев внес весомый вклад в становление органической химии в России как отдельной научной дисциплины, а его учебник не имел аналогов среди других руководств того времени. Сам Дмитрий Иванович в дальнейшем занимался другими областями науки, однако его труды в области органической химии были по достоинству оценены и послужили на благо будущим поколениям химиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Менделеев Д. И. Органическая химия. 2-е изд., испр. и доп. // Спб.: изд. Тов. «Общественная польза». 1863 г. С. 535.
2. Тищенко В. Е., Младенцев М. Н. Дмитрий Иванович Менделеев, его жизнь и деятельность // Университетский период 1861–1890 гг. М.: Наука. 1993. С. 426.
3. Биография Д. И. Менделеева. Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева. URL: <https://www.muctr.ru/university/about/history/mendeleev/> (дата обращения: 28.04.2024).
4. Менделеев Д. И. Сочинения. Т. 08. Работы в области органической химии // Издательство Академии наук СССР. 1948 г. С. 665.

Изучение сорбции ионов цинка(II) на энтеросорбенте Сметта

Каратаева М. Н., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
mari4401@mail.ru

Цинк относится к металлам, широко используемым в самых разнообразных областях народного хозяйства, науки, техники и медицины. Например, хлориды, сульфаты и оксид цинка могут образовываться при хранении пищевых продуктов и воды в цинковой и оцинкованной посуде. Цинк плохо всасывается и



Рис. 1. Медаль Демидовской премии

оказывает в основном местное раздражающее действие на слизистую желудка. Симптомы отравления появляются очень быстро (от нескольких минут до 2–3 часов) после поступления цинка и проявляются в виде тошноты, рвоты, расстройства желудка. Кроме того, при избытке цинка может появиться малокровие с недостатком меди и железа. ПДК ионов цинка в воде – 10 мг/м³. Дети более чувствительны к отравлению цинком, чем взрослые [1]. Поэтому важным является определение содержания ионов Zn (II) на уровне ниже ПДК.

В данной работе использовали энтеросорбент «Смекта» (неосмектин, диосмектит, смектит диоктаэдрический), формула которого: $Al, Mg[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$. Препарат представляет собой вещество природного происхождения, обладающее протекторным действием в отношении слизистой оболочки желудка и кишечника, выраженными адсорбирующими свойствами. Являясь стабилизатором слизистого барьера, диосмектит образует поливалентные связи с гликопротеинами слизи и увеличивает продолжительность ее жизни, образуя физический барьер, который защищает слизистую оболочку пищеварительного тракта от отрицательного действия ионов H^+ , желчных солей, микроорганизмов, их токсинов и тяжелых металлов. Сорбционные свойства диосмектита объясняются его дискоидно-кристаллической структурой – плоской листовидной структурой, соединенной в единую систему, с размерами слоистых образований порядка 2 нм и менее и достаточно большой удельной поверхностью (до 100 м²/г). Характерно наличие двойного электрического слоя, где плоская часть пластинок имеет отрицательный заряд, а внешняя их обкладка – положительный, что существенно влияет на разнообразие поглощаемых молекул и облегчает коррекцию биологически важных катионов (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} и др.) [1].

Для оценки основных сорбционных свойств сорбента используется метод построения изотерм. Для построения изотермы необходимо вычислить концентрацию катионов Zn^{2+} до и после сорбции. Для этого был выбран фотометрический метод, который позволяет определить эффективность сорбции ионов цинка и получить данные для построения изотерм сорбции (Рис.).

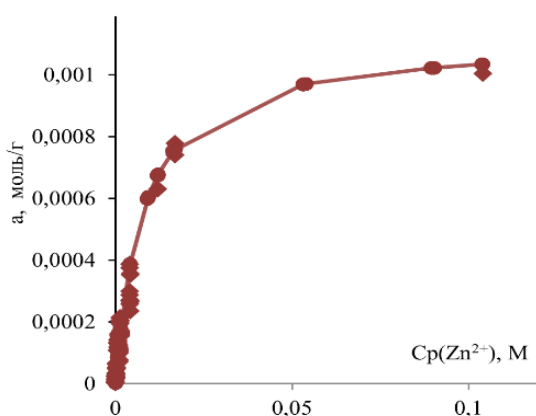


Рис. 1. Изотерма сорбции ионов Zn(II) при комнатной температуре

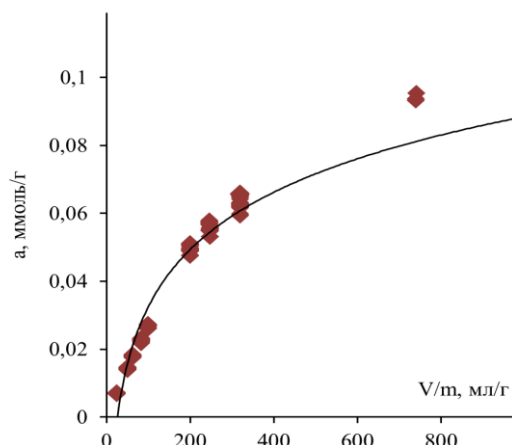


Рис. 2. График зависимости сорбционной емкости от модуля

Сорбция ионов цинка проходила из раствора $ZnSO_4$. Для определения концентраций использовали разбавленные растворы. Эксперимент проходил следующим образом: навеску сорбента «Смекта» массой 0,1 г помещали в коническую колбу, затем добавляли 50 мл рабочего раствора различной концентрации. Процесс сорбции проходил в течение суток. По истечении времени концентрации ионов Zn^{2+} определили с помощью фотометрического метода согласно методике [2].

Для оценки оптимального соотношения массы сорбента к объему раствора, обеспечивающего оптимальные значения степени извлечения ионов цинка, рассчитывали значения сорбции из растворов с концентрацией $2,5 \times 10^{-4}$ моль/л в диапазоне модуля раствор/сорбент (отношение объема раствора к массе сорбента) от 25 до 100 мл/г. Для этого были взяты различные навески сорбента в диапазоне от 0,1 до 1 г, которые залили различными объемами раствора сульфата цинка в диапазоне от 25 до 100 мл. Обнаружено, что с ростом значения модуля, сорбционная емкость растет. Данная зависимость изображена на рисунке 2. А на рисунке 3 с увеличением модуля степень извлечения падает.

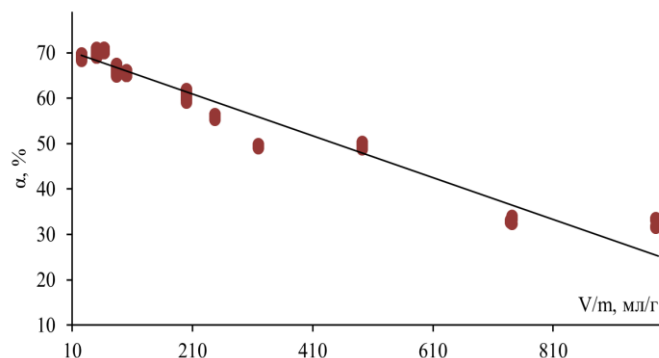
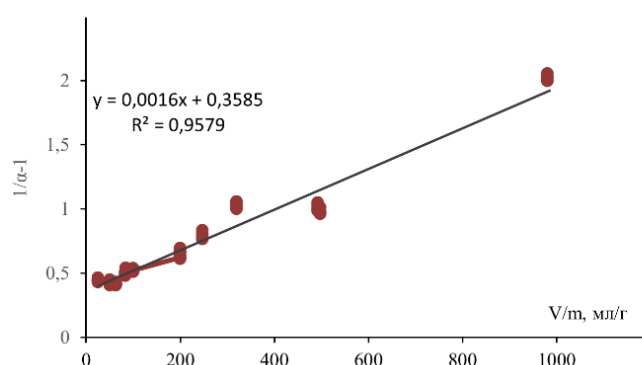


Рис. 3. График зависимости степени извлечения ионов цинка от модуля

Рис. 4. График зависимости $1/\alpha-1$ от модуля

Степень извлечения рассчитывали по формуле:

$$\alpha = \frac{(C_0 - C_{\text{равн}})}{C_0} \times 100\%;$$

где: C_0 – начальная концентрация раствора, моль/л; $C_{\text{равн}}$ – равновесная концентрация раствора, моль/л.

Экспериментальные данные, полученные при исследовании влияния модуля раствор/сорбент на степень извлечения ионов цинка, представлены в виде зависимости $1/\alpha-1$ от значения модуля (рис. 4), получены из формулы:

$$\frac{1}{\alpha} - 1 = \frac{1}{K_D} \times \frac{V}{m};$$

где: α – степень извлечения, %; K_D – коэффициент распределения, мг/г; $\frac{V}{m}$ – модуль, мг/г.

Было рассчитано значение коэффициента распределения, который характеризует распределение ионов металлов между фазой раствора и фазой сорбента, по формуле:

$$K_D = \frac{\alpha}{C_p} = \frac{(C_0 - C_p) \times V}{C \times m};$$

где: α – степень извлечения, %; V – объем раствора, л; C_0 – начальная концентрация раствора, моль/л; C_p – равновесная концентрация раствора, моль/л; m – масса навески образца, г. Найдено значение коэффициента распределения: $K_D = 625$ л/г.

Экспериментально показана эффективность применения энтеросорбента «Смекта»; также оценено влияние соотношения объема к массе сорбента на величину сорбции ионов цинка препаратом «Смекта». Показано, что с увеличением модуля увеличивается и сорбция ионов цинка из раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оскотская Э. Р., Юшкова Э. Ю., Чепелев С. В., Пешая М. А. Исследование условий сорбции ионов Zn(II) диосмектитом // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2013. № 3. С. 137–140.

2. ПНДФ 14.1:2.195-03 Количественный и химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов цинка в природных и очищенных сточных водах фотометрическим методом с сульфарсазеном. // Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия. 2012. С. 18.

Комплексообразование меди(II) с DL-лейцином

Карачева А. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Аль Ансари Я. Ф., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
angelina.karacheva01@gmail.com

α -Аминокислоты и их комплексные соли биогенных металлов характеризуются высокой биологической активностью и применяются в медицинской и ветеринарной практике [1–3].

Лейцин (2-амино-4-метилпентановая кислота, Leu, HX) – α -аминокислота. Содержит асимметрический атом углерода, обладает оптической активностью, существует в виде двух энантиомеров – L-лейцина и D-лейцина, а также в виде рацемата. L-лейцин относится к незаменимым для человека аминокислотам.

Изучение условий комплексообразования такого важного микроэлемента, как медь, с лейцином, а также состав и устойчивость образующихся соединений имеет практическое значение.

В качестве исходных соединений в работе использовали DL-лейцин и $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Исследование проводили с использованием методов спектрофотометрии, а также методами косвенной потенциометрии и кондуктометрии. Протолитические свойства лейцина исследовали методом рН-метрического титрования (рис. 4). Рассчитанные алгебраическим методом Шварценбаха значения констант кислотности хорошо согласуются с литературными (табл. 1).

Таблица 1

Константы кислотности лейцина

$\text{pK}_{a,i}$	Наши данные	Литературные данные [1]
$\text{pK}_1 (-\text{NH}_3^+)$	9,98	9,75
$\text{pK}_2 (-\text{COOH})$	2,14	2.36

Аквакомплекс меди(II) имеет широкую полосу поглощения с $\lambda_{\text{max}} = 815$ нм. При добавлении лейцина и щелочи происходит увеличение интенсивности и гипсохромное смещение полосы поглощения (рис. 1). При этом, при увеличении относительного содержания лейцина наблюдается дальнейшее гипсохромное смещение полосы: с 715 (для раствора с соотношением $\text{Cu(II)} : \text{Leu}$, равным 1:1) до 700 нм ($\text{Cu(II)} : \text{Leu} = 1:3$). Изменения в спектрах для растворов с соотношением 1:2 и 1:3 незначительны, поэтому не могут служить доказательством образования трис-комплекса меди.

Для определения мольного соотношения компонентов в координационной сфере исследовали зависимость оптической плотности растворов от количества лейцина (рис. 2). Исследование проводили на длине волны 700 нм, поскольку изменения оптической плотности растворов с различным содержанием лейцина на ней максимальны. Установлено образование комплексных частиц с соотношениями $\text{C}(\text{Cu}^{2+}) : \text{C}(\text{Leu})$, равными 1:1 и 1:2.

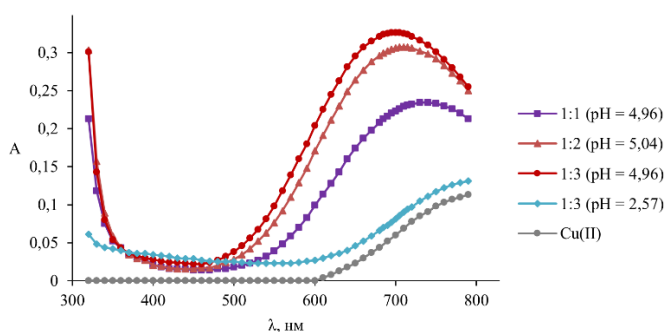


Рис. 1. ЭСП: $\text{C}(\text{Cu}^{2+}) = 0,002$ М; $l = 5$ см

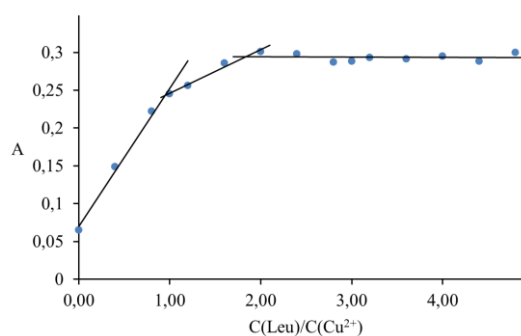


Рис. 2. Кривая насыщения: $\text{C}(\text{Cu}^{2+}) = 0,002$ М,
 $\lambda = 700$ нм, $l = 5$ см

В качестве дополнительного метода установления состава комплексов использовали метод кондуктометрического титрования. Титрование проводили несколькими способами – титровали раствором лейцина раствором сульфата меди и наоборот, а лейцин использовали как в форме X^- (раствор нейтрализовали щелочью – $C(\text{Leu}) : C(\text{NaOH}) = 1:1$), так и в форме HX . Данное исследование подтвердило образование комплексных соединений состава 1:1 и 1:2, а также показало возможное образование комплекса с соотношением 1:3.

Для установления влияния кислотности среды на процесс комплексообразования была исследована зависимость оптической плотности растворов соли меди с лейцином от pH (рис. 3). Растворы смешивали в мольном соотношении 1:3 для того, чтобы реализовать максимально возможную координацию меди(II). Как видно из графика, процесс комплексообразования начинается при pH около 2,5 ед., а после 4,5 начинается образование осадка комплекса меди с лейцином. С использованием метода Бента-Френча смоделировали реакцию комплексообразования бис-комплекса меди $[\text{Cu}(\text{X})_2]$ и рассчитали его константу устойчивости: $\lg\beta_2 = 11,8$.

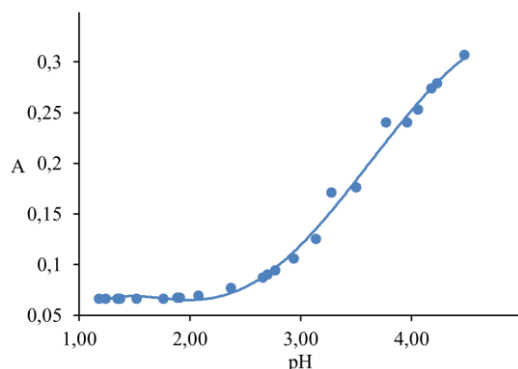


Рис. 3. Зависимость оптической плотности раствора Cu^{2+} - Leu 1:3 от pH:
 $C(\text{Cu}^{2+}) = 0,002 \text{ M}$; $\lambda = 700 \text{ nm}$; $l = 5 \text{ cm}$

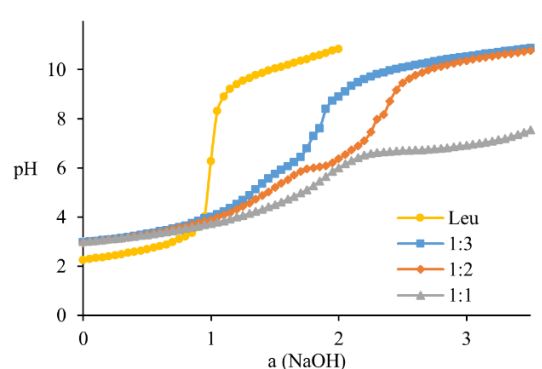


Рис. 4. Потенциометрическое титрование раствора Leu и растворов $\text{Cu}(\text{II})$ - Leu: $\mu = 0,1$ (KCl)

Для определения устойчивости комплекса лейцина с ионами меди в водных растворах проведены потенциометрические исследования и построены кривые потенциометрического титрования растворов лейцина в присутствии раствора соли меди, взятых в соотношениях металл – лиганд 1 к 1, 1 к 2 и 1 к 3 (рис. 4). Кривые титрования смеси, по сравнению с кривой титрования чистого лейцина, лежат значительно в более кислой области, что свидетельствует о происходящих в системах процессах комплексообразования. Комплексообразование, как видно из кривых, начинается после отрыва первого протона от лейцина ($\text{H}_2\text{X}^+ \rightleftharpoons \text{HX} + \text{H}^+$) при pH около 3 единиц и заканчивается при pH около 11. Следовательно, в комплексообразовании участвуют нейтральная (HX) и депротонированная (X^-) формы лейцина. Используя полученные данные, рассчитали константы устойчивости комплексов $[\text{CuX}]^+$ и $[\text{CuX}_2]$, логарифмы которых соответственно равны: $\lg\beta_1 = 7,54$; $\lg\beta_2 = 12,07$.

Таким образом, определен интервал pH комплексообразования, установлено преимущественное образование комплексов с соотношением $\text{Cu}^{2+} : \text{Leu}$, равным 1:1 и 1:2, рассчитаны их константы устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яцимирский К. Б., Крисс Е. Е. Константы устойчивости комплексов металлов с биолгандами // Киев. 1979. С. 47.

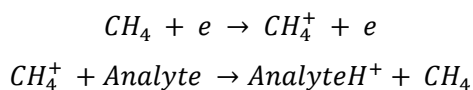
Изучение метода хроматомасс-спектрометрического анализа в режиме положительной химической ионизации

Князев Д. А., студ.1 курса аспирантуры

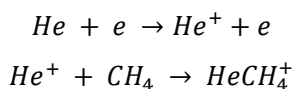
Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

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

Химическая ионизация (ХИ) с использованием гелия и метана в качестве реагентных газов – это распространенный метод в масс-спектрометрии, применяемый для анализа различных соединений. В ХИ происходит ионизация молекул аналита за счет реакций с ионами реагентного газа. В случае гелия и метана, основными реакциями являются: ионизация протонным переносом, например



, а также ионизация за счет образования заряженных молекулярных комплексов:



ХИ имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами ионизации, например, электронным ударом (ЭИ):

- Мягкая ионизация: ХИ приводит к образованию меньше фрагментированных ионов, что позволяет получить более информативные масс-спектры молекулярной структуры;
- Снижение образования аддуктов: ХИ менее склонна к образованию аддуктов с ионами реагентного газа, что упрощает интерпретацию масс-спектров;
- Селективная ионизация: Подбор реагентного газа может позволить селективно ионизировать определенные классы соединений.

Химическая ионизация обычно проводится в масс-спектрометре с двойной фокусировкой, который имеет источник ионов, камеру ионизации, анализатор масс и детектор: источник ионов (в источнике ионов происходит ионизация гелия и метана электронным ударом), камера ионизации (в камере ионизации происходит взаимодействие ионов реагентного газа с молекулами аналита), анализатор масс (анализатор масс разделяет ионы по их отношению масса/заряд), детектор (детектор регистрирует ионы, прошедшие через анализатор масс). Метод ХИ используется для анализа различных соединений, включая углеводороды: алканы, алкены, алкины, ароматические соединения; гетероциклические соединения: пиридин, пиррол, имидазол, фуран; спирты: первичные, вторичные, третичные спирты; фенолы: простые фенолы, замещенные фенолы; амины: первичные, вторичные, третичные амины. К преимуществам ХИ следует отнести следующие моменты, как мягкая ионизация, снижение образования аддуктов, селективная ионизация. В качестве недостатков следует отметить более низкую чувствительность, чем у ЭИ, необходимость использования реагентных газов.

В статье Александровой Ж. А. и Кузьминой Н. Н. «Влияние биофлавоноида дигидрокверцетина на некоторые показатели крови, гистологические и гистохимические параметры мышечной орбиты» [1] представлены результаты исследования химической ионизации гелий+метан для анализа N-нитрозосоединений. Авторы статьи провели анализ N-нитрозосоединений в режиме положительной ХИ с гелием и метаном в качестве реагентных газов. Было получено, что при данном режиме ионизации не происходит фрагментации молекулярного иона, что приводит к образованию только протонированного молекулярного иона.

На рисунке 1 представлена хроматограмма анализируемых веществ в режиме положительной ХИ. На рисунках 2–8 представлены масс-спектры N-нитрозосоединений, полученные в режиме положительной ХИ. Авторы статьи также провели анализ N-нитрозосоединений в режиме отрицательной ХИ. На рисунке 9 представлена хроматограмма анализируемых веществ в режиме отрицательной ХИ.

Таким образом, ХИ с использованием гелия и метана в качестве реагентных газов является ценным методом анализа N-нитрозосоединений. К преимуществам ХИ в данном случае следует отнести следующее: мягкая ионизация [2; 3] (мягкая ионизация приводит к образованию меньше фрагментированных ионов, что позволяет получить более информативные масс-спектры молекулярной структуры), отсутствие фрагментации молекулярного иона (в режиме положительной ХИ не происходит фрагментации молекулярного иона, что приводит к образованию только протонированного молекулярного иона), специфичность (ХИ может быть селективно использована для ионизации N-нитрозосоединений).

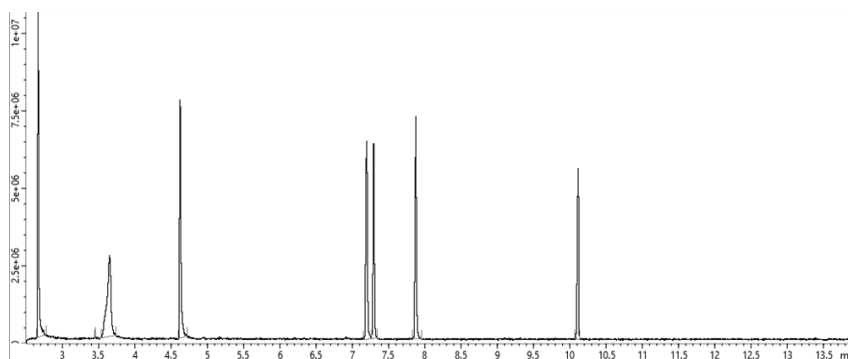


Рис. 1. Хроматограмма анализируемых веществ в режиме положительной ХИ с газом-носителем гелий и газом-реагентом метан

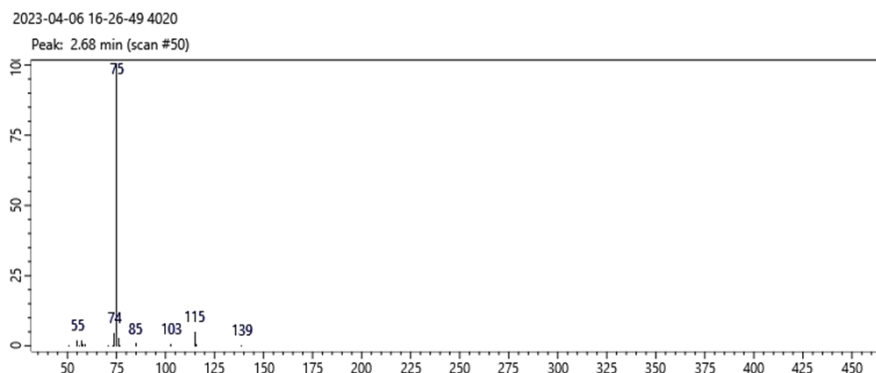


Рис. 2. Масс-спектр N-нитрозодиметиламина в режиме положительной ХИ с газом-носителем гелий и газом-реагентом метан

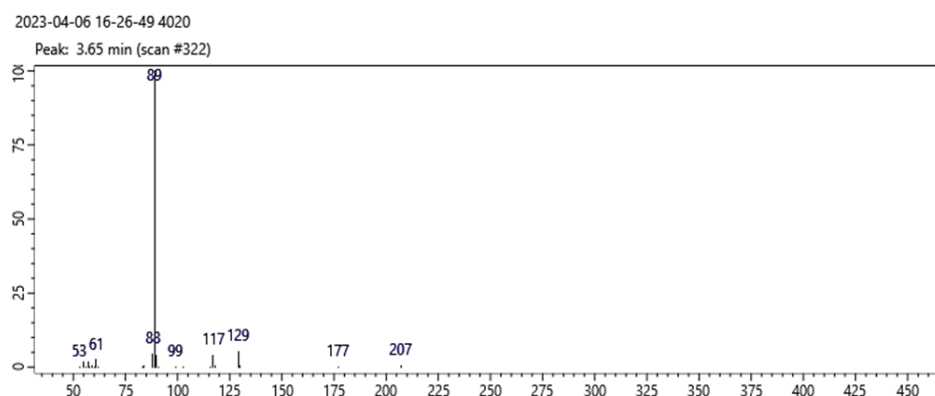


Рис. 3. Масс-спектр N-нитрозометилэтиламина в режиме положительной ХИ с газом-носителем гелий и газом-реагентом метан

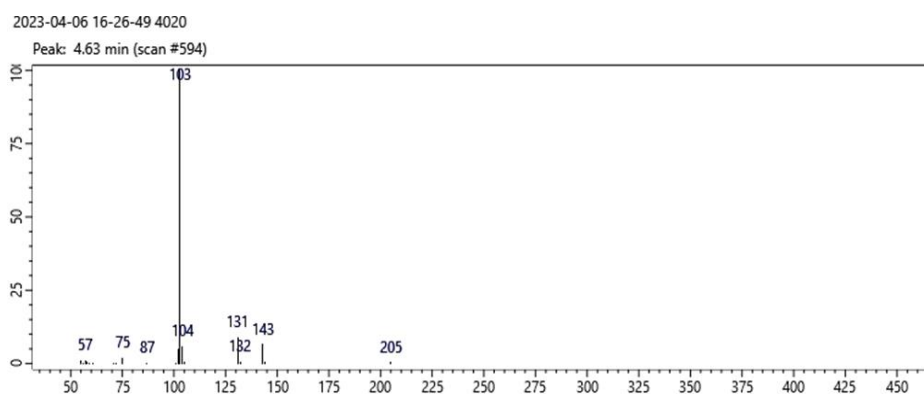


Рис. 4. Масс-спектр N-нитрозодиэтиламина в режиме положительной ХИ с газом-носителем гелий и газом-реагентом метан

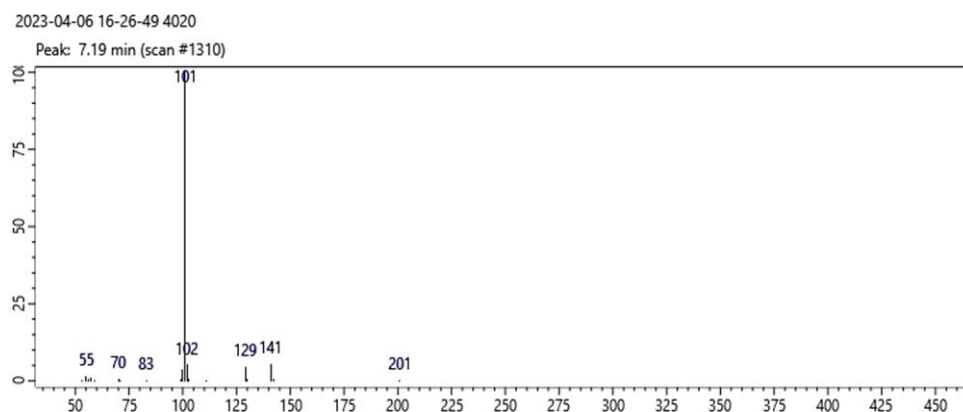


Рис. 5. Масс-спектр 1-нитропиперидин в режиме положительной ХИ с газом-носителем гелий и газом-реагентом метан

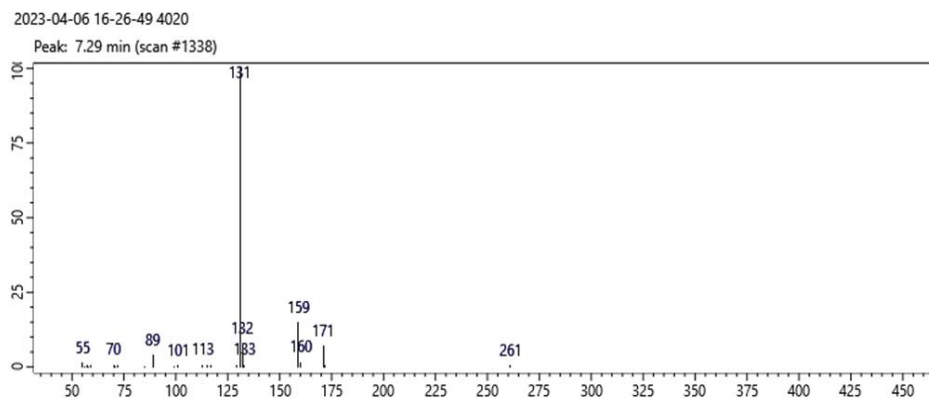


Рис. 6. Масс-спектр N-нитрозоди-н-пропиламин в режиме положительной ХИ с газом-носителем гелий и газом-реагентом метан

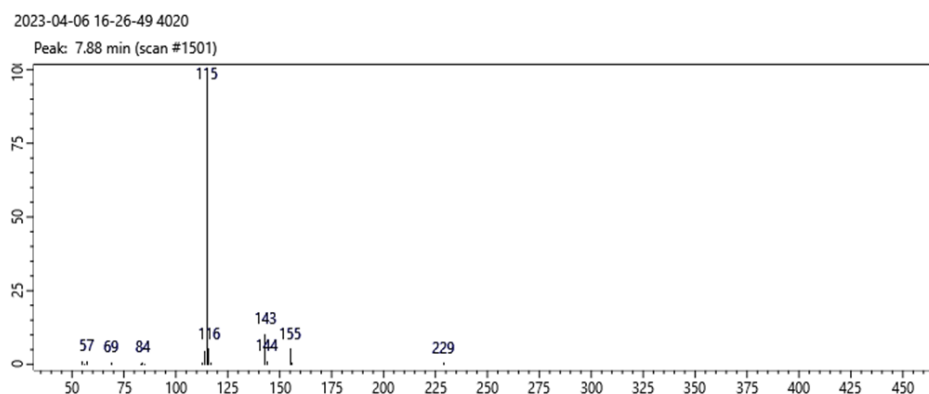


Рис. 7. Масс-спектр 1-нитрозопирролидин в режиме положительной ХИ с газом-носителем гелий и газом-реагентом метан

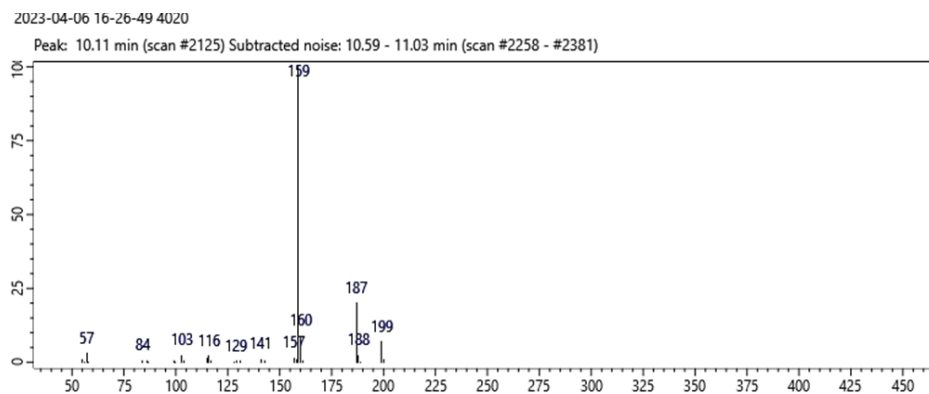


Рис. 8. Масс-спектр N-нитрозодибтиламин в режиме положительной ХИ с газом-носителем гелий и газом-реагентом метан

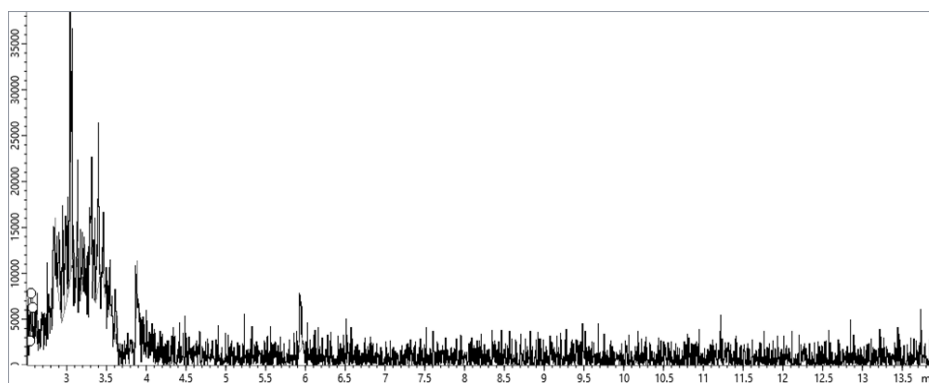


Рис. 9. Хроматограмма анализируемых веществ в режиме отрицательной ХИ с газом-носителем гелий и газом-реагентом метан

К недостаткам можно отнести более низкую чувствительность (ХИ имеет более низкую чувствительность, чем другие методы ионизации, например, электронный удар), необходимость использования реагентных газов (для проведения ХИ требуются реагентные газы, такие как гелий и метан).

В целом, ХИ является эффективным методом анализа N-нитрозосоединений [4]. Она позволяет получить информативные масс-спектры молекулярной структуры и может быть селективно использована для ионизации этих соединений. В качестве рекомендаций можно указать следующее: помимо гелия и метана, для ХИ N-нитрозосоединений могут быть использованы другие реагентные газы, например, аммиак или аргон, для сравнения информативности масс-спектров, полученных с помощью ХИ, с масс-спектрами, полученными с помощью других методов ионизации, например, ЭИ, могут быть проведены дополнительные исследования, ХИ может быть использована для анализа других классов соединений, помимо N-нитрозосоединений.

Таким образом, химическая ионизация гелий+метан – это ценный метод анализа N-нитрозосоединений. Она позволяет получить информативные масс-спектры молекулярной структуры и может быть селективно использована для ионизации этих соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянова Н. С., Демина А. Ю., Курбатова С. В. Хроматографическое удерживание производных тиафена в ОФ ВЭЖХ // Бутлеровские сообщения. 2010. Т. 20. № 6. С. 27–34.
2. Барсукова Д. А., Коваленко А. Е., Кардонский Д. А., Еганов А. А. Разработка химико-аналитического метода определения метаболитов эфедрина водного экстракта из побегов эфедры в моче методом ГХ-МС Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 32. № 11. С. 101–104.
3. Ашихмина Т. Я., Мамаева Ю. И., Растегаев О. Ю. Химико-аналитическое сопровождение государственного экологического контроля и мониторинга природных сред в районе уничтожения химического оружия // Бутлеровские сообщения. 2010. Т. 23. № 15. С. 73–80.
4. Серов Ю. М., Савкин В. В. Исследование адсорбции Метафоса и ДНОК на почве методом газовой хроматографии // Бутлеровские сообщения. 2011. Т. 27. № 15. С. 80–84.

Исследование возможности использования азота, как газ-носитель, и воды, как газ-реагент, в хроматомасс-спектрометрии в режиме положительной химической ионизации

Князев Д. А., студ.1 курса аспирантуры

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

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

Данная статья представляет собой расширенное и углубленное исследование применения азота в качестве газа-носителя и воды в качестве газа-реагента в режиме положительной химической ионизации (ХИ) для анализа органических соединений. Как известно, в режиме положительной ХИ молекулы газа-реагента ионизируются под действием электронов, генерируя ионы. Эти ионы, в свою очередь, вступают в реакцию с молекулами анализируемого вещества, образуя протонированные молекулярные ионы ($[MН^+]$) или их фрагменты [1].

Азот, являясь инертным газом, идеально подходит для роли газа-носителя. Отсутствие взаимодействия с молекулами анализируемого вещества минимизирует образование нежелательных продуктов реакции. Молекула воды, будучи полярной, способна ионизироваться под действием электронов, образуя протонированные водные кластеры ($[H(H_2O)_n]^+$). Эти кластеры могут вступать в реакцию с молекулами анализируемого вещества, формируя протонированные молекулярные ионы ($[MН^+]$) или их фрагменты.

Экспериментальное исследование включало серию экспериментов с использованием азота в качестве газа-носителя и воды в качестве газа-реагента. Скорость потока газа-реагента варьировалась от 1 до 3 мл/мин. Анализ показал, что при скорости потока газа-реагента 1 и 3 мл/мин результаты либо слабо подвергались химической ионизации, либо перенасыщались протонированными водными кластерами. При скорости потока 2 мл/мин удалось добиться образования протонированного иона, а также наблюдалась фрагментация в масс-спектре. Изучение масс-спектров продемонстрировало, что вода или водяные пары могут использоваться в качестве газа-реагента для анализа компонентов с высокой молекулярной массой. Кроме того, более детальное изучение экспериментальных фактов показало, что при скорости потока 1 мл/мин ионизация была слабой, что, вероятнее всего, связано с недостаточным количеством протонированных водных кластеров для эффективной реакции; при скорости потока 3 мл/мин наблюдалось перенасыщение протонированными водными кластерами, что мешало образованию протонированных молекулярных ионов ($[MН^+]$); оптимальной скоростью потока оказалась 2 мл/мин, при которой достигался баланс между количеством протонированных водных кластеров и образованием протонированных молекулярных ионов ($[MН^+]$). Также было выявлено,

что фрагментация, наблюдаемая в масс-спектрах при скорости потока 2 мл/мин, может быть объяснена «жестким» характером воды или водяных паров в качестве газа-реагента, «жесткий» газ-реагент может приводить к более энергичным столкновениям между молекулами, что, в свою очередь, может вызывать фрагментацию протонированных молекулярных ионов ($[MH^+]$). Экспериментально полученные масс-спектры показали, что вода или водяные пары могут эффективно использоваться для анализа компонентов с высокой молекулярной массой, что может быть связано с тем, что «жесткий» характер воды или водяных паров способствует фрагментации более крупных молекул, делая их более «видимыми» в масс-спектре [2; 3].

Таким образом, использование азота в качестве газа-носителя и воды в качестве газа-реагента в режиме положительной ХИ является перспективным методом для анализа органических соединений. На хроматограммах наблюдается хорошее разделение компонентов. Масс-спектры содержат информацию о молекулярной массе и фрагментах N-нитрозосоединений. Использование азота в качестве газа-носителя и воды в качестве газа-реагента в режиме положительной ХИ является перспективным методом анализа N-нитрозосоединений. Этот метод позволяет получить информацию о молекулярной массе, структуре и фрагментации N-нитрозосоединений. В дальнейшем планируется провести исследования для оптимизации параметров потока газа-реагента, сравнить информативность масс-спектров, полученных с помощью хх с азотом и водой, с масс-спектрами, полученными с помощью ХИ с гелием и метаном, а также использовать ХИ с азотом и водой для анализа других классов соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разаренова К. Н., Сипкина Н. Ю., Жохова Е. В. Динамика накопления некоторых фенольных соединений в наземной и подземной частях *Geranium pratense* L. // Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 31. № 7. С. 93–97.
2. МУ 2542-76 МЗ СССР Методические указания по определению симметричных гербицидов (симазина, атразина, пропазина, прометрина, семерона, мезоранила, метазина, метопротрина, приматола-м) в зерне кукурузы, воде и почве методом газожидкостной хроматографии. Утверждены Минздравом СССР. М. 1976.
3. ПНД Ф 14.1.2:4.204-04. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения массовой концентрации хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов (ПХБ) в пробах питьевых, природных и сточных вод методом газовой хроматографии. – Взамен ПНД Ф 14.2:4.74-96; ПНД Ф 14.1.79-96; введ. 17.05.2004. М.: Аналитический центр контроля качества воды ЗАО «РОСА». 2004. 32с.

Спектрофотометрическое исследование комплексообразования никеля(II) в водных растворах этилендиаминтетрауксусной кислоты и полиаминов

Кошкин А. А., студ. 2 курса

Науч. рук. – Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
aleksey.koshkin.99@gmail.com

Изучение процессов комплексообразования в поликомпонентных системах, содержащих несколько металлоцентров или комплексообразующих реагентов, является одним из актуальных направлений развития современной координационной химии и направлено на поиск закономерностей взаимного влияния металлов и лигандов, а также их совместимости в координационной сфере соединений [1; 2]. Наибольший интерес представляют поликомпонентные системы с полидентатными лигандами, определяющими сложный конкурирующий характер взаимодействий между центральным атомом и реагентами [3; 4]. Сведения о составе, строении и термодинамической устойчивости образующихся в таких системах комплексных частиц составляют основу для теоретического моделирования и разработки эффективных композиций, обладающих заданными свойствами для решения различных прикладных задач.

Ранее было показано, что в растворах тройной системы, содержащей катионы никеля(II), этилендиаминтетрауксусную кислоту (Edta) и полиамины: диэтилентриамин (Dien) или триэтилендиамин (Trien) с эквимолярным соотношением компонентов, происходит преимущественное хелатирование металлоцентра анионами полиаминополикарбоксилатного лиганда [5]. В данной работе приведены результаты детального спектрофотометрического исследования реакций образования комплексных частиц в растворах с постоянной эквимолярной концентрацией Edta и полиаминов и изменяющимся содержанием комплексообразователя. Соотношение компонентов в растворах изменялось от 0,1 : 1 : 1 до 2,3 : 1 : 1. В растворах поддерживали кислотность среды, оптимальной для образования как полиаминных комплексов, так и Edta-комплексоната металла ($pH = 10,0 \pm 0,1$). На рисунках 1 и 2 показано изменение электронных спектров поглощения растворов (ЭСР) тройных систем Ni(II) – Edta – Dien и Ni(II) – Edta – Trien по мере возрастания концентрации катионов металла.

Согласно полученным данным в обеих тройных системах с повышением содержания комплексообразователя происходит увеличение светопоглощения растворах на длине волны 600 нм, соответствующей характеристическому максимуму светопоглощения Edta-хелата никеля(II), вплоть до мольного соотношения Ni(II) – Edta – полиамин, равного 1 : 1 : 1. Для этого мольного соотношения на зависимостях $A = f(C(\text{Ni}^{2+}) : C(\text{Edta}) : C(\text{полиамин}) = X : 1 : 1)$ зарегистрирован излом графиков (рис. 3 и 4). ЭСП растворов тройных систем Ni(II) : Edta : Dien = 1 : 1 : 1 и Ni(II) : Edta : Trien = 1 : 1 : 1 (кривые 3 на рис. 4 и 6) полностью совпадают с ЭСП двойной системы Ni : Edta = 1 : 1 (кривые 4 на рис. 4 и 6), что свидетельствует о формировании в растворах тройных систем только этилендиаминтетраацетатного хелата никеля(II) и отсутствие взаимодействия катионов металла с полиаминами.

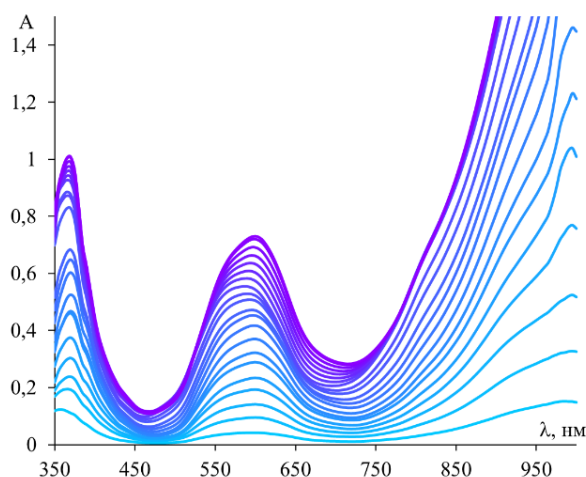


Рис. 1. Изменение ЭСП растворов тройной системы Ni(II) – Edta – Dien при изменении концентрации никеля(II). $C(\text{Edta}) = C(\text{Dien}) = 0,02$ моль/л, $l = 30$ мм

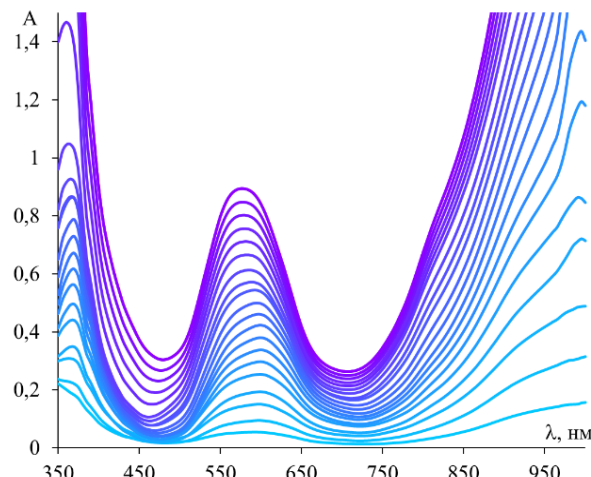


Рис. 2. Изменение ЭСП растворов тройной системы Ni(II) – Edta – Trien при изменении концентрации никеля(II). $C(\text{Edta}) = C(\text{Trien}) = 0,02$ моль/л, $l = 30$ мм

Последующее увеличение концентрации никеля(II) в растворах Edta и Dien сопровождается незначительным гипсохромным смещением максимума светопоглощения. В ЭСП раствора с мольным соотношением Ni(II) : Edta : Dien = 1,5 : 1 : 1 наибольшее значение оптической плотности полосы светопоглощения в видимой области регистрируется на длине волны 585 нм. На зависимости $A = f(C(\text{Ni}^{2+}) : C(\text{Edta}) : C(\text{Dien}) = X : 1 : 1)$ излом графика мало выражен. Однако при математической обработке ЭСП растворов установлено, что в растворах тройной системы Ni(II) : Edta : Dien = 1,5 : 1 : 1 образуется смесь однороднолигандных комплексов составов $[\text{NiEdta}]^{2-}$ и $[\text{Ni}(\text{Dien})_2]^{2+}$, поскольку ЭСП тройной системы (кривая 2 рис. 4) совпадает с ЭСП, полученным суммированием оптической плотности растворов на индивидуальных длинах волн двойных систем Ni(II) : Edta = 1 : 1 и Ni(II) : Dien = 0,5 : 1 (кривая 7 рис. 4).

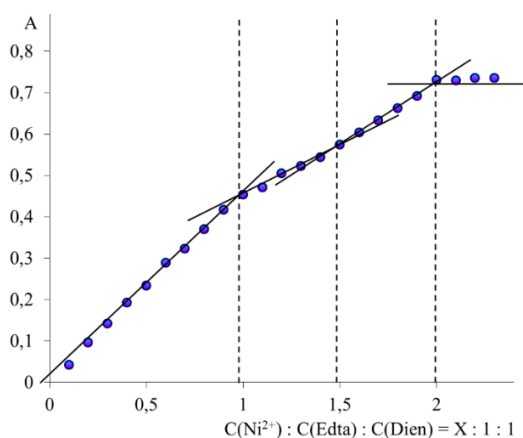


Рис. 3. Зависимость изменения оптической плотности растворов тройной системы Ni(II) – Edta – Dien при изменении концентрации никеля(II). $C(\text{Edta}) = C(\text{Dien}) = 0,02$ моль/л, $\lambda = 600$ нм, $l = 30$ мм

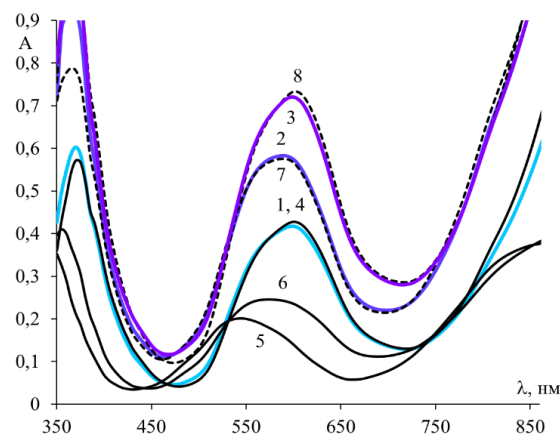


Рис. 4. ЭСП растворов тройных систем Ni(II) : Edta : Dien = 1 : 1 : 1 (1), 1,5 : 1 : 1 (2), 2 : 1 : 1 (3), двойных систем Ni(II) : Edta = 1 : 1 (1), Ni(II) : Dien = 0,5 : 1 (5), 1 : 1 (6) и расчетные спектры (7, 8) $C(\text{Edta}) = C(\text{Dien}) = 0,02$ моль/л, $l = 30$ мм

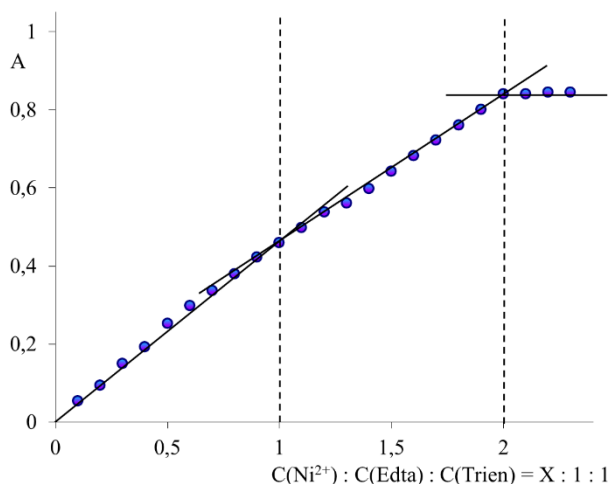


Рис. 5. Зависимость изменения оптической плотности растворов тройной системы Ni(II) – Edta – Trien при изменении концентрации никеля(II).
C(Edta) = C(Trien) = 0,02 моль/л, $\lambda = 600$ нм, $l = 30$ мм

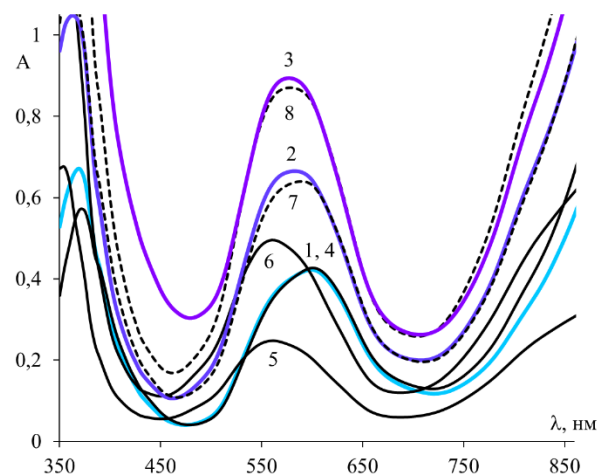


Рис. 6. ЭСП растворов тройных систем Ni(II) : Edta : Trien = 1 : 1 : 1 (1), 1,5 : 1 : 1 (2), 2 : 1 : 1 (3), двойных систем Ni(II) : Edta = 1 : 1 (1), Ni(II) : Trien = 0,5 : 0,5 (5), 1 : 1 (6) и расчетные спектры (7, 8)
C(Edta) = C(Trien) = 0,02 моль/л, $l = 30$ мм

Раствор с двухкратным избытком катионов никеля(II) по сравнению с содержанием Edta и Dien представляет собой равновесную смесь монодиэтиленetriаминного и этилендиаминтетраацетатного хелатов никеля(II), что подтверждается совпадением ЭСП раствора тройной системы Ni(II) : Edta : Dien = 2 : 1 : 1 ($\lambda_{\max} = 600$ нм) и суммарным ЭСП двойных систем Ni(II) : Edta = 1 : 1 и Ni(II) : Dien = 1 : 2 (кривые 3 и 8 рис. 4).

В растворах тройной системы Ni(II) – Edta – Trien при концентрации катионов металла больше, чем 1 : 1 : 1, происходят процессы внедрения полиаминного лиганда в координационную сферу несвязанных комплексообразованием с Edta катионов никеля(II) и образование монотриэтилентетрааминного хелата. ЭСП растворов тройной системы Ni(II) – Edta – Trien с мольным соотношением от 1,1 : 1 : 1 до 2 : 1 : 1 ($\lambda_{\max} = 585$ нм) согласуются с расчетными ЭСП, полученными комбинацией ЭСП двойной системы Ni(II) : Edta = 1 : 1 и двойной системы Ni(II) : Trien = 1 : 1 с концентрацией, соответствующей содержанию несвязанных в Edta-хелат катионов никеля(II) (рис. 6). Последовательное увеличение содержания комплексных частиц $[\text{NiTrien}]^{2+}$ в растворах определяет монотонное изменение оптической плотности растворов от соотношения Ni(II) : Edta : Trien = 1 : 1 : 1 до соотношения Ni(II) : Edta : Trien = 2 : 1 : 1 на зависимости $A = f(C(\text{Ni}^{2+}) : C(\text{Edta}) : C(\text{Trien}) = X : 1 : 1$ (рис. 5). Превышение двухкратного избытка катионов металла по отношению к содержанию Edta и полиаминов в обеих тройных системах обуславливает гидролиз незакомплексованного никеля(II) и образование его малорастворимого гидроксида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев В. И., Алабдулла Г. Ф. Моно- и полиядерные комплексонаты кобальта(II) и никеля(II) в водных растворах 2-амино-3-метилбутановой кислоты // Бутлеровские сообщения. 2016. Т. 46. № 5. С. 38–44.
2. Щеглова Н. В., Попова Т. В. Смешанно-лигандные комплексы никеля(II) и меди(II) в реакциях конкурирующего хелатирования полиаминополиацетатными и полиаминными лигандами // Известия Академии наук. Серия химическая. 2020. № 9. С. 1771–1777.
3. Оразаева О. А., Щеглова Н. В., Попова Т. В. Гетеролигандное и конкурирующее комплексообразование в тройных системах медь(II) – иминодиуксусная кислота – полиамин // Вестник Технологического университета. 2022. Т. 25. № 9. С. 12–17.
4. Щеглова Н. В., Попова Т. В. Гетеролигандное комплексообразование в тройных системах никель(II)/медь(II)-иминодиуксусная кислота-полиамин // Известия Академии наук. Серия химическая. 2023. Т. 72. № 7. С. 1553–1559.
5. Кошкин А. А. Хелатирование катионов никеля(II) этилендиаминтетрауксусной кислотой в водных растворах диэтиленetriамина и триэтилентетрамина // Современные проблемы естественных наук и фармации: сборник статей Всероссийской научной конференции : сб. статей Всероссийской научной конференции. Йошкар-Ола, 2023. С. 482–484.

Получение галогенпроизводных 2-феноксиацетонитрила

Кудрявцева М. Е., студ. 2 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доцент

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
kalcheva00@list.ru

Феноксикислоты, их производные и галогензамещенные соединения имеют большое значение в аграрной промышленности. Это связано с доступностью исходных продуктов и их биологической активностью, что приводит к возможности использования феноксикислот и их производных в качестве гербицидов для защиты растений. Поскольку в настоящее время активно развивается агрокультура, необходима разработка новых соединений для эффективного устранения неблагоприятных биологических факторов. Ранее была проведена работа получения феноксикислот и их производных [1].

Известно, что высокой активностью обладают нитросоединения, что позволяет расширить область их применения и делает актуальным направления, связанных с получением нитро-галогенпроизводных феноксикислот.

Цели и задачи работы:

- 1) Получение 2-феноксиацетонитрила
- 2) Получение 2,4-дихлорфеноксиацетонитрила
- 3) Получение 2,4-дибромфеноксиацетонитрила

Ранее нами были получены производные 2-феноксипропионовой кислоты, нашей задачей стало расширение и модификации методик. На первом этапе мы приступили к реакции получения 2-феноксиацетонитрила. В синтезе 2-феноксиацетонитрила основой служит взаимодействие фенола с гидроксидом натрия и последующим взаимодействием с ацетонитрилом [2]. К навеске фенола добавили 33% раствор гидроксида натрия, далее ввели ацетонитрил. Реакция проводилась на кипящей водяной бане 2 часа. Был проведен контроль синтеза с помощью ТСХ. По окончании реакции выделили и очистили осадок бело-желтого цвета.

$\eta = 65\%$. $T_{пл.} = 130 - 131^\circ\text{C}$.

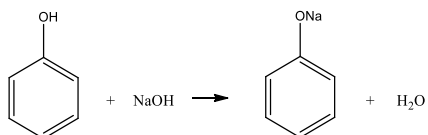


Рис. 1. Получение фенолята натрия

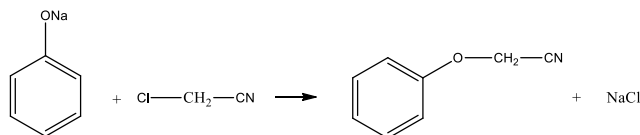


Рис. 2. Получение 2-феноксиацетонитрила

Получив и очистив целевой 2-феноксиацетонитрил, мы приступили к получению полигалогенпроизводных. Как было показано ранее, одним из способов хлорирования является окислительная система концентрированной соляной кислоты и перекиси водорода. Реакция проводилась в аналогичных условиях получения 2-феноксипропионовой кислоты. К рассчитанному количеству 2-феноксиацетонитрила добавили избыток концентрированной соляной кислоты и эквивалентное количество перекиси водорода. Реакция проводилась на кипящей водяной бане 1,5 часа. Контроль реакции проводился методом ТСХ. По окончании реакции извлекли и очистили продукт.

$\eta = 60\%$. $T_{пл.} = 180 - 181^\circ\text{C}$.

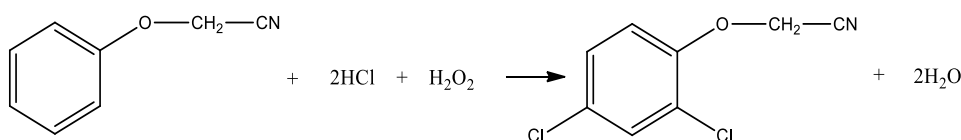


Рис. 3. Получение 2,4-дихлорфеноксиацетонитрила

Успешно получив хлорпроизводное 2-феноксиацетонитрила, мы приступили к бромированию 2-феноксиацетонитрила. Синтез проводился двумя способами. Первый способ бромирования осуществлялся в применении свежеприготовленной бромид-броматной смеси в присутствии концентрированной соляной кислоты [3]. Реакция проводилась на кипящей водяной бане 1,5 часа и контролировалась ТСХ. По окончании реакции продукт извлекли и очистили.

$\eta = 63\%$. $T_{пл.} = 154 - 155\text{ }^{\circ}\text{C}$.

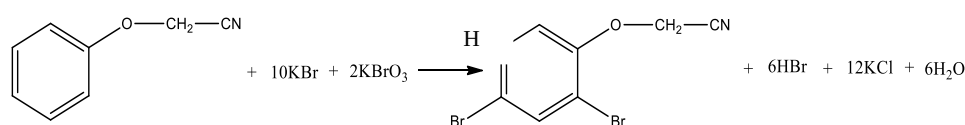


Рис.4. Получение 2,4-дибромфеноксияцетонитрила с использованием бромид-броматной смеси в кислой среде

Второй способ bromирования основан на использовании окислительной системы из бромоводородной кислоты и перекиси водорода [4]. К рассчитанному количеству 2-феноксияцетонитрила добавили избыток бромоводородной кислоты и эквивалентное количество перекиси водорода. После смешивания всех реагентов реакцию выдерживали на кипящей водяной бане 2 часа. Процесс контролировали с помощью ТСХ. По окончании реакции извлекли продукт, очистили и проанализировали. $\eta = 50\%$. $T_{пл.} = 152 - 153\text{ }^{\circ}\text{C}$.

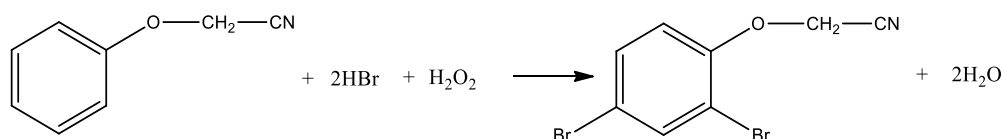


Рис. 5. Получение 2,4-дифрофеноксияцетонитрила методом окислительной системы HBr и H₂O₂

Результаты и их обсуждение:

- 1) Получен целевой продукт 2-феноксияцетонитрил с выходом продукта $\eta = 65\%$, $T_{пл.} = 130 - 131\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 2) Получен 2,4-дихлорфеноксияцетонитрил окислительной системой HCl, H₂O₂ с выходом продукта $\eta = 60\%$, $T_{пл.} = 180 - 181\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 3) Получен 2,4-дибромфеноксияцетонитрил с использованием бромид-броматной смеси в кислой среде с выходом продукта $\eta = 63\%$, $T_{пл.} = 154 - 155\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 4) Получен 2,4-дибромфеноксияцетонитрил методом окислительной системы HBr и H₂O₂ с выходом продукта $\eta = 50\%$, $T_{пл.} = 152 - 153\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 5) Проведен хроматографический анализ на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000.2» в режиме программирования испарителя и термостата с детектором ПИД. Образцы исходного вещества (фенола), продукта реакции 1 и продукта реакции 2 были растворены в этилацетате, хроматографированы индивидуально. Выбор растворителя обусловлен хорошей растворимостью образцов и низким временем удерживания в ГХ-системе. В предварительном исследовании на модельной смеси показана возможность частичного или полного декарбоксилирования феноксияцетонитрила, предложен метод прямого ввода в газохроматографическую колонку с соблюдением определенных температурных режимов, не допускающие превращений анализируемых веществ, определены времена удерживания фенола, 2-феноксияцетонитрила.

6) Количественный анализ проведен методом внутренней нормализации с вычитанием фона растворителя. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование вещества	Содержание масс. % в р-ре
Фенол	85%
2-феноксияцетонитрил	92%

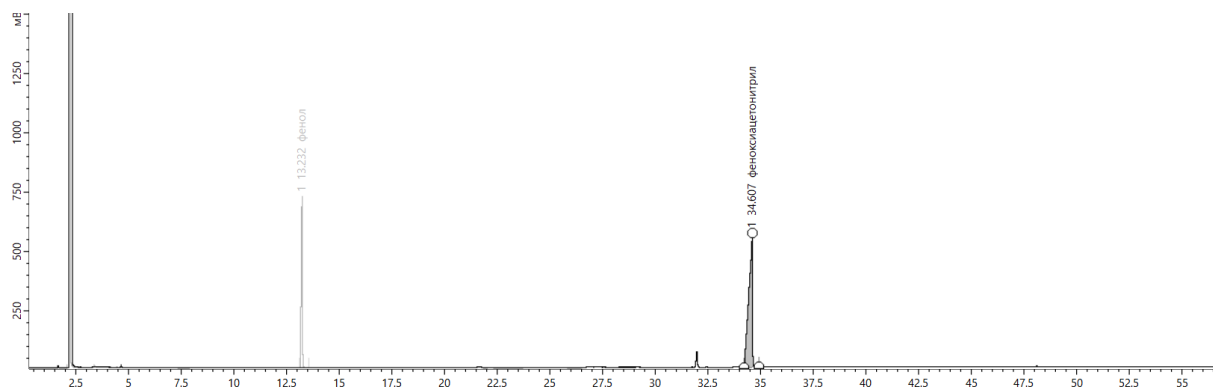


Рис. 6. Суммарная хроматограмма анализа

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафаров М. Г. Гербициды: 2,4. // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. № 2. С. 57–62.
2. Авторское свидетельство № 931100 СССР, МПК C07C 69/612, C07C 69/712. Способ получения производных метилового эфира (фенокси- или бензил-) феноксипропионовой кислоты: №2818058 : заявл. 02.10.1979 : опубл. 23.05.1982 / К. Манфред, М. Хильмар : заявитель ХЕХСТ АГ (ФИРМА).
3. Патент № 2323873 С2 Российская Федерация, МПК C01B 11/20, C01B 9/04. Способ получения безопасного бромирующего агента : №2005141490/15 : заявл. 30.05.2003 : опубл. 10.05.2008 / Р. Гадде, П. К. Гхош, А. Суббараяша [и др.] : заявитель КАУНСИЛ ОФ САЙЕНТИФИК ЭНД ИНДАСТРИАЛ РИСЕРЧ. – EDN RRZSIM.
4. Коптелова В. И., Серебряков Е. А., Перминова К. Ю. Получение бромпроизводных антралиновой кислоты // Современные проблемы медицины и естественных наук : сб. статей Международной научной конференции (г. Йошкар-Ола, 15–19 апреля 2019 г.). Йошкар-Ола : Марийский государственный университет. 2019. С. 206–207.

Комплексообразование в системе кобальт-вода-моноэтаноламин

Кукарева Л. М., студ.4 курса

Науч. рук. – Павлов А. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
kukareva2809@gmail.com

В последнее время все больший интерес проявляется к комплексным соединениям кобальта(III). Это связано с их высокой биологической активностью. Известно, что ионы кобальта(III) влияют на активность ключевых ферментов метаболизма гема, проявляют антибактериальные свойства, являются коферментом ряда важных ферментов, воздействуют на опухолевую ткань с очень высоким уровнем избирательности, активируют перекисное окисление липидов и вызывают одонитиновые разрывы ДНК [1–3]. Поэтому одной из ключевых задач координационной химии является синтез и исследование комплексных свойств кобальта(III).

Комплексные соединения кобальта(III) в большинстве случаев получают либо окислением кобальта(II) в присутствии комплексообразующих реагентов, либо в результате реакции комплексообразования прямой координации лигандов со свежеприготовленным оксидом кобальта(III) или реакций лигандного обмена. Каждый из перечисленных способов синтеза имеет ряд своих преимуществ и недостатков, поэтому невозможно предсказать какой из выбранных способов лучше.

Одними из самых удобных лигандов для комплексообразования с катионами кобальта(III) являются соединения содержащие аминогруппы, например, этилендиамин, диэтилентриамин и т. п.

Вызывают интерес лиганды, содержащие разные по природе электрондонорные группы – аминогруппу, гидроксил, карбоксил.

Целью данной работы является изучение процесса комплексообразования кобальта и моноэтаноламина в водном растворе.

При смешивании водных растворов хлорида кобальта (II) и моноэтаноламина в течение суток происходит окисление кобальта кислородом воздуха и образование комплексного соединения кобальта(III) и моноэтаноламина. Процесс сопровождается растворением первоначально образующегося осадка и изменением цвета раствора. Оптические спектры поглощения водных растворов хлорида кобальта(II) и полученного комплексного соединения приведены на рисунке 1.

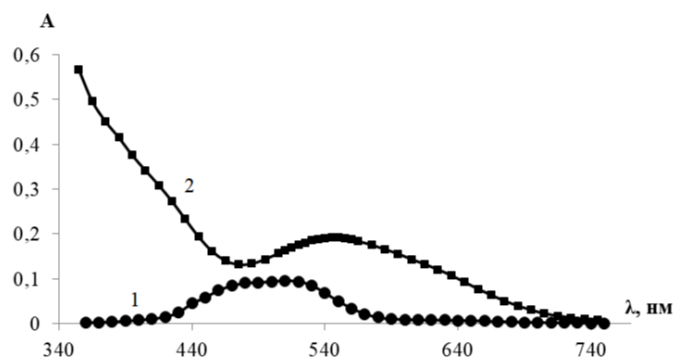


Рис. 1. Электронные спектры поглощения хлорида кобальта(II) (l = 2 см, C = 0,5 М) (1) и комплекса кобальта с моноэтаноламином (2) (l = 2 см, C = 0,005 М)

Видно, что образование комплексного соединения сопровождается значительным bathochromным и hyperchromным эффектом.

Комплекс существует лишь при значениях pH, превышающих 9 единиц, в нейтральной и слабокислой средах происходит гидролиз с выпадением в осадок гидроксида кобальта (II). Для установления состава комплекса была построена серия насыщения металла раствором лиганда. Показано, что устойчивый комплекс образуется при соотношении Me:lig = 1:3 (рис. 2). То есть предполагаемый состав комплексного иона $[\text{Co}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3]^{3+}$.

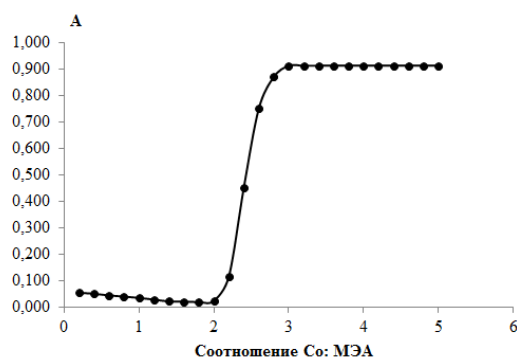


Рис. 2. График для подбора оптимального количества фотореагента

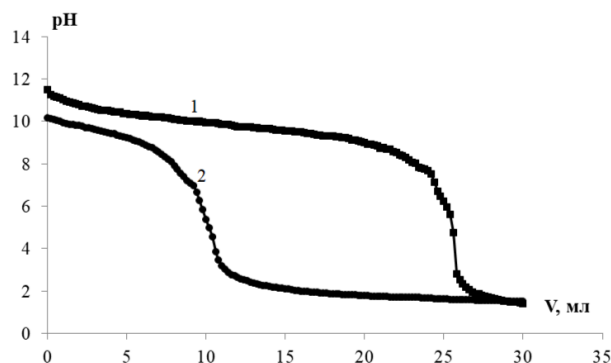


Рис. 3. Кривые потенциометрического титрования комплекса кобальта с моноэтаноламином (1) и моноэтаноламина (2)

Затем для полученного комплексного соединения кобальта с моноэтаноламином была рассчитана константа устойчивости методом потенциометрического титрования Г. Шварценбаха. Кривые титрования приведены на рисунке 3.

По кривой потенциометрического титрования рассчитали константу основности лиганда и константу устойчивости комплекса, которые составили $K_b = 1,16 \times 10^{-10}$, $\beta = 1,88 \times 10^{29}$, что хорошо согласуется с литературными данными.

Для получения кристаллического комплекса кобальта с моноэтаноламином были смешаны концентрированные водные растворы хлорида кобальта (II) и моноэтаноламина, причем последний был взят в значительном избытке. Реакционную массу была перенесена в фарфоровую чашку, где раствор был упарен до половины полученного объема. Затем оставшаяся смесь перенесена в осушитель с безводным хлоридом кальция. Через несколько дней наблюдали выпадение красно-фиолетовых игольчатых кристаллов.

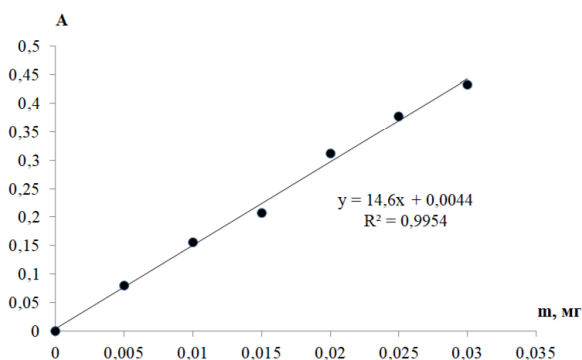


Рис. 4. Градуировочный график для определения содержания кобальта

Анализ полученного комплексного соединения проводили путем определения содержания кобальта в полученном соединении. Вначале комплекс был разрушен в муфельной печи, а затем твердый остаток растворен в азотной кислоте. Определение содержания проводили по нормативному документу [4], регламентирующему процедуру анализа фотометрическим методом. Метод основан на образовании окрашенного внутрикомплексного соединения кобальта (III) с нитрозо-Р-солью в уксуснокислом растворе. Оптическую плотность измерили на фотоэлектроколориметре. Электронный спектр поглощения раствора комплексного соединения кобальта (III) с нитрозо-Р-солью характеризуется максимумом светопоглощения в области пропускания 500–560 нм, поэтому фотометрирование растворов градуировочной зависимости проводили на длине волны 540 в кюветах на 5 см от-

носительно контрольного раствора, не содержащего кобальт.

С использованием полученных значений оптической плотности был построен градуировочный график (рис. 4), математическую обработку которого проводили методом наименьших квадратов.

Полученную градуировочную зависимость использовали для анализа синтезированного комплекса кобальта (III) с моноэтаноламином. Установлено, что содержание кобальта в полученном кристаллическом образце составляет – 15,73 %, что позволяет сделать предварительный вывод, что состав синтезированного соединения может быть представлен формулой $[\text{Co}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3]\text{Cl}_3$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калиман П. А., Беловецкая И. В. Влияние хлорида кобальта на активность ключевых ферментов метаболизма гема в печени крысы // Биохимия. 1986. Т. 51. № 8. С. 1302–1307.
2. Osinsky S., Bubnovskaya L., Ganusevich I., Kovelskaya A., Valkovskaya N., Levittin I., Sigan A., Campanella L., Wardman P. Selectivity of effects of redox-active cobalt(III) complexes on tumor tissue // Experimental Oncology. 2004. Vol. 26. № 2. Pp. 140–144.
3. Chang E. L., Simmers C., Knight D. A. Cobalt complexes as antiviral and antibacterial agents // Pharmaceuticals. 2010. № 3. Pp. 1711–1728.
4. ГОСТ 17818.11-90 Графит. Метод определения кобальта. Москва: Союзминерал, 1990. 3 с.

Изучение строения комплексов меди (II) с этилендиамином квантово-химическим методом

Маулетов Д. И., студ.5 курса

Науч. рук. – Петухова Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Mauletoff.dinar@yandex.ru

Комплексные соединения меди (II) с азотсодержащими лигандами представляют интерес в связи с их антиоксидантной активностью. Для этих целей применяют лекарственные препараты, содержащие ферменты, выделяемые из крови животных, недостатком этих препаратов является возможное возникновение проблем иммунной совместимости, тогда как комплексные соединения, не являющиеся белками, не вызывают нежелательных реакций иммунной системы. Комплексные соединения Cu(II) обладают еще одним преимуществом – благодаря малому размеру, они могут проникать внутрь клеток, тогда как фермент действует только в межклеточной среде. Кроме того, по сравнению с ферментами, комплексные соединения являются более доступными [1].

Исследование проводилось методом функционала плотности B3LYP с применением валентно-расщепленного базиса 6-31G(d). По результатам расчета комплексная частица $[\text{CuEn}]^{2+}$ имеет геометрическое строение, представленное на рисунке 1.

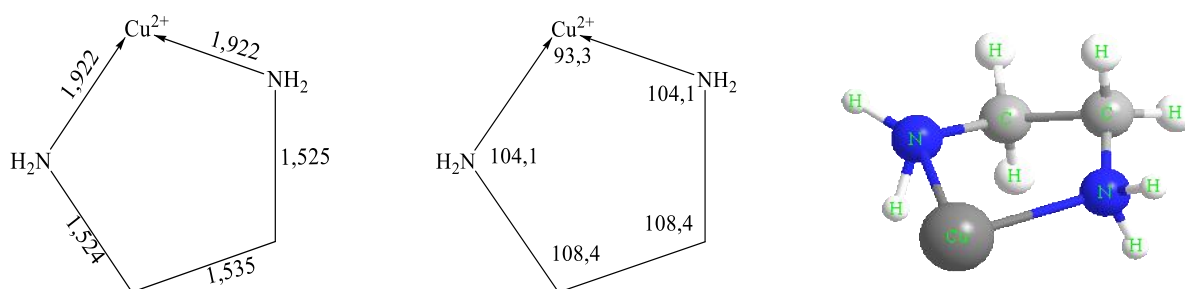


Рис. 1. Геометрические характеристики и пространственное строение комплексной частицы $[\text{CuEn}]^{2+}$, длины связей, Å и валентные углы, °

При анализе геометрических характеристик комплексной частицы этилендиаминмеди (II) можно отметить, что пятичленный цикл находится в конформации конверт. В правильном пятиугольнике углы должны быть равны 108° . Угол N-Cu-N в $[\text{CuEn}]^{2+}$ меньше примерно на 30° , что согласуется с результатами предыдущего исследования. Атом меди выходит из плоскости цикла на 38° градусов.

Рассчитав геометрическое строение комплексной частицы с одной молекулой этилендиамина, с применением этого же метода и базиса были получены геометрические характеристики (валентные углы и длины связей) для комплексной частицы $[\text{CuEn}_2]^{2+}$. Величины валентных углов и длин связей, представлены на рисунке 2.

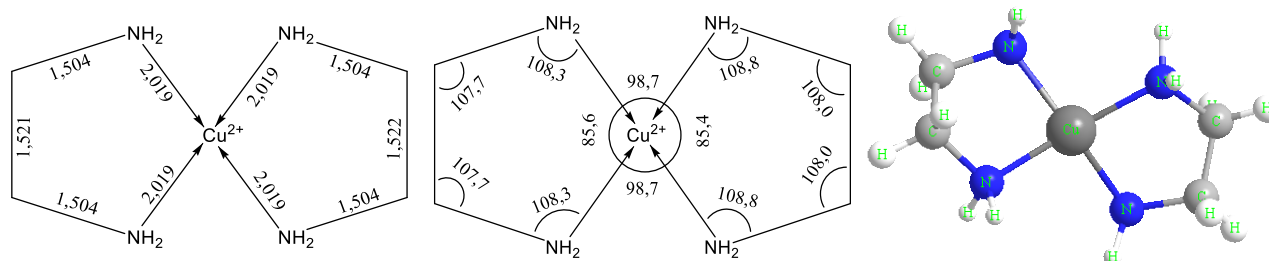


Рис. 2. Геометрические характеристики и пространственное строение комплексной частицы $[\text{CuEn}_2]^{2+}$, длины связей, Å и валентные углы, °

По полученным расчетным данным диэтилендиаминмеди (II) имеет структуру плоского квадрата с гибридизацией атома меди dsp^2 . Пятичленные циклы в комплексе имеют конформацию конверт. В комплексе углы

N-Cu-N отклоняются от угла в правильном пятиугольнике примерно на $22,5^\circ$, и на 8° меньше чем в комплексной частице $[\text{CuEn}_3]^{2+}$.

При оптимизации геометрии комплексной частицы $[\text{CuEn}_3]^{2+}$ четыре длины связи Cu-N составляют около 2 Å, а еще две длины связи Cu-N составляют более 2,5 Å, что говорит об их разрыве. Расчеты длин связей, валентных углов и геометрическое строение представлены на рисунках 3–4.

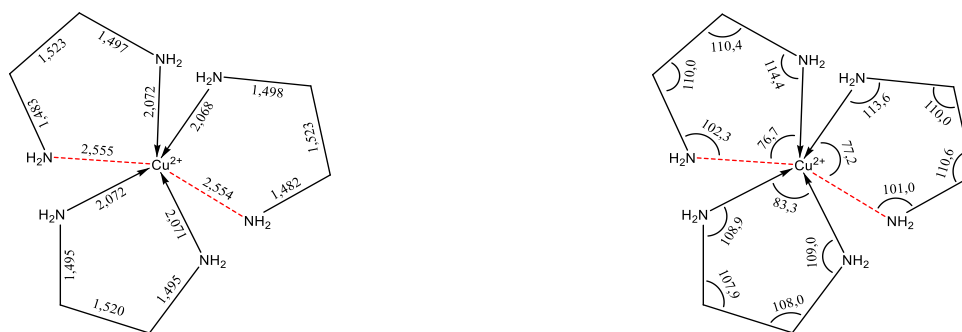


Рис. 3. Длины связей и валентные углы в комплексе $[\text{CuEn}_3]^{2+}$ Å, °

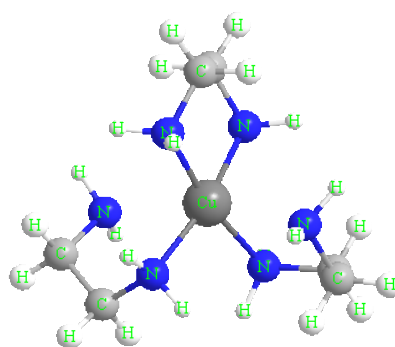


Рис. 4. Пространственное строение комплексного соединения $[\text{CuEn}_3]^{2+}$

Триэтилендиаминмеди (II), аналогично диэтилендиаминмеди (II) имеет структуру плоского квадрата с гибридизацией атома меди dsp^2 . Пятичленный цикл в комплексной частице находится конформации конверт.

Таким образом, в нашей работе методом функционала плотности B3LYP с применением валентно-расщепленного базиса 6-31G(d) рассчитаны параметры длин связей и валентных углов комплексных катионов этилендиаминмеди (II), диэтилендиаминмеди (II) и триэтилендиаминмеди (II). Полиамины координируются в пятичленные циклы в конформации конверт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самарина Н. В. и др. Исследование комплексообразования ионов меди (II) с полидентатными пиразолсодержащими лигандами // Ползуновский вестник. 2009. № 3. С. 8.

Структура и сорбционные свойства продуктов поэтапного деацетилирования хитина

Медведев Д. А., студ. 5 курса

Науч. рук. – Смотрина Т. В., канд. хим. наук, доц.

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

Хитин и его деацетилированное производное хитозан представляют собой семейство линейных полисахаридов, состоящих из остатков N-ацетил-2-амино-2-дезоксид-D-глюкозы и 2-амино-D-глюкозы с различным соотношением мономеров. Интерес к хитину и хитозану обусловлен широким спектром свойств, к числу которых можно отнести муколитические, противовоспалительные, антиоксидантные, противомикробные, противоопухолевые, ранозаживляющие и др. [1]. Эти свойства тесно связаны с физико-химическими свойствами и структурой полимеров и, в

первую очередь, с их молекулярной массой, степенью ацетилирования и кристалличностью. Применение нативного хитина, не смотря на широкое распространение в природе, весьма ограничено вследствие высокого содержания ацетилированных групп, жесткой кристаллической структуры и плохой растворимости в кислых водных средах. Более востребованным является хитозан, получаемый преимущественно щелочным деацетилированием хитина. Наличие большого количества в структуре хитозана свободных аминогрупп, способных протонироваться в кислых средах, обуславливает его растворимость в разбавленных органических и неорганических кислотах, а также уникальные сорбционные и комплексообразующие свойства. В этой связи интерес представляет изучение влияния глубины протекания реакции деацетилирования хитина на его структуру и сорбционные свойства, что и являлось целью данной работы.

В качестве объекта исследования использовали технический хитин марки «Вектон» (степень ацетилирования 81,4 %), представляющий собой цельные куски хитинового слоя панцирей краба. Перед исследованием хитин измельчали и очищали последовательной обработкой 1М растворами NaOH и HCl (депротеинирование и деминерализация) по методике [2]. Реакцию деацетилирования проводили в 3 этапа в относительно «мягких» условиях для снижения деструкции полимера (40 % NaOH; температура 20°C – I этап, 57–60 °C – II и III этапы) по методике [3]. Условия обработки приведены в [4]. Глубину протекания реакции контролировали методами ИК-спектроскопии [5] и потенциометрического титрования [6]. В качестве образца сравнения использовали хитозан из панцирей краба производства Sigma Aldrich (SA), степень деацетилирования > 75 %.

ИК-спектры исследуемых образцов приведены на рис. 1.

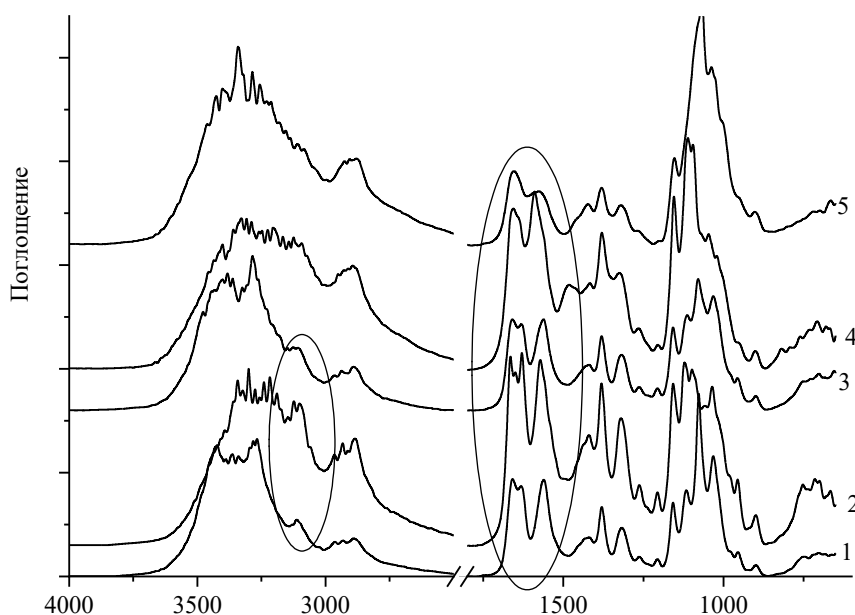


Рис. 1. ИК-спектры хитина (1) и продуктов его деацетилирования (2-5): 2 – I этап; 3 – II этап; 4 – III этап; 5 – хитозан сравнения

О структурных изменениях в хитине свидетельствовало постепенное снижение интенсивности полосы валентных колебаний N-H связи амидной группы (3100 см^{-1}). При этом для образца, полученного на заключительном этапе обработки, как и для образца сравнения, данная полоса не идентифицировалась. В результате постадийной щелочной обработки наблюдалось поэтапное ослабление полосы 1630 см^{-1} и полное слияние полос амид I (1655 и 1630 см^{-1}) (III стадия) с общим максимумом при 1655 см^{-1} , характерным и для хитозана сравнения. Гипсохромное смещение полосы амид II, наблюдаемое на I и II этапах обработки, привело к появлению на третьем этапе новой полосы деформационных колебаний N-H связей первичных аминогрупп при 1590 см^{-1} . Данная полоса отсутствует в исходном хитине и надежно определяется в хитозане сравнения. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в условиях «мягкого» щелочного воздействия наилучший результат был достигнут лишь на завершающей стадии. По всей видимости, первая и вторая стадии щелочной обработки играют роль подготовительных, а в образцах, выделенных на этих этапах, максимально сохраняется нативная структура исходного полимера.

Данное предположение коррелирует с закономерностью изменения степени деацетилирования (СД) исследуемых образцов (табл. 1). Относительно невысокие значения этого показателя и заметное расхождение

результатов, полученных методами ИК-спектроскопии и потенциометрического титрования (ПТ), указывают на то, что на I и II этапах выделены малорастворимые в кислых средах полупродукты с достаточно жесткой кристаллической структурой, достоверное определение СД которых (как и исходного хитина) методом ПТ не представляется возможным [7].

Таблица 1

Степени деацетилирования хитина и продуктов его щелочного модифицирования

Образец	СД (ИК), %	СД (ПТ), %
Хитин очищ.	18	–
I стадия	39	5,3
II стадия	39	8,5
III стадия	49	39,0
Хитозан сравнения	74	57,2

Изменение химической и надмолекулярной структуры хитина в результате щелочного гидролиза приводит и к закономерному изменению сорбционных свойств [4].

Описание изотерм сорбции ионов меди и воды соответственно уравнениями Ленгмюра и Лаатикайнена-Лидстрема позволило рассчитать сорбционную емкость по ионам меди ($a_{m(Cu^{2+})}$), концентрацию первичных водосорбционных центров ($a_{m(H_2O)}$) и предельную поглотительную способность при относительной влажности 100 % ($a_{0(H_2O)}$) (табл. 2) [4], значения которых хорошо согласуются с характером структурных изменений, выявленных методами ИК-спектроскопии и ПТ.

Таблица 2

Параметры сорбции для хитина и продуктов его модифицирования [4]

Образец	Уравнение Ленгмюра	Уравнение Лаатикайнена-Лидстрема		X_c , %
	$a_{m(Cu^{2+})}$, ммоль/г	$a_{m(H_2O)}$ г/г	$a_{0(H_2O)}$ г/г	
Хитин очищ.	-	0,045	0,187	65
I стадия	0,55	0,059	0,239	61
II стадия	0,57	0,061	0,237	60
III стадия	1,79	0,087	0,402	43
Хитозан сравнения	2,29	0,091	0,336	46

Упорядоченные кристаллические структуры в аморфно-кристаллических полимерах недоступны для молекул воды, поэтому имея несколько точек изотермы сорбции воды исследуемым образцом и его аморфным аналогом можно приблизительно оценить степень кристалличности по уравнению:

$$X_c = \frac{a_i^{am} - a_i}{a_i^{am} - a_i^{кр}} \quad (1)$$

где X_c – степень кристалличности; a_i^{am} – величина сорбции в аморфных областях полимера; $a_i^{кр}$ – величина сорбции на поверхности кристаллитов, которую принимали равной 0.

Оценку сорбционной емкости аморфных аналогов полимеров при различных значениях относительной влажности проводили с помощью экспериментальных данных о средних гидратных числах различных функциональных групп по методике групповых вкладов Ван Кревелена [9]. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Для образцов, выделенных на первых двух стадиях щелочного гидролиза, сорбционные емкости по воде и ионам меди, а также значения X_c примерно одинаковы и близки к соответствующим величинам для очищенного хитина, что еще раз подтверждает предположение о схожести их надмолекулярной структуры. Образец, выделенный на III этапе, не смотря на заметные различия в СД, по своим сорбционным свойствам и степени упорядоченности подобен хитозану сравнения, т.е. методика 3-х этапного «мягкого» щелочного деацетилирования эффективна для получения хитин(хитозан)содержащих сорбирующих материалов с приемлимой поглотительной способностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aranz I., Alcántara A. R., Civera M. C., Arias C., Elorza B., Heras Caballero A., Acosta N. Chitosan: An overview of its properties and applications // Polymers. 2021. Vol. 13. № 19. С. 3256.

2. Солдатова С. Ю. Разработка технологии получения хитозана из панцирьсодержащего сырья // Вестник НВГУ. 2015. № 1. С. 51–54.
3. 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.
4. Медведев Д. А. Сорбционные свойства хитина и продуктов его частичного дезацетилирования // Современные проблемы естественных наук и фармации : сб. статей Всероссийской научной конференции (г. Йошкар-Ола, 16–19 мая 2023 г.). Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2023. Вып. 12. С. 491–494.
5. Kasaai M. R. A review of several reported procedures to determine the degree of N-acetylation for chitin and chitosan using infrared spectroscopy // Carbohydrate polymers. 2008. Vol. 71. № 4. Pp. 497–508.
6. Апрятина К. В. Полимерные композиции на основе хитозана медико-биологического назначения: специальность 02.00.06 «Высокомолекулярные соединения (хим.науки)» : дис ... канд. пед. наук; Нац. исслед. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. Нижний Новгород, 2018. 147 с.
7. Кучина Ю. А., Долгопятова Н. В., Новиков В. Ю., Сагайдачный В. А., Морозов Н. Н. Инструментальные методы определения степени дезацетилирования хитина // Вестник МГТУ. 2012. Т. 15. № 1. С. 107–113.
8. Гребенников С. Ф. Сорбция в полимерных системах: монография / С. Ф. Гребенников, Ю. А. Эльтеков. СПб. : ФГБОУВПО «СПГУТД», 2014. 282 с.
9. Ван Кревелен Д. В. Свойства и химическое строение полимеров. М. : Химия, 1976. 415 с.

Сорбция ионов кобальта(II) на энтеросорбенте «Полиапсорбин»

Микутова А. Е., студ.4 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
anastasiamikutova420@gmail.com

В настоящее время как никогда актуальна проблема загрязнения окружающей среды, в том числе загрязнения тяжелыми металлами. Тяжелые металлы влияют практически на все системы организма, оказывая токсическое, аллергическое, канцерогенное, гонадотропное действие [1].

Кобальт, являясь необходимым микроэлементом для нормального функционирования организма, участвует в кроветворении, синтезе нуклеиновых кислот, мышечных белков, поддерживает дыхание [2], однако, хотя избыточное поступление кобальта в организм встречается довольно редко, этот процесс сопровождается различными нарушениями здоровья.

Одним из способов нейтрализации и выведения тяжелых металлов из организма является сорбция. В этих целях в настоящее время широко используются энтеросорбенты – группа лекарственных средств, которые обладают большой адсорбционной поверхностью.

Настоящая статья посвящена изучению сорбционных свойств энтеросорбента «Полиапсорбин» относительно ионов кобальта (II). Полиапсорбин – энтеросорбент на основе высокодисперсного диоксида кремния и микрокристаллической целлюлозы. При попадании в воду диоксид кремния, присоединяя к себе гидроксильные группы, образует сложную пространственную структуру. Сорбционными центрами данной структуры являются полярные группы $\equiv\text{Si}-\text{O}-\text{H}$.

Функциональные группы целлюлозы, могут участвовать в процессах ионного обмена, а также комплексообразования за счет атомов кислорода гидроксильных групп элементарных звеньев.

Сорбцию ионов кобальта проводили в статических условиях из растворов хлорида кобальта (II) с начальными концентрациями в интервале от $1 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ М. Для определения концентрации ионов кобальта в растворе до и после сорбции использовали фотометрический метод [3].

Установлено, что экспериментальные изотермы сорбции ионов кобальта из водных растворов адекватно аппроксимируются линейными зависимостями в координатах модели Ленгмюра, что позволило оценить такие количественные характеристики сорбционного процесса как: константа Ленгмюра, удельная поверхность сорбента, предельная сорбционная емкость. Таким образом, рассчитанная константа Ленгмюра равна 1398 л/моль, значение предельной сорбционной емкости при 20° С составляет порядка 2,38 мг Co(II) на 1 г сорбента, а величина удельной поверхности сорбента, оцененная при рассмотрении в качестве сорбируемой частицы гидратированного иона кобальта (II), составляет порядка 10,16 м²/г. Рассчитанная величина свободной энергии адсорбции в рамках модели Дубинина-Радускевича (< 8 кДж/моль) свидетельствует о физической природе взаимодействия адсорбата с адсорбентом.

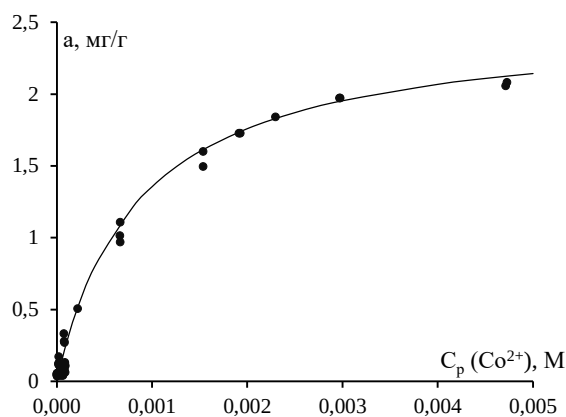


Рис. 1. Изотерма сорбции Co(II)

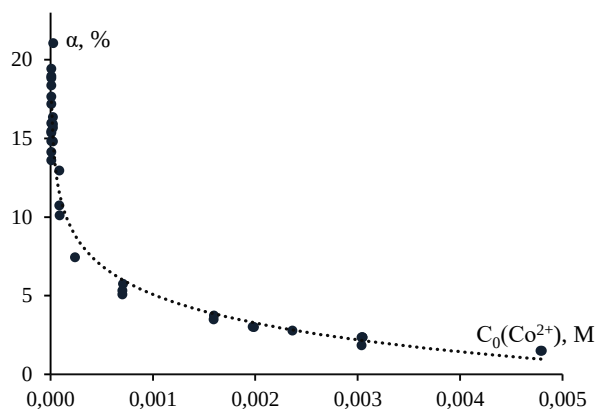


Рис. 2. Зависимость степени извлечения ионов кобальта (II)

Также установлена зависимость степени извлечения от исходной концентрации ионов кобальта в растворе. Согласно результатам, полученным опытным путем, значения степени извлечения для концентраций ионов Co(II) от $1 \cdot 10^{-5}$ М и выше не превышают 21 % при 20 °С.

Для определения оптимального соотношения объема раствора к массе сорбента, при котором происходит наиболее эффективное извлечение ионов кобальта (II), рассчитывали значения сорбции из растворов с концентрацией $2,5 \cdot 10^{-4}$ М в диапазоне модуля раствор/сорбент от 25 до 1000 мл/г. Экспериментально установлено, что с ростом модуля раствор/сорбент значение сорбции ионов кобальта (II) из раствора увеличивается (рис. 3). При этом отмечается линейный характер зависимости в координатах $(1/\alpha - 1, V/m)$, позволяющий экспериментально рассчитать коэффициент распределения K_D , представляющий собой отношение концентрации ионов металла в фазе сорбента к концентрации ионов металла в растворе при равновесии (рис. 4).

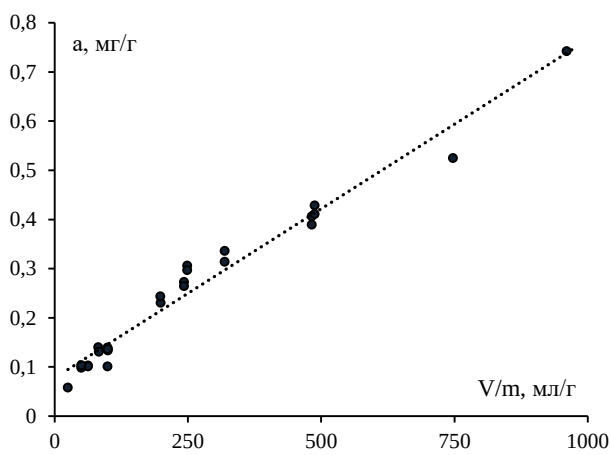
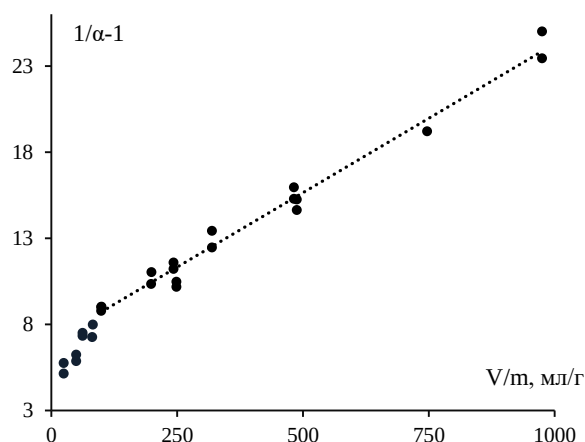


Рис. 3. Зависимость сорбционной емкости от величины модуля раствор/сорбент

Рис. 4. График зависимости величины степени извлечения ионов кобальта от величины модуля в координатах $(1/\alpha - 1)$ от (V/m)

Таким образом, в настоящей работе показана применимость уравнений Ленгмюра, и Дубинина – Радужкевича в контексте аппроксимации экспериментальных изотерм сорбции ионов Co (II) на энтеросорбенте «Полиапсорбин», оценены значения предельной сорбционной способности и удельной поверхности, а также осуществлена качественная оценка характера взаимодействий в системе «сорбент-сорбат».

ЛИТЕРАТУРА

1. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 1. С. 182–192.
2. Кадырова Р. Г., Кабиров Г. Ф., Муллахметов Р. Р. Биологические свойства кобальта. Новый способ получения аскорбината кобальта // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2017. № 1. С. 55–58.
3. ПНД Ф 14.1:2.44-96. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов кобальта в природных и сточных водах фотометрическим методом с нитрозо-R-солью: утвержден и введен в действие Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ. М.: ФБУ «ФЦАО», 2016. 16 с.

Изучение сорбционных свойств продуктов постадийного выделения хитина из подмора пчел *Apis mellifera*

Михайлов Д. А., студ.4 курса

Науч. рук. – Смотрица Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Mihajlovdmirij40@gmail.com

В последние годы все большую популярность приобретают возобновляемые природные ресурсы, среди которых особое место занимает хитин – второй по распространенности в природе полимер после целлюлозы. Он биосовместим, биоразлагаем и биоабсорбируем, обладает антибактериальными и ранозаживляющими свойствами, низкой иммуногенностью, поэтому широко используется в пищевых технологиях, материаловедении, микробиологии, сельском хозяйстве, очистке сточных вод, в системах целевой доставки лекарств, тканевой инженерии [1].

С распространением пчеловодства подмор пчел все чаще стали рассматривать в качестве нового, альтернативного ракообразным, источника хитина [2]. Получение хитина – многостадийный процесс, включающий обработку хитинсодержащего сырья растворами щелочей, кислот, окислителей и др. Количество стадий и их порядок может сильно варьироваться в зависимости от используемых химических реактивов и требований к конечному продукту. Грамотно подобранная методика позволяет получать продукт с высокой степенью ацетилирования и минимальным содержанием примесей, определяющих качество хитина и, соответственно, области его практического применения.

Существующие двух-, трех-, четырех-, пятистадийные методики выделения хитина дают продукты, отличающиеся по содержанию сопутствующих веществ, что может отразиться на их сорбционных характеристиках. Поэтому нами предпринята попытка провести корреляцию между глубиной очистки и качеством получаемого хитина по сорбционным данным. В этой связи целью данной работы являлось сравнительное изучение сорбции ионов меди(II) и воды продуктами постадийного выделения хитина из биомассы подмора пчел *Apis mellifera*.

Объектом исследования являлась биомасса подмора пчел *Apis mellifera* (пчела медоносная) и хитинсодержащие продукты поэтапного выделения хитина по пятистадийной методике [3]:

I стадия (депротеинизация (ДП)): обработка 2 %-м раствором NaOH при 83–85 °C в течение 2 часов при гидромодуле 1:15 с использованием детергента (стеарат натрия, 0,1 %). Выход продукта составил 14,95 %; влажность 9,03 %; содержание общего азота 8,82 %; азот D-глюкозамина 4,01 %; D – глюкозамин 51,27 %; белковые вещества 30,06 %. Продукт представлял собой чешуйки черного цвета размером 2–3 мм;

II стадия (деминерализация (ДМ)): обработка 1 %-ным HCl при 55–60 °C в течение 2 часов при гидромодуле 1:20. Выход продукта 13,98 %; влажность 7,56 %; содержание общего азота 9,39 %; азот D-глюкозамина 4,24 %; D – глюкозамин 54,21 %; белковые вещества 32,00 %. Продукт представлял собой чешуйки черного цвета размером 3 мм.

III стадия (депигментация (ДПГ)): обработка 5 % раствором H₂O₂ с добавлением аммиака в течение 4 часов при температуре 30–35 °C. Выход продукта составил 10,3 %; влажность 6,95 %; содержание общего азота 8,06 %; азот D-глюкозамина 4,62 %; содержание D – глюкозамина в 59,14 %; белковые вещества 21,50 %. Хитин представлял собой чешуйки бежевого цвета размером 3 мм.

IV стадия (повторная ДП): обработка NaOH (аналогично I стадии). Хитин представлял собой хлопья бежевого цвета размером 5–7 мм. Выход продукта составил 5,3 %; влажность 6,53 %; содержание общего азота 6,69 %; азот D-глюкозамина 6,48 %; содержание D – глюкозамина 81,65 %; белковые вещества 1,93 %.

V стадия (повторная ДПГ): обработка H₂O₂ (аналогично III стадии). Хитин представлял собой хлопья молочного цвета размером 5–7 мм. Выход продукта составил 4,8 %; влажность 6,53 %; общий азот 6,71 %; азот D-глюкозамина 6,45 %; D – глюкозамин 82,48 %; белковые вещества 1,62 %.

Хитин относится к числу гидрофильных полимеров, поэтому по изменению водосорбционных свойств можно судить о природе удаляемых в процессе очистки примесей, а также о надмолекулярной структуре готового продукта. Изотермы сорбции паров воды измеряли изопиестическим методом. Они приведены на рис. 1. Обнаружено, что по своим гидрофильным свойствам исследуемые образцы мало отличаются друг от друга, поэтому для получения более полной информации изотермы аппроксимировали уравнением квазихимической

модели сорбции, удовлетворительно передающей механизм абсорбции молекул воды полярными, частично набухающими в парах сорбата полимерами [4]:

$$a = a_m \frac{\alpha \cdot P/P_0}{(1 - \beta \cdot P/P_0) \cdot (1 + (\alpha - \beta) \cdot P/P_0)}, \quad (1)$$

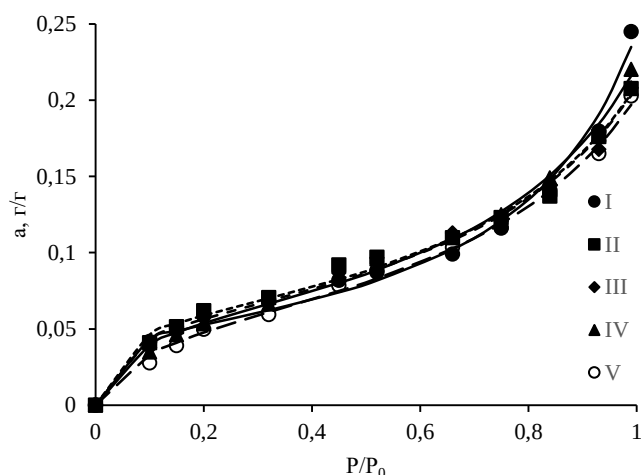


Рис. 1. Изотермы сорбции паров воды продуктами постадийного выделения хитина. Точки – эксперимент, линии – описание уравнением КХМ

где a_m – емкость первичных сорбционных центров (г/г); α и β – константы уравнения.

Параметры уравнения (1), включая максимальную сорбционную емкость при $P/P_0=1$ (a_0), приведены в табл. 1.

Видно, что при близких значениях a_m и a_0 , с увеличением глубины очистки биомассы происходит уменьшение константы α , что указывает на изменение механизма сорбции. Согласно [4], высокие значения α характерны для S-образных изотерм (IV тип по классификации Роджерса). Такие изотермы наблюдаются для расстеклованных полимеров с высоким содержанием полярных групп, например, полипептидов [5]. Для σ -образных (вогнутых) изотерм (III тип), характерных для частично-кристаллических полимеров, способных частично пластифицироваться водой (хитин, хитозан, некоторые полиамиды), значения α не превышают нескольких единиц. При равенстве гидратных чисел amino-, ацетамидных, гидроксильных групп

[6], являющихся основными центрами сорбции как в белках, так и в хитине, значения параметра α коррелируют с соотношением массовой доли белков и D-глюкозамина в исследуемых образцах.

Таблица 1

Параметры уравнения квазихимической модели

Стадия	a_m , г/г	a_0 , г/г	α	β	R^2	СК, %
I	0,049	0,24	38	0,80	0,990	-
II	0,059	0,21	24	0,72	0,992	-
III	0,059	0,21	19	0,72	0,993	-
IV	0,059	0,22	15	0,74	0,996	53
V	0,058	0,20	10	0,72	0,996	56

Для наиболее очищенных хитинов, выделенных на IV и V стадиях, результаты сорбционных измерений позволили оценить долю кристаллических областей (СК), недоступных для молекул воды, по методике, описанной в [7] (табл. 1).

Для изучения сорбционных свойств продуктов постадийного выделения хитина по ионам Cu^{2+} измеряли изотермы сорбции из растворов CuSO_4 методом переменных концентраций (0,05; 0,025; 0,0125; 0,00625; 0,003125; 0,00156; 0,00078; 0,00039 моль/л). Концентрацию Cu^{2+} в растворе определяли фотометрически в виде аммиачного комплекса на длине волны максимума светопоглощения $\lambda = 613$ нм (рис. 2, кривая 1) по градуировочному графику. Для исходной биомассы фотометрическое изучение сорбции ионов меди не представлялось возможным. Содержащиеся в биомассе сопутствующие вещества легко экстрагировались водой и водными растворами сульфата меди, в результате чего раствор приобретал устойчивую интенсивную красно-коричневую окраску. Электронный спектр поглощения водного экстракта сухой биомассы частично накладывается на спектр аммиачного комплекса меди (рис. 2, кривая 2), что, по закону аддитивности оптических плотностей, приводило к недостоверным результатам.

Изотермы сорбции ионов меди исследуемыми образцами приведены на рис. 3.

Количественные параметры сорбции рассчитывали по уравнению модели адсорбции Ленгмюра, наиболее часто используемому для описания экспериментальных изотерм сорбции ионов переходных металлов биосорбентами [8]. Поскольку уравнение модели адсорбции Ленгмюра является нелинейным, для расчета констант уравнения его линеаризуют:

$$a = \frac{1}{a_m K_I} + \frac{C_{\text{равн}}}{a_m}, \quad (2)$$

где a_m – емкость монослоя, моль/г; K_I – константа Ленгмюра, л/моль.

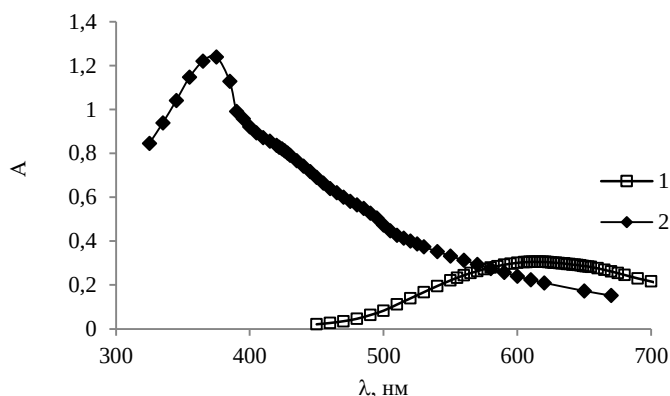


Рис. 2. Электронные спектры поглощения аммиачного комплекса меди(II) ($C=0,03$ моль/л; $l=2$ см) (1) и водного экстракта сухой биомассы подмора пчел ($l=1$ см) (2)

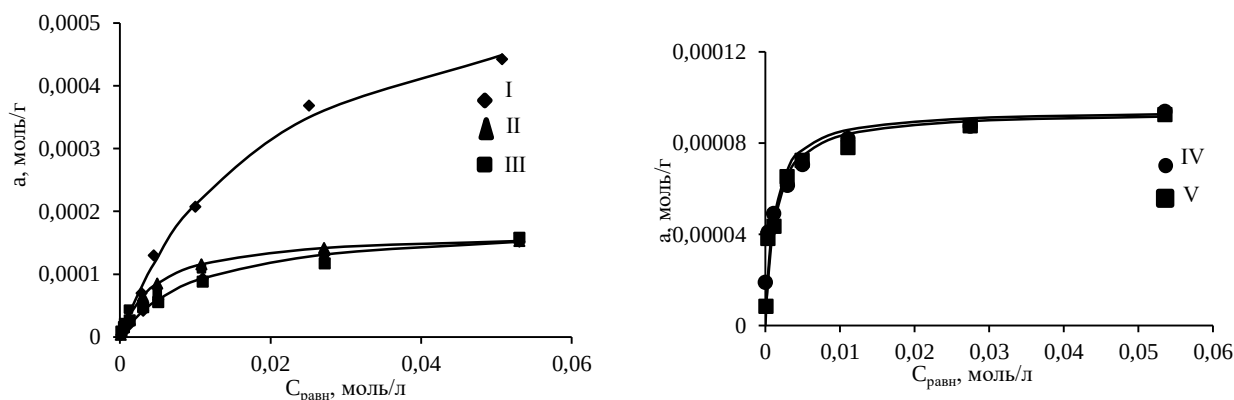


Рис. 3. Изотермы сорбции ионов Cu^{2+} хитинами, выделенными на стадиях: I–V

Наилучшим образом модели Ленгмюра подчиняются изотермы, полученные для образцов хитина, прошедших повторные стадии депротеинизации (IV стадия) и депигментации (V стадия) ($R \geq 0,998$). Параметры уравнения Ленгмюра приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры уравнения модели Ленгмюра

Стадия	$\frac{1}{a_m}$	$\frac{1}{a_m K_I}$	a_m , ммоль/г	K_I , л/моль
I	1608	31,41	0,62	51
II	5512	57,31	0,18	96
III	6003	28,62	0,17	210
IV	10567	12,06	0,095	876
V	10653	13,86	0,094	769

Постатийная очистка биомассы сопровождалась уменьшением сорбционной способности, обусловленным, по нашему мнению, уменьшением содержания белковых веществ, аминогруппы которых легко координируют с ионами меди.

Сопоставление результатов сорбционного эксперимента показало, что образцы хитина, выделенные на 4-ой и 5-ой стадиях, по своему составу, надмолекулярной структуре, поглотительной способности по ионам меди и воде мало отличаются друг от друга, т. е. проведение дополнительной стадии депигментации не привело к заметному улучшению качества продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khoushab F., Yamabhai M. Chitin Research Revisited // Mar. Drugs. 2010. Vol. 8. № 7. Pp. 1988–2012.
2. Ихтиярова Г. А., Маматова Ш. Б., Курбанова Ф. Н. Получение хитина и хитозана из медоносного местного пчелиного подмора *Apis Mellifera* // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2018. № 5 (50). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/5931> (дата обращения: 11.04.2024).
3. Ившина Т. Н., Артамонова С. Д., Ившин В. П., Шарнина Ф. Ф. Выделение хитин-глюканового комплекса из плодовых тел шляпочных грибов // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. № 3. С. 348–353.
4. Гребенников С. Ф., Эльтеков Ю. А. Сорбция в полимерных системах: монография. СПб.: ФГБОУВПО «СПГУТД», 2014. 282 с.
5. Чалых А. Е. Диффузия в полимерных системах. М.: Химия, 1987. 312 с.
6. Ван Кревелен Д. В. Свойства и химическое строение полимеров. М.: Химия, 1976. 415 с.
7. Дресвянина Е. Н., Гребенников С. Ф., Добровольская И. П., Масленникова Т. П., Иванькова Е. М., Юдин В. Е. Влияние нанопибрилл хитина на сорбционные свойства композиционных пленок на основе хитозана // Высокомол. соедин. Сер. А. 2020. Т. 63. № 3. С. 181–188.
8. Новинюк Л. В., Велизон П. З., Кулёв Д. Х. Сорбционные свойства хитина и хитозанглюкановых биоконплексов, выделенных из мицелиальной биомассы гриба *Aspergillus niger* // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2017. Т. 7. № 2. С. 64–71.

Влияние воды на структуру арамидных волокон

Михайлов А. Д., студ. 5 курса

Науч. рук. – Смотрина Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
sasha.mihaylov.01@mail.ru

Синтетические полимеры играют все более значительную роль в современной промышленности. В последние годы они стали практически неотъемлемой частью производства различных товаров и изделий. Благодаря своим уникальным свойствам современные материалы на основе синтетических полимеров обладают высокой прочностью, устойчивостью к внешним воздействиям, легкостью и долговечностью. К их числу можно отнести текстильные и композиционные материалы на основе ароматических полиамидных (aramидных) волокон. Арамиды обладают высокой степенью ориентации макромолекул, способностью к образованию прочных межмолекулярных связей, обеспечивающих высокие прочностные характеристики, термическую и химическую стабильность [1]. При эксплуатации материалы на основе арамидных волокон подвергаются воздействию как экстремально высоких нагрузок и температур, так и других эксплуатационных факторов, в частности, воздействию воды и водных сред. При длительном воздействии воды в них могут происходить процессы, приводящие к перестройке элементов тонкой структуры [2; 3], и, как следствие, к изменению деформационных и прочностных характеристик.

В этой связи, представляет интерес изучение влияния воды на структуру арамидных волокон, отличающихся химическим составом. Правильное понимание данных эксперимента возможно при наличии информации о структуре исходных волокон, а также о количественных параметрах сорбции ими воды, полученных с привлечением адекватных сорбционных моделей.

Целью данной работы являлось изучение влияния длительного набухания в воде на надмолекулярную структуру ароматических полиамидных волокон по данным сорбции водяного пара.

В качестве объектов исследования использовали параaramидные волокна на основе сополимера амидобензимидазола с парафенилентерефталамидом (Русар) (aramид-1), взятые на разных стадиях производства: формование (Ф), термообработка (ТО), термовытяжка (ТВ), а также готовые (прошедшие все стадии производства) волокна на основе поли-*p*-фенилентерефталамида (Kevlar 49) (aramид-2) и его сополимера *p*-фенилен/3,4'-дифенилэфиртерефталамида (Technora T 200) (aramид-3). Для возможности сопоставления результатов дополнительно изучали волокно на основе алифатического полиамида-6 (Капрон) (ПА-6). Волокна арамид-1, согласно обобщенной в работе [4] информации, относятся к «рентгеноаморфным системам с неконтролируемой упорядоченностью. Это означает, что в качестве «непроницаемых частиц» в арамидах выступают паракристаллические мезофазы». Полиамидные волокна арамид-2 и ПА-6 в свою очередь имеют частично-кристаллическую структуру со степенью кристалличности 64–70 % [5; 6]. Волокна арамид-3 также относят к кристаллизующимся, однако информация об их степени кристалличности в литературе отсутствует.

Перед исследованием образцы подвергались обработке водой в мягких (набухание при комнатной температуре в течение 10 дней) и жестких (кипячение в течение 10 часов) условиях.

Изотермы сорбции измеряли изопиестическим методом при температуре 20 ± 1 °С. Перед исследованием образцы высушивали до постоянной массы при температуре 110 °С. Величину сорбции рассчитывали в г воды на 1 г сух. образца.

При описании изотерм сорбции водяного пара в рамках различных сорбционных моделей ранее нами было показано [7], что наилучшее согласие экспериментальных и расчетных данных на всех участках изотермы наблюдается при использовании уравнений квазихимической (КХМ) и теоретико-вероятностной (ТВМ) моделей сорбции [8]. Параметры КХМ и ТВМ для исследуемых образцов приведены в табл. 1, где a_m – концентрация доступных сорбционных центров; a_0 – максимальная сорбционная емкость при относительном давлении, равном 1; α и β – параметры уравнения КХМ, связанные с константами квазихимического равновесия; E – характеристическая энергия сорбции.

Параметры квазихимической и теоретико-вероятностной моделей сорбции позволили рассчитать условные степени кристалличности (СК) исследуемых полиамидов и оценить глубину структурных изменений, произошедших в них под влиянием воды. Расчет проводили, исходя из предположения о доступности для молекул воды активных центров только в аморфных областях полимеров. Изотермы сорбции аморфных аналогов рассчитывали по методике групповых вкладов Ван Кревелена [9], согласно которой сорбционная емкость полимера определяется аддитивным вкладом от каждой функциональной группы повторяющегося звена. Методики расчета приведены в [3; 7]. Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры квазихимической модели сорбции Лаатикайнена-Линдстрема
и термического уравнения теоретико-вероятностной модели сорбции

Образец	Уравнение КХМ						Уравнение ТВМ			
	a_m , г/г	a_0 , г/г	β	α	R^2	СК	E , Дж/моль	a_0 , г/г	R^2	СК
Арамид-1Ф	0,053	0,236	0,78	10	0,998	~ 0	2252	0,198	0,982	-
Арамид-1Ф(набухание 20 °С)	0,053	0,225	0,77	10	0,998		2116	0,201	0,985	
Арамид-1Ф (набухание 100 °С)	0,056	0,229	0,76	10	0,996		2325	0,201	0,983	
Арамид-1ТО	0,012	0,107	0,89	10	0,994	0,74	1648	0,067	0,908	0,71
Арамид-1ТО (набухание 20 °С)	0,011	0,107	0,90	10	0,996	0,77	1303	0,069	0,940	0,76
Арамид-1ТО (набухание 100 °С)	0,025	0,136	0,82	10	0,995	0,48	2251	0,103	0,953	0,40
Арамид-1ТВ	0,019	0,084	0,78	10	0,988	0,63	1994	0,075	0,985	0,61
Арамид-1ТВ (набухание 20 °С)	0,021	0,082	0,75	10	0,988	0,61	1994	0,079	0,990	0,59
Арамид-1ТВ (набухание 100 °С)	0,024	0,124	0,81	10	0,991	0,46	2458	0,094	0,984	0,39
Арамид-1 (аморфный аналог)	0,058	0,332	0,83	10	0,991	0	1223	0,317	0,975	0
Арамид-2	0,019	0,073	0,77	6	0,996	0,66	1691	0,076	0,991	0,68
Арамид-2 (набухание 20 °С)	0,020	0,077	0,75	6	0,998	0,64	1735	0,077	0,993	0,65
Арамид-2(набухание 100 °С)	0,025	0,079	0,70	6	0,996	0,57	2182	0,080	0,996	0,55
Арамид-2 (аморфный аналог)	0,062	0,326	0,82	6	0,993	0	1249	0,311	0,975	0
Арамид-3	0,014	0,041	0,69	9	0,986	0,72	2403	0,042	0,988	0,70
Арамид-3 (набухание 20 °С)	0,010	0,036	0,76	9	0,990	0,79	1937	0,035	0,997	0,79
Арамид-3 (набухание 100 °С)	0,019	0,045	0,61	9	0,989	0,65	3225	0,046	0,997	0,63
Арамид-3 (аморфный аналог)	0,050	0,276	0,82	9	0,993	0	1248	0,265	0,980	0
ПА-6	0,021	0,081	0,77	8	0,997	0,64	1937	0,088	0,991	0,63
ПА-6 (набухание 20 °С)	0,026	0,088	0,74	8	0,998	0,57	2252	0,089	0,995	0,53
ПА-6 (набухание 100 °С)	0,031	0,091	0,69	8	0,994	0,51	2763	0,092	0,996	0,41
ПА-6 (аморфный аналог)	0,066	0,366	0,83	8	0,992	0	1223	0,350	0,977	0

На примере рентгеноаморфных нитей русар можно проследить закономерности формирования упорядоченных надмолекулярных образований в арамидных волокнах на различных стадиях производства. Обнаружено, что для свежеформованных нитей арамид-1Ф сорбционная емкость близка к таковой для их аморфного аналога при относительных давлениях < 70 %, когда можно пренебречь вкладом жесткости полимерных цепей в величину сорбции (рис. 1).

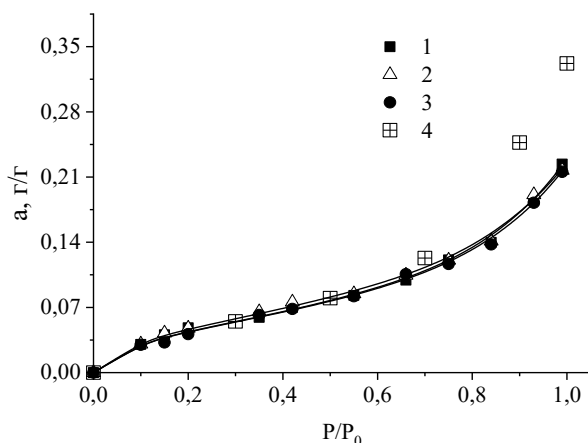


Рис. 1. Изотермы сорбции паров воды арамидом-1: 1 — Ф; 2 — ТО; 3 — ТВ; 4 — аморфный аналог; точки — эксперимент; линии — аппроксимация уравнением КХМ

ботки и термовытяжки мезоморфная фаза достаточно устойчива к длительному набуханию в воде при комнатной температуре, но частично разрушается при кипячении, поскольку «жидкокристаллические структуры менее прочные, чем кристаллиты, и могут быть частично разрушены при внешних воздействиях» [3].

Закономерный интерес представляет и изучение влияния предобработки водой на структуру кристаллизующихся полиамидов, поскольку сорбционные свойства и доля упорядоченных областей, недоступных для молекул воды, для готовых (прошедших все технологически регламентированные стадии производства) кристаллизующихся волокон арамид-2 и ПА-6 и жидкокристаллических волокон арамид-1ТВ близки. Исключение составляет арамид-3, для которого характерны меньшие значения концентрации доступных центров сорбции, максимальной сорбционной емкости и СК, что указывает на его более жесткую упорядоченную структуру в ряду изучаемых полиамидов.

Анализ представленных в таблице 1 результатов показал, что для кристаллизующихся арамидов наблюдается аналогичная картина. Обработка волокон водой в «мягких» условиях, как и в случае арамида-1, не приводит к заметному изменению их сорбционных свойств и степени упорядоченности. В «жестких» условиях степень кристалличности снижается на 8–9 % (для ПА-6 — на 13 %). С одной стороны, это может свидетельствовать о присутствии даже в частично-кристаллических полиамидах мезоморфной фазы с ближним трехмерным порядком, способной разрушаться под действием воды. С другой стороны, принимая во внимание хорошее согласие значений СК, определенных методами сорбции и рентгеноструктурного анализа, для необработанных водой полиамидов, можно предположить, что происходящее при кипячении увеличение объема аморфной фазы под действием давления набухания, приводит к разрушению слабых межмолекулярных контактов не только в жидкокристаллической мезофазе, но и в кристаллитах [3], что и приводит к уменьшению степени упорядоченности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлин А. М. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. СПб. : Профессия, 2006. 624 с.
2. Иовлева М. М., Коновалова Л. Я., Негодяева Г. С. [и др.]. Структурные особенности полимеров, выявляемые методом сорбции паров воды // Высокомолек. соед. Сер. Б. 1983. № 10. С. 776–777.
3. Смотрина Т. В., Гребенников С. Ф., Бусыгин К. Н. [и др.]. Разрушение жидкокристаллических структур в параамидных полимерах при набухании в воде // Высокомолек. соед. Сер. А. 2017. Т. 59. № 2. С. 165–173.
4. Чалых А. Е., Петрова Т. Ф., Герасимов В. К. [и др.]. Сорбция воды ароматическими полиамидами // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2021. Т. 57. № 6. С. 595–608.
5. Смотрина Т. В., Чулкова Ю. С., Карасев Д. В. [и др.]. Протонная магнитная релаксация в ароматических полиамидах при сорбции водяного пара // Журн. физ. хим. 2009. Т. 83. № 7. С. 1346–1351.
6. Гребенников С. Ф., Жиженков В. В., Квачадзе Н. Г. [и др.]. Надмолекулярная структура полипараарамидных волокон жидкокристаллического типа // Жидк. крист. и их практич. использ. 2019. Т. 19. № 3. С. 44–50.
7. Михайлов А. Д. Сорбция паров воды кристаллизующимися арамидными волокнами // Современные проблемы естественных наук и фармации: сб. ст. Всерос. науч. конф. (г. Йошкар-Ола, 16–19 мая 2023 г.). Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2023. Вып. 12. С. 496–499.
8. Гребенников С. Ф., Эльтеков Ю. А. Сорбция в полимерных системах. СПб. : ФГБОУ ВПО «СПГУТД», 2014. 282 с.
9. Ван Кревелен Д. В. Свойства и химическое строение полимеров. М. : Химия, 1976. 415 с.

Особенности реакций комплексообразования в тройной системе кобальт(II) – нитрилотриуксусная кислота – этилендиамин

Михеев Н. В., студ. 5 курса

Науч. рук. – Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
nik0k0laymhv@gmail.com

Исследование закономерностей образования комплексных соединений в поликомпонентных системах является одной из важнейших проблем координационной химии, что обусловлено необходимостью установления взаимного влияния металлов и комплексообразующих реагентов и их совместимости во внутренней координационной сфере. Наибольший интерес представляют комплексообразующие системы, содержащие смесь полидентатных лигандов, которые могут не реализовывать полностью свою донорную способность во внутренней координационной сфере одного центрального иона – комплексообразователя. Знание всего многообразия факторов, влияющих на комплексообразование в поликомпонентных системах в растворах полидентатных лигандов, создает информационную основу для их эффективного практического использования [1–9].

В работе проведено спектрофотометрическое исследование особенностей реакций образования комплексных соединений в тройной системе кобальт(II) – нитрилотриуксусная кислота (Nta) – этилендиамин (En) в щелочных растворах. Ранее было показано, что в кислых растворах соли кобальта(II) в присутствии Nta и En реализуется координация только аминокарбоксилатного лиганда с дискриминацией донорных возможностей полиамина [10]. В растворах тройной системы $\text{Co(II):Nta:En} = 1:1:1$ при $\text{pH} < 6,0$ формируются комплексные частицы составов $[\text{CoHNta}]^0$ и $[\text{CoNta}]^+$, для которых значения логарифмов констант устойчивости равны 2,31 и 10,43 соответственно. Установлено также, что в растворах тройной системы $\text{Co(II):Nta:En} = 1:1:1$ при $\text{pH} > 6,0$ регистрируется изменение оптической плотности растворов во времени и равновесие не достигается даже при хранении растворов в течение трех недель. По-видимому, наличие в растворах полиаминного лиганда в растворах тройной системы определяет протекание процессов окисления металлоцентра кислородом с образованием интенсивно окрашенных хелатов кобальта(III).

Детальное исследование изменения спектральных характеристик растворов тройной системы $\text{Co(II):Nta:En} = 1:1:1$ в нейтральных и щелочных средах в течение длительного времени позволило зарегистрировать существенное изменение электронных спектров поглощения растворов (рис. 1 и 2). Оптические характеристики растворов тройной системы $\text{Co(II):Nta:En} = 1:1:1$ с исходными значениями pH в интервале от 7,0 до 12,2 при хранении в течение более четырех месяцев становятся практически идентичными, что, по-видимому, обусловлено формированием во времени одной спектрально активной системы в независимости от кислотности исходных растворов.

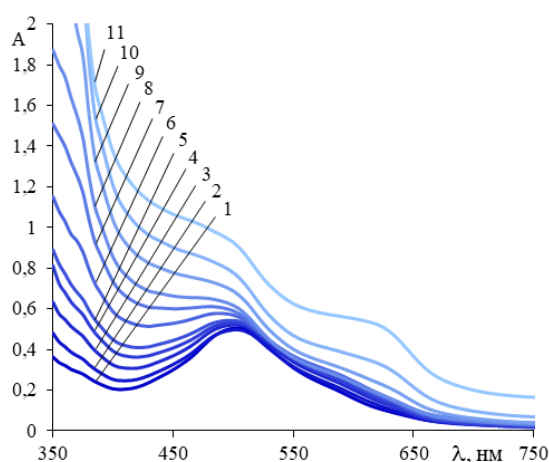


Рис. 1. Электронные спектры поглощения растворов тройной системы $\text{Co(II):Nta:En} = 1:1:1$ в момент приготовления
 $C(\text{Co}^{2+}) = 0,008$ моль/л; $l = 3$ см; $\lambda = 510$ нм;
 $\text{pH} = 7,4$ (1), 7,7 (2), 7,9 (3), 8,3 (4), 8,7 (5), 9,8 (6), 10,6 (7), 11,0 (8), 11,3 (9), 11,6 (10), 12,2 (11)

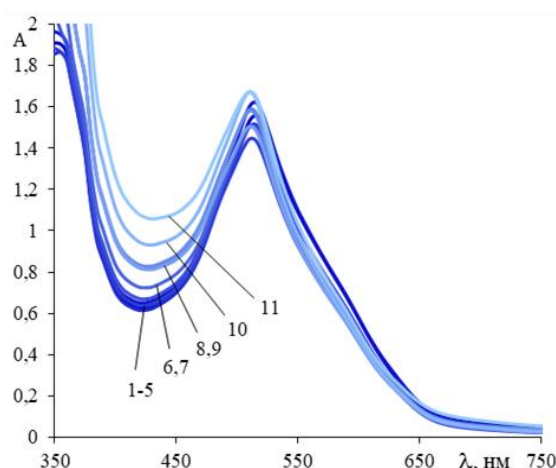


Рис. 2. Электронные спектры поглощения растворов тройной системы $\text{Co(II):Nta:En} = 1:1:1$ через 4,5 месяца после приготовления
 $C(\text{Co}^{2+}) = 0,008$ моль/л; $l = 3$ см; $\lambda = 510$ нм;
 $\text{pH} = 7,4$ (1), 7,7 (2), 7,9 (3), 8,3 (4), 8,7 (5), 9,8 (6), 10,6 (7), 11,0 (8), 11,3 (9), 11,6 (10), 12,2 (11)

Установлено также, что выдерживание растворов в течение длительного времени приводит к изменению pH растворов (рис. 3 и 4). Причем значения pH нейтральных растворов тройной системы возрастают, а величины pH сильнощелочных растворов значительно снижаются. Интервал кислотности растворов изменяется от $\Delta pH = 7,0 - 12,2$ до $\Delta pH = 7,5 - 9,0$. Наибольшее изменение кислотности растворов происходит в первые недели, а при последующем хранении значения pH растворов тройной системы $Co(II):Nta:En = 1:1:1$ остаются постоянными, что, вероятно, связано с образованием системы с буферными свойствами.

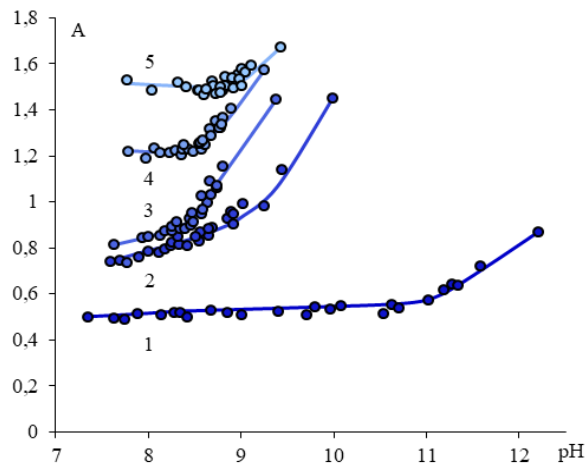


Рис. 3. Зависимость оптической плотности от pH тройной системы $Co(II):Nta:En = 1:1:1$ в момент приготовления (1), через 2 недели (2), через 3 недели (3), через 2,5 месяца (4) и через 4,5 месяца (5) $C(Co^{2+}) = 0,008$ моль/л; $l = 3$ см; $\lambda = 510$ нм

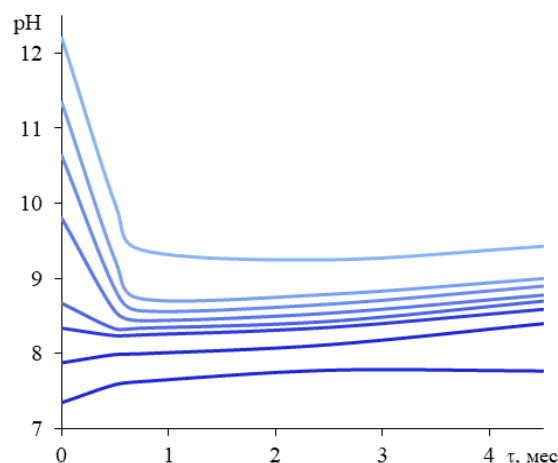


Рис. 4. Изменение pH растворов системы $Co(II):Nta:En = 1:1:1$ во времени $C(Co^{2+}) = 0,008$ моль/л

Хранение растворов серий насыщения в тройной системе $Co(II) - Nta - En$ также приводит к изменению спектральных и кислотных характеристик. Оптические плотности растворов серий насыщения, в которых изменяется содержание одного из комплексообразующих реагентов, возрастают со временем, однако положение изломов графиков, соответствующих определенному мольному соотношению образующихся в растворах комплексных частиц, не изменяется (рис. 5 и 6). Наличие в растворе катионов кобальта(II) эквимолярного количества En не препятствует образованию моно- и бис-нитрилтриацетатов металла (рис. 5). В то же время в растворах с эквимолярным соотношением катионов кобальта(II) и Nta возможно формирование моно-, бис- и трис-этилендиаминных хелатов.

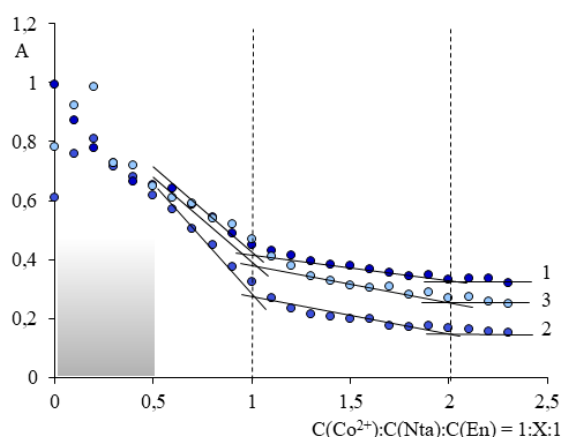


Рис. 5. Серия насыщения Nta при $\Delta pH = 8,5 - 9,5$ в момент приготовления растворов (1), через 2,5 месяца (2) и через 4,5 месяца (3) после приготовления $C(Co^{2+}) = C(En) = 0,008$ моль/л, $l = 3$ см (1) и $l = 1$ см (2, 3), $\lambda = 510$ нм

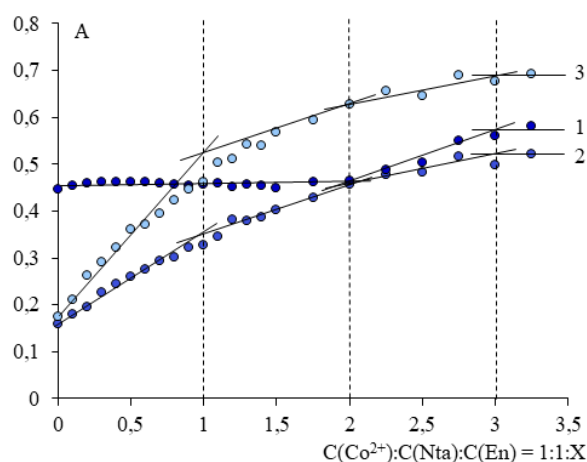


Рис. 6. Серия насыщения En при $\Delta pH = 8,5 - 9,5$ в момент приготовления растворов (1), через 2,5 месяца (2) и через 4,5 месяца (3) после приготовления $C(Co^{2+}) = C(Nta) = 0,008$ моль/л, $l = 3$ см (1) и $l = 1$ см (2, 3), $\lambda = 510$ нм

Для приготовления растворов серий насыщения применяли боратный буфер с pH 9,18, тетраборат-ионы которого не могут конкурировать с Nta и En в реакции комплексообразования с катионами кобальта. Однако при хранении растворов серий насыщения в течение длительного времени так же, как и для зависимостей $A = f(pH)$, было установлено изменение их кислотных характеристик. Наибольшее изменение кислотности растворов серий насыщения фиксируется в тех случаях, когда содержание En превышает содержание Nta (рис. 7 и 8). В растворах серии насыщения Nta при хранении более четырех месяцев интервал значений pH смещается в область от 7,9 до 8,9 единиц pH, а в растворах серии насыщения En кислотность растворов укладывается в интервал $\Delta pH = 8,6 - 8,9$.

Таким образом, при длительном хранении растворов тройной системы Co(II) – Nta – En реализуется процесс окисления металлоцентра, сопровождающийся повышением светопоглощения и снижением щелочности растворов вне зависимости от мольного соотношения компонентов.

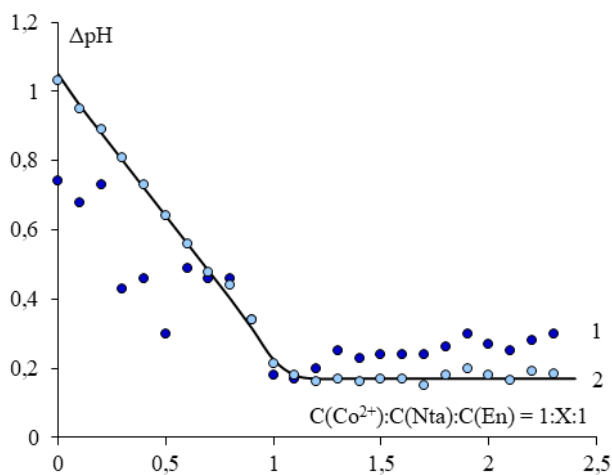


Рис. 7. Изменение pH растворов серии насыщения Nta через 2,5 месяца (1) и через 4,5 месяца (2) после приготовления $C(Co^{2+}) = C(En) = 0,008$ моль/л

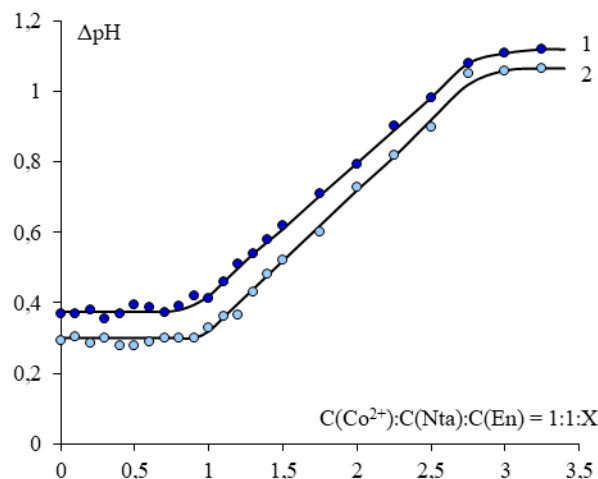


Рис. 8. Изменение pH растворов серии насыщения En через 2,5 месяца (1) и через 4,5 месяца (2) после приготовления $C(Co^{2+}) = C(Nta) = 0,008$ моль/л

ЛИТЕРАТУРА

- 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. 56–58.
- 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. Т. 69. № 9. С. 1771–1777.
- Оразаева О. А., Щеглова Н. В., Попова Т. В. Гетеролигандное и конкурирующее комплексообразование в тройных системах медь(II) - аминоксислота – полиамин // Вестник технологического университета. 2022. Т. 25. № 9. С. 12–17.
- Попова Т. В., Щеглова Н. В. Сравнительное исследование процессов образования гетерометаллических диэтилентриаминпентаацетатов кобальта(II), никеля(II) и меди(II) в водных растворах // Журнал физической химии. 2022. Т. 96. № 6. С. 806–810.
- Корнев В. И., Семёнова М. Г. Гетеролигандные комплексы кобальта(II) с нитрилотриуксусной кислотой и дикарбоновыми кислотами // Вестник Удмуртского университета. Физика. Химия. 2008. Вып. 2. С. 65–72.
- Корнев В. И., Семёнова М. Г. Взаимодействие кобальта(II) и никеля(II) с комплексами ряда карбоксиметиленаминов и малоновой кислотой в водном растворе // Вестник Удмуртского университета. Физика. Химия. 2010. Вып. 1. С. 34–41.
- Barnard N. I., Visser H. G. Novel synthetic method for cobalt complexes: Structural and kinetic study of $[Co(NTA)(py)(H_2O)]$ // Inorganic Chemistry Communications. 2012. Vol. 15. Pp. 40–42.
- Gazala M. H., Hander B. Complexes of cobalt(II) involving nitrilotriacetic acid and some biologically active ligands // Research Journal of Chemical Sciences. 2012. Vol. 2. № 3. Pp. 12–20.
- 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 // Координационная химия. 2020. Т. 46. № 12. С. 715–722.
- Михеев Н. В., Щеглова Н. В. Спектрофотометрическое исследование гетеролигандного комплексообразования в системе кобальт(II) – нитрилотриуксусная кислота – этилендиамин // Современные проблемы естественных наук и фармации. Химия. 2023. Вып. 12. С. 502–504.

Сорбция ионов меди (II) лигнином гидролизным из водных растворов

Нигматова А. Д., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смирнов А. К., канд. хим. наук, доц.

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

Медь – это химический элемент, относящейся к тяжелым металлам, который широко распространен в окружающей среде и участвует во многих биологических процессах. Излишнее содержание соединений меди в организме отрицательно влияет на здоровье человека. 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].

Данная работа направлена на исследование сорбционных свойств ионов меди (II) энтеросорбирующим средством «Полифепан», основа которого представлена лигнином гидролизным. Структурные единицы гидролизованного 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 условиях из растворов CuSO_4 с начальными концентрациями ионов меди в растворе (C_0), лежащими в диапазоне от 10^{-5} до 10^{-2} 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. Концентрацию ионов меди (II) в растворе определяли фотометрически согласно [4] (рис. 1). Экспериментальные данные обрабатывали посредством пакетов прикладных программ Excel и Statistica 6.0.

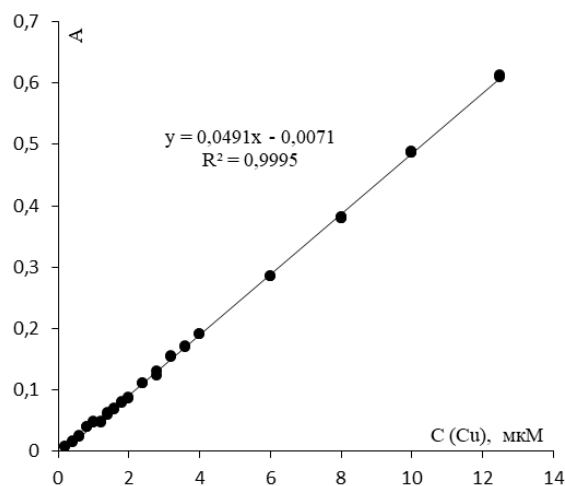


Рис. 1. Зависимость оптической плотности (A) от концентрации ионов меди (II) в растворе

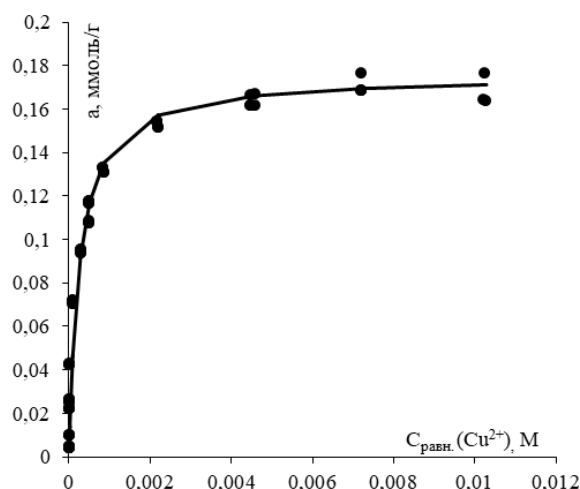


Рис. 2. Изотерма сорбции ионов Cu^{2+} энтеросорбентом «Полифепан» из водных растворов

Одним из информативных методов изучения сорбционных процессов является метод построения изотерм сорбции (рис. 2). Экспериментальные изотермы в достаточно хорошей степени удовлетворяют линейным формам уравнений Ленгмюра и Дубинина-Радускевича с достаточно высокими коэффициентами корреляции, что позволило оценить такие важные количественные параметры сорбционного процесса, как константа сорбционно-десорбционного равновесия Ленгмюра (K_L), предельная сорбция ($a_{0,\text{Cu}^{2+}}$), отвечающая насыщению центров сорбции катионами металла, удельная поверхность в набухшем состоянии ($S_{\text{уд,Cu}^{2+}}$), эффективная энергия активации (E_{eff}) – параметр, косвенно дифференцирующий сорбционный процесс на физическую и химическую сорбцию. Удельную поверхность сорбента в набухшем состоянии ($S_{\text{уд,Cu}^{2+}}$) 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 0,171 ммоль/г при температуре 20 °С, а величина удельной поверхности сорбента, оцененная при рассмотрении в качестве сорбируемой частицы гидратированного иона меди (II) составляет порядка 44,3 м²/г. Кроме того, значение параметра E_{eff} , полученное при линеаризации уравнения Дубинина-Радускевича, которое составило 3 кДж/моль,

$$\ln a = \ln a_0 - \left(\frac{RT}{E_{eff}} \right)^2 * \left(\frac{C_0}{C_{равн.}} \right)^2,$$

в координатах $\ln a$ от $\left(\frac{C_0}{C_{равн.}} \right)^2$, свидетельствует о преобладающем вкладе физической сорбции ионов Cu(II) в сорбционный процесс.

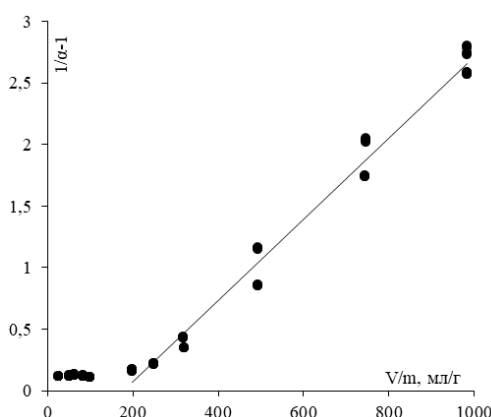


Рис. 3. Зависимость сорбции ионов Cu(II) из водных растворов от модуля раствор/сорбент в координатах $1/\alpha - 1$ от V/m

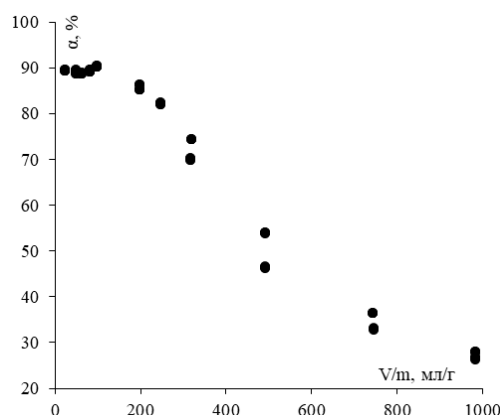


Рис. 4. Зависимость степени извлечения ионов Cu(II) от модуля раствор/сорбент

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). Для определения оптимального соотношения массы сорбента к объему раствора, обеспечивающего оптимальные значения степени извлечения ионов меди, были рассчитаны значения сорбции из растворов с концентрацией $2,5 \times 10^{-4}$ М в диапазоне модуля раствор/сорбент (отношение объема раствора к массе сорбента) от 25 до 1000 мл/г (рис. 4). Экспериментально показан степенной характер роста значений сорбции ионов кобальта из раствора по мере уменьшения отношения объема раствора к массе сорбента.

Значения степени извлечения ионов, для концентраций ионов Cu (II) от 5×10^{-5} моль/л и ниже превышают 80 % при 20 °С, что указывает на высокую эффективность сорбента, особенно в области низких концентраций ионов меди (II) в растворе учитывая достаточно низкие значения ПДК ионов меди в водных объектах ($1,6 \times 10^8$ моль/л) [5]. График зависимости степени извлечения от исходной концентрации представлен (рис. 5).

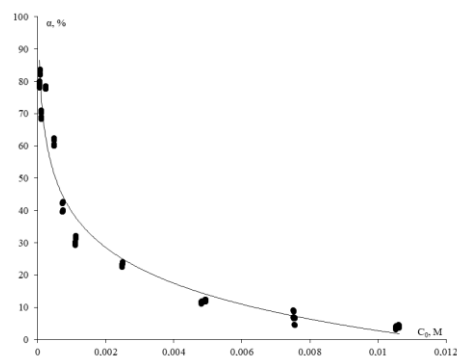


Рис. 5. Зависимость степени извлечения ионов Cu(II) от исходной концентрации

ЛИТЕРАТУРА

1. Щекина М. И., Панчук М. С. Аспекты применения энтеросорбентов при интоксикации различного генеза в амбулаторной практике // Медицинский совет. 2013. № 3. С. 67–71.
2. Коноров М. Р. Клиническая фармакология энтеросорбентов нового поколения // Вестник фармации. 2013. № 4. С. 79–85.

3. Марченко Т. А. Топологическая структура макромолекул лиственных лигнинов: специальность 05.21.03 «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»: 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: национ. стандарт Рос. Федерации.: изд. официал.: утв. и введ. в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 9 окт. 1972 года № 1855-ст: дата введ. 1974-01-01. М. : Стандартиформ, 2010. 8 с.

5. САНПИН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: утв. и введ. в действие Постановлением Главного Государственного санитарного врача Российской Федерации от 1 мрт. 2021 года: дата введ. 2021-03-01. М. : 2021. 469 с.

Исследование отклонения показателя преломления в системах бутилацетат-дибутилфталат и бутилацетат-диоктилфталат

Полевщиков Д. И., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смирнова Л. Г., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
referalforme005@gmail.com@gmail.com

Дибутылфталат (ДБФ) – $C_6H_4(COOC_4H_9)_2$ и ди-(2-этилгексил)-фталат, также известный как диоктилфталат (ДОФ) – $C_6H_4(COOC_8H_{17})_2$ являются обширно используемыми жидкими пластификаторами. Эфиры фталевой кислоты, такие как ДБФ и ДОФ, обладают рядом характеристик, которые делают их широкодоступными и подходящими для использования с полимерами: они нетоксичны, бесцветны и имеют широкий диапазон термодинамических свойств [1], благодаря этому, фталаты используются в различных направлениях индустрии. Особо широкое применение находят эфиры с высокой молекулярной массой при производстве многочисленных полимерных материалов, в частности при обработке поливинилхлорида [2], клеев [3], пленочных покрытий на основе целлюлозы [3; 4]. Бутилацетат (БА) также играет важную роль в полимерной индустрии в качестве растворителя, благодаря его способности эффективно растворять широкий спектр полимеров и смол, при этом обладая относительно низкой токсичностью и хорошей испаряемостью.

Пластификаторы являются важными добавками к полимерным материалам, предназначенными для снижения вязкости, трения и повышения гибкости, обрабатываемости и прочности. Они функционируют как средство снижения взаимодействия между молекулами полимеров, аналогично смазочным материалам [5]. Влияние пластификаторов на полимерные материалы разнообразно и зависит от нескольких факторов, таких как тип, свойства и концентрация используемого пластификатора, а также особенности модифицируемого полимера. В производстве наиболее часто применяются ДБФ и ДОФ из-за их соответствия общим требованиям к пластификаторам [6; 7; 8].

Экспериментальные данные о термодинамических свойствах смесей органических жидкостей используются в качестве качественного и количественного руководства для понимания молекулярных взаимодействий между компонентами смеси, расширения теоретических моделей, а также в обрабатывающей промышленности. Данное исследование имеет целью углубить знания о характере взаимодействий между растворителем и пластификаторами, что позволит более тщательно подходить к обработке полимеров. Полученные результаты могут быть полезны для разработки новых методов анализа и контроля качества бинарных растворов ДБФ и ДОФ с растворителями, а также для оптимизации их использования в промышленности.

БА, ДБФ и ДОФ (Ekos-1) с чистотой более 99% от массовой доли использовались без дополнительной очистки. Чистота чистого компонента была установлена путем сравнения плотностей, вязкостей и показателя преломления с соответствующими значениями, приведенными в литературе. Анализируемые бинарные смеси БА-ДБФ и БА-ДОФ были приготовлены по массе, используя электронные аналитические весы Vibra (с точностью ± 0.0001 грамм). Показатель преломления был измерен с помощью рефрактометра ИРФ-454Б2М с термостатическим управлением

Для каждой системы, при помощи рефрактометра ИРФ-454Б2М, был измерен ряд значений показателя преломления в температурном диапазоне (15–30 °C) и построен график зависимости с использованием температурного коэффициента показателя преломления $\left(\frac{dn}{dt}\right)$ из уравнения поправки на температуру вида:

$$n = \left(0.0565 \cdot 10^{-4} + \frac{dn}{dt}\right) \cdot (t - 20) \quad (1)$$

На основе уравнения (1) были рассчитаны значения показателя преломления для исследуемых смесей при рассматриваемых температурах: 15°C; 20°C; 25°C; и 30°C. Полученные значения показателя преломления для всего концентрационного диапазона смесей продемонстрированы в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость показателя преломления БА-ДБФ и БА-ДОФ от мольной доли ДБФ и ДОФ в диапазоне температур 15–30 °С

$\chi_{\text{ДБФ}}$	n_D				$\chi_{\text{ДОФ}}$	n_D			
	15°C	20°C	25°C	30°C		15°C	20°C	25°C	30°C
0	1.3970	1.3947	1.3924	1.3901	0	1.3970	1.3947	1.3924	1.3901
0.1099	1.4175	1.4152	1.4130	1.4108	0.1003	1.4204	1.4182	1.4159	1.4137
0.2011	1.4313	1.4290	1.4268	1.4246	0.1999	1.4370	1.4348	1.4326	1.4304
0.3215	1.4462	1.4439	1.4417	1.4395	0.3006	1.4493	1.4472	1.4450	1.4429
0.4030	1.4547	1.4525	1.4503	1.4481	0.4012	1.4588	1.4567	1.4546	1.4525
0.5176	1.4649	1.4628	1.4606	1.4585	0.5021	1.4663	1.4642	1.4622	1.4601
0.6135	1.4721	1.4700	1.4679	1.4658	0.6025	1.4723	1.4703	1.4683	1.4663
0.7093	1.4788	1.4767	1.4746	1.4726	0.6987	1.4772	1.4752	1.4732	1.4713
0.8039	1.4844	1.4823	1.4803	1.4783	0.7885	1.4810	1.4791	1.4771	1.4752
0.9056	1.4898	1.4877	1.4857	1.4837	0.8967	1.4850	1.4830	1.4811	1.4792
1	1.4941	1.4921	1.4901	1.4880	1	1.4881	1.4862	1.4843	1.4824

Отклонение значений показателя преломления (Δn_D) смеси было рассчитано по следующему уравнению:

$$\Delta n_D = n_D - \sum_{i=1}^n x_i n_{Di} \quad (2)$$

где n_D – показатель преломления смеси при данной температуре, n_{Di} – показатель преломления чистого компонента смеси при данной температуре, x_i – мольная доля компонента в смеси.

В таблице 2 изображена полученная зависимость Δn_D от мольной доли ДБФ и ДОФ в смеси. Все анализируемые смеси обладают положительным отклонением коэффициентов преломления, а их максимумы лежат в пределах 0.3–0.4 мольных долей ДБФ и ДОФ, при этом наблюдается более сильное отклонение в смеси БА-ДОФ. Положительное отклонение показателя преломления может быть связано с увеличением ван-дер-ваальсовых сил или поляризации молекул в смесях. Это может быть следствием образования диполь-дипольных взаимодействий или других межмолекулярных сил, которые увеличивают эффективный показатель преломления в сравнении.

Таблица 2

Значения отклонения показателя преломления для смесей БА-ДБФ и БА-ДОФ

$\chi_{\text{ДБФ}}$	Δn_D БА-ДБФ			
	15oC	20oC	25oC	30oC
0	0	0	0	0
0.1099	0.00978	0.00979	0.00985	0.00991
0.2011	0.01476	0.01473	0.01474	0.01477
0.3215	0.01796	0.01793	0.01794	0.01794
0.403	0.01854	0.01851	0.01851	0.0185
0.5176	0.01768	0.01767	0.01767	0.01768
0.6135	0.01557	0.01558	0.01559	0.01561
0.70927	0.01293	0.01293	0.01298	0.01298
0.8039	0.00934	0.00935	0.00938	0.00941
0.9056	0.00485	0.00487	0.00489	0.00492
1	0	0	0	0
$\chi_{\text{ДОФ}}$	Δn_D БА-ДОФ			
	15oC	20oC	25oC	30oC
0	0	0	0	0

$\chi_{\text{ДБФ}}$	Δn_D БА-ДБФ			
	15oC	20oC	25oC	30oC
0.1003	0.01427	0.0143	0.01431	0.01432
0.1999	0.02172	0.02176	0.02179	0.02181
0.3006	0.02491	0.02496	0.02498	0.02503
0.4012	0.02519	0.02524	0.02528	0.02533
0.5021	0.02352	0.02358	0.02363	0.02366
0.6025	0.02044	0.02051	0.02057	0.02062
0.6987	0.01652	0.01658	0.01662	0.01667
0.7885	0.01219	0.01223	0.01228	0.01233
0.8967	0.00628	0.00629	0.00632	0.00635
1	0	0	0	0

Одна из задач, возникающих при анализе смесей, является получение работоспособных уравнений для прогнозирования состава с учетом существующих правил смешивания для показателя преломления. С этой целью тщательно пересматриваются имеющиеся, в основном прогнозирующие, правила смешивания показателя преломления смесей. Для оценки предсказательной способности соответствующих уравнений рассмотрены различные эмпирические и полуэмпирические уравнения, применимость восьми из них была рассмотрена в данной работе:

Араго-Био:

$$n = n_1\varphi_1 + n_2\varphi_2 \quad (3)$$

Гладстон-Дэйл:

$$n - 1 = (n_1 - 1)\varphi_1 + (n_2 - 1)\varphi_2 \quad (4)$$

Лоренц-Лоренц:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \left(\frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} \right) \varphi_1 + \left(\frac{n_2^2 - 1}{n_2^2 + 2} \right) \varphi_2 \quad (5)$$

Эйкман:

$$\frac{n^2 - 1}{n + 0.4} = \left(\frac{n_1^2 - 1}{n_1 + 0.4} \right) \varphi_1 + \left(\frac{n_2^2 - 1}{n_2 + 0.4} \right) \varphi_2 \quad (6)$$

Вейнер:

$$\frac{n^2 - n_1^2}{n^2 + 2n_1^2} = \left(\frac{n_2^2 - n_1^2}{n_2^2 + 2n_1^2} \right) \varphi_2 \quad (7)$$

Ньютон:

$$n^2 - 1 = (n_1^2 - 1)\varphi_1 + (n_2^2 - 1)\varphi_2 \quad (8)$$

Остер:

$$\frac{(n^2 - 1)(2n^2 + 1)}{n^2} = \left(\frac{(n_1^2 - 1)(2n_1^2 + 2)}{n_1^2} \right) \varphi_1 + \left(\frac{(n_2^2 - 1)(2n_2^2 + 2)}{n_2^2} \right) \varphi_2 \quad (9)$$

Эйринг-Джон:

$$n = n_1\varphi_1^2 + 2\varphi_1\varphi_2\sqrt{(n_1n_2)} + n_2\varphi_2^2 \quad (10)$$

где n – показатель преломления смеси, n_1 – показатель преломления компонента 1, n_2 – показатель преломления компонента 2. φ_1 – объемная доля компонента 1, φ_2 – объемная доля компонента 2

При помощи уравнений (3–10) были рассчитаны теоретические значения показателя преломления при 15 °С, а затем их отклонения от реальных значений, продемонстрированных в рисунках 1а и 1б.

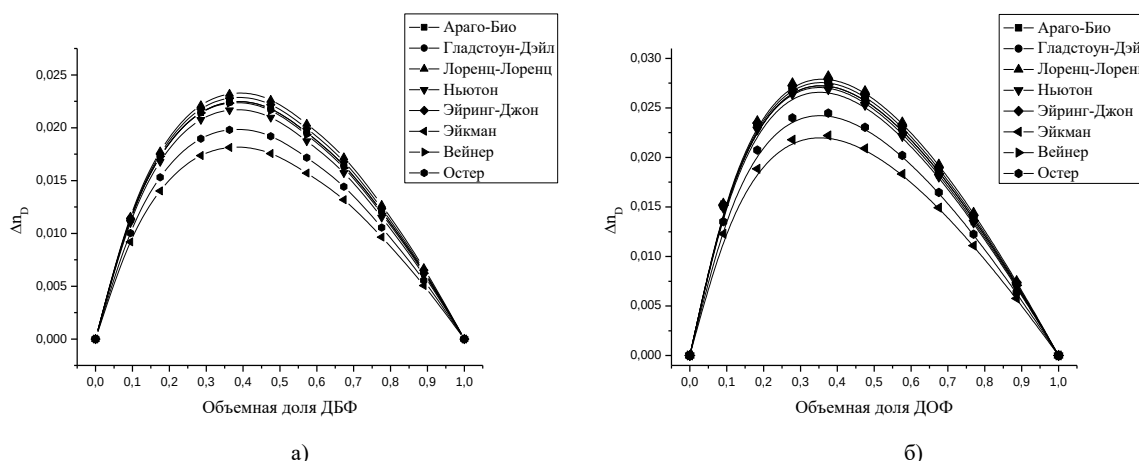


Рис. 1. Концентрационная зависимость отклонения показателя преломления для различных схем смешения согласно уравнениям (3)–(10) при 15 °С для смесей БА-ДБФ (а) и БА-ДОФ (б)

Анализ данных, представленных в таблице 4 и на рисунках 1а и 1б можно заметить, что большинство значений отклонений этих уравнений между собой хорошо согласуются, в то же время наиболее близкими к экспериментальным значениям, являются модели смещения Эйкмана и Остера. Представление отклонения показателя преломления как функции объемных долей позволяет провести более корректную физическую интерпретацию.

Работа выполнена в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 075-01252-22-03 от 26.10.2022.

ЛИТЕРАТУРА

1. Krauskopf L. G. Plasticizer structure/performance relationships. / L. G. Krauskopf // Journal of Vinyl and Additive Technology. 1993. Vol. 15. № 3. Pp. 140–147.
2. Cadogan D. F., Howick C. J. Plasticizers // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley, 2000. Vol. 10. Pp. 766–798.
3. Chemical Analysis of Contaminants in Sediments / M. Petrovic, E. Eljarrat, S. Diez [et al] – Sediment Quality and Impact Assessment of Pollutants, 2007. Pp. 99–100.
4. Wojciechowska P. The Effect of Concentration and Type of Plasticizer on the Mechanical Properties of Cellulose Acetate Butyrate Organic-Inorganic Hybrids // Recent Advances in Plasticizers. 2012. Pp. 141–164.
5. Poly(Vinyl Chloride). / W. F. Carroll, R. W. Johnson, S. S. Moore, R. A. Paradis // Applied Plastics Engineering Handbook. 2011. Pp. 61–76.
6. Rathnam M. V. Viscosities of Some Binary Ethyl Acetate Mixtures at 313.15 K. // J. Chem. Eng. Data. 1988. Vol. 33. Pp. 14–15.
7. Godwin A. D. PLASTICIZERS. / A. D. Godwin // Applied Polymer Science: 21st Century – Elsevier Science, 2000. Pp. 157–175.
8. Phthalic Acid and Derivatives. / P. M. Lorz, F. K. Towae, W. Enke [et al] – Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2007. Pp. 147–148.

Изучение геометрического строения комплексов Со (III) с этилендиамином и нитрилтриуксусной кислотой

Попова И. Д., студ. 4 курса

Науч. рук. – Петухова Т. В., канд. хим. наук, доц.

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

Исследование закономерностей образования моноядерных гетеролигандных комплексных соединений кобальта с биологически активными лигандами является одной из важных задач современной координационной химии [1; 2]. Потребность в препаратах, созданных на основе данных комплексов в сфере медицины и сельского хозяйства в наше время довольно высока [1]. В решении данного вопроса может оказать значительную помощь целенаправленный синтез комплексных соединений биометаллов с физиологически активными органическими соединениями [1].

На данный момент, благодаря развитию современных технологий в направлении квантово-химического моделирования, есть возможность провести предварительные исследования планирующегося к синтезу соединения, с целью выяснения его наиболее устойчивых конфигураций и составления прогнозов относительно его физико-химических свойств. В данной работе поставлен расчет термодинамических и геометрических параметров комплексных соединений кобальта (III) с этилендиамином и с нитрилтриуксусной кислотой, в том числе гетеролигандного комплекса нитрилтриацетатэтилендиаминкобальта (III).

В качестве основного инструмента исследования была выбрана программа Gaussian 0.9, расчеты проведены методом функционала плотности B3LYP в базисе 6-31G(d) [3]. Пространственные модели молекул созданы в программе ChemBio3D Ultra. Вычислены геометрические параметры молекул этилендиамина (En), нитрилтриуксусной кислоты (NTA) и их комплексных соединений с Co^{3+} . Данные лиганды были выбраны, поскольку являются физиологически активными органическими соединениями. На первом этапе были рассчитаны геометрические параметры лигандов и проведена сравнительная оценка их устойчивости.

Для молекулы этилендиамина возможно существование в двух конформациях En-1 и En-2. Полученные в ходе работы параметры представлены на рисунках 1–4. Исходя из представленных на рисунке 1 данных, можно сделать вывод, что молекула En-1 симметрична относительно оси второго порядка с искажением на 0,001 Å между связями C–N. По данным на рисунке 2 видно, что молекула En-2 симметрична относительно центра инверсии без искажений.

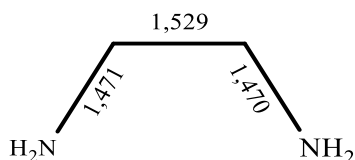


Рис. 1. Длины связей молекулы En-1, Å

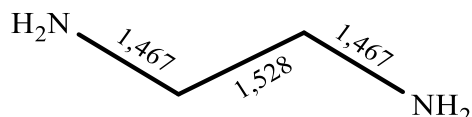


Рис. 2. Длины связей молекулы En-2, Å

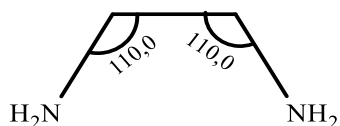


Рис. 3. Валентные углы молекулы En-1, °

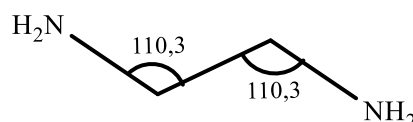


Рис. 4. Валентные углы молекулы En-2, °

Для сравнения термодинамической устойчивости, был проведен расчет энтальпий образования En-1 и En-2.

Таблица 1

Энтальпии образования геометрических изомеров En

	En (1)	En (2)
ΔH , а.е.	-190,392891	-190,391639

Согласно полученным результатам, изомер En-1 на 0,79 ккал/моль устойчивее изомера En-2. Таким образом, устойчивость изомеров отличается незначительно. Молекула En может равновероятно существовать в обеих формах.

Для молекулы NTA аналогично были выбраны два изомера NTA-1 и NTA-2, для них так же были рассчитаны геометрические параметры и проведена сравнительная оценка их устойчивости. Полученные в ходе работы данные представлены на рисунках 5–8.

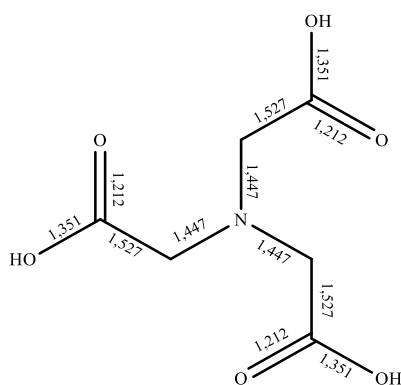


Рис. 5. Длины связей молекулы NTA-1, Å

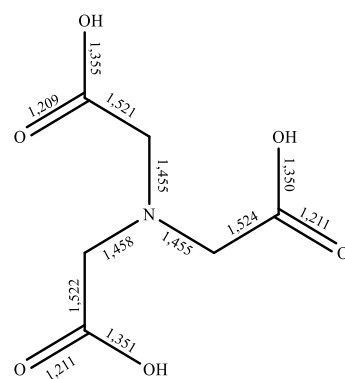


Рис. 6. Длины связей молекулы NTA-2, Å

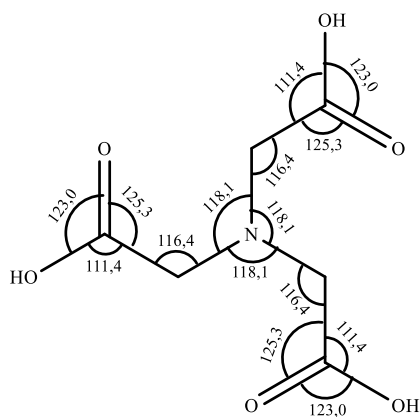


Рис. 7. Валентные углы молекулы NTA-1, °

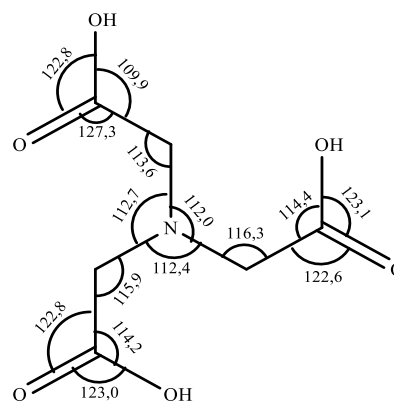


Рис. 8. Валентные углы молекулы NTA-2, °

Согласно данным, представленным на рисунке 5, все C–N связи и углы C–N–C в молекуле NTA-1 равны между собой. Так же можно отметить, что молекула симметрична относительно оси симметрии третьего порядка.

По данным, представленным на рисунке 6, можно отметить, что одна из связей C–N в молекуле NTA-2 имеет искажение на 0,003 Å. Углы C–N–C не равны между собой и имеют незначительные искажения относительно друг друга. Осей симметрии в данном изомере нет.

Расчет термодинамической устойчивости изомеров нитрилтриуксусной кислоты показал, что изомер NTA-1 на 3,34 ккал/моль устойчивее изомера NTA-2. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Энтальпии образования геометрических изомеров NTA

	NTA-1	NTA-2
ΔH , а.е.	– 739,984169	– 739,978843

Далее был проведен квантово-химический расчет геометрических и термодинамических параметров комплексных частиц $[\text{Co}(\text{En})]^{3+}$ и $[\text{Co}(\text{En})]^{2+}$ и их сравнение. Полученные данные представлены на рисунках 9–12.

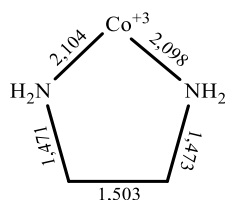
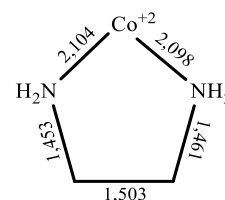
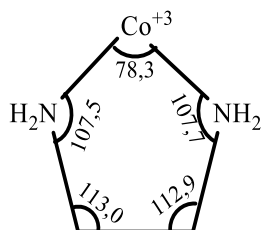
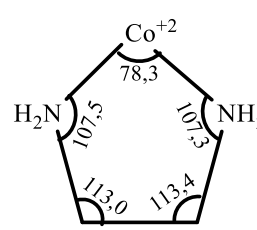
Рис. 9. Длины связей молекулы $[\text{Co}(\text{En})]^{3+}$, ÅРис. 10. Длины связей молекулы $[\text{Co}(\text{En})]^{2+}$, ÅРис. 11. Валентные углы молекулы $[\text{Co}(\text{En})]^{3+}$, °Рис. 12. Валентные углы молекулы $[\text{Co}(\text{En})]^{2+}$, °

Таблица 3

Энтальпии образования $[\text{Co}(\text{En})]^{3+}$ и $[\text{Co}(\text{En})]^{2+}$

	$[\text{Co}(\text{En})]^{3+}$	$[\text{Co}(\text{En})]^{2+}$
ΔH , а.е.	– 1571,647028	– 1572,362144

Согласно полученным результатам, $[\text{Co}(\text{En})]^{2+}$ на 448,74 ккал/моль устойчивее $[\text{Co}(\text{En})]^{3+}$, что не является корректным. Возможно, для такого сравнения необходимо использовать другой базис.

Результаты квантово-химического расчета геометрии молекулы комплекса нитрилотриацетаткобальта (III) представлены на рисунках 13, 14.

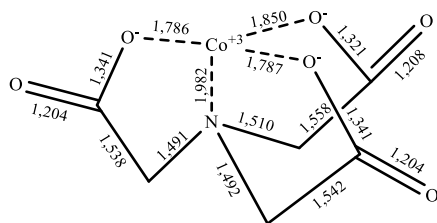
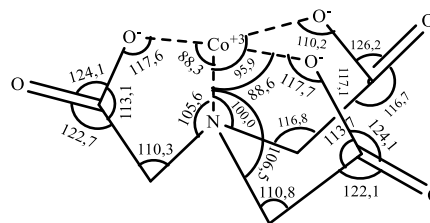
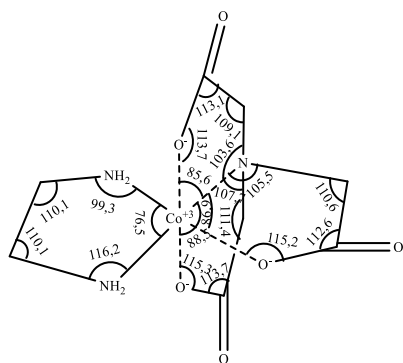
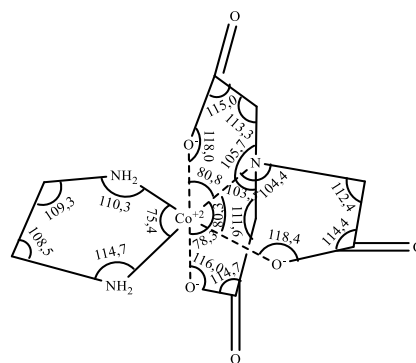


Рис. 13. Длины связей молекулы $[\text{Co}(\text{NTA})]$, Å



Рис. 21. Валентные углы молекулы $[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]$, °Рис. 22. Валентные углы молекулы $[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]^-$, °

Согласно данным, представлены на рисунке 2, фрагмент $\text{Co}(\text{En})$ в $[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]$ сохранил конформацию конверта, но с небольшим искажением относительно монолигандного $[\text{Co}(\text{En})]^{3+}$, угол $\text{N}-\text{Co}-\text{N}$ уменьшился на $1,8^\circ$; один из углов $\text{C}-\text{N}-\text{Co}$ уменьшился на $8,2^\circ$, а другой увеличился на $8,5^\circ$; одна из связей $\text{C}-\text{N}$ стала длиннее на $0,529 \text{ \AA}$, а другая короче на $0,141 \text{ \AA}$. Данные, представленные на рисунке 22, показывает аналогичные изменения в $[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]^-$, во фрагменте $\text{Co}(\text{En})^{2+}$, относительно молекулы монолигандного $[\text{Co}(\text{En})]^{2+}$: угол $\text{N}-\text{Co}-\text{N}$ уменьшился на $2,9^\circ$; углы $\text{C}-\text{N}-\text{Co}$ увеличились на $2,8^\circ$ и на $7,4^\circ$; связи $\text{C}-\text{N}$ стали длиннее на $0,219 \text{ \AA}$ и на $0,094 \text{ \AA}$. Результаты расчета энтальпий образования $[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]$ и $[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]^-$ представлены в таблице 4.

Таблица 4

Энтальпии образования $[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]$ и $[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]^-$

	$[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]$	$[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]^-$
ΔH , а.е.	- 2311,373393	- 2311,473511

Согласно полученным результатам, $[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]^-$ на $62,82$ ккал/моль устойчивее $[\text{Co}(\text{NTA})(\text{En})]$.

Возможно, что для более корректного сравнения устойчивости необходим расчет в более широком базисе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров Ф. Ф., Назаров Ф. С., Якубов Э. Ш. Смешаннолигандные комплексы меди(II) хиразолоном-4 и его производными // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2022. № 3 (96). С. 32–37.
2. Корнев В. И., Алабдулла Г. Ф. Полиядерные этилендиаминтетраацетаты кобальта(II) в присутствии нитрилтриуксусной кислоты // *Проблемы современных интеграционных процессов и пути их решения. Сборник статей Международной научно-практической конференции.* Сер: Хим. науки. 2016. № 2. С. 3–6.
3. Михайлов О. В., Чачков Д. В. Квантово-химическое моделирование молекулярных структур (555) макротрициклических хелатов в тройных системах ион $\text{M}(\text{II})$ –тиокарбамоилметанамид–этандиаль ($\text{M} = \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu}, \text{Zn}$) // *Журнал неорганической химии. Теоретическая неорганическая химия.* 2016. Т. 61. № 2. С. 220–229.

Комплексообразование катионов кобальта(II) с этилендиамином в водных растворах

Рыбакова А. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
alsurybakiva11@gmail.com

К настоящему времени накоплено значительное количество теоретических и экспериментальных данных о составе, свойствах и строении комплексных соединений кобальта с лигандами ряда полиаминов. Показано, что полиаминные хелаты кобальта(II) обладают рядом характеристических свойств, представляющих как теоретический, так и практический интерес. Например, хелаты кобальта(II) с этилендиамином, диэтилентриамином и триэтилентетраамином могут быть использованы в качестве восстановителя, стабилизирующего агента и регулятора скорости осаждения в растворах химического меднения [1]. Комплексные соединения кобальта(II)

с производными этилендиамина, полученными при взаимодействии с нитробензальдегидом и аминокбензофеноном, проявляют противомикробную и противогрибковую активность с большей эффективностью, чем традиционные терпентические препараты «Амоксициллин» и «Нистатин» [2]. Значительные антибактериальные свойства за счет процессов дезактивации клеточных ферментов микроорганизмов зарегистрированы для координационных соединений кобальта(II) с N-изоникотинамидо-2,4-дихлорбензальдимидом [3]. Смешаннолитгандные комплексы кобальта(II) с 1,10-фенантролином, ацетамидом и этилендиаминам демонстрируют антибактериальную активность к грамположительным (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*) и грамотрицательным (*Escherichia coli* и *Klebsiella pneumoniae*) бактериям, сопоставимую с фармакологическим действием препарата «Гентамицин» [4]. Для катионов кобальта(II), хелатированных N-(2-гидроксибензил) фенилаланином, установлена высокая цитотоксичность для эпителиальных клеток аденокарциномы желудка и сильное противомикробное действие против грибковых и бактериальных инфекций, вызванных *Helicobacter pylori* и штаммом *Candida* [5].

Несмотря на достигнутые успехи в области координационной и биологической химии полиаминных комплексов кобальта(II) ряд вопросов остается малоизученными, том числе данные о оптимальных условиях их формирования в водных растворах. Поэтому целью настоящей работы являлось получение систематических данных о реакции комплексообразования кобальта(II) с этилендиамином (En) в водных растворах для установления параметров водных растворов, обеспечивающих максимальную стабильность образующихся координационных частиц.

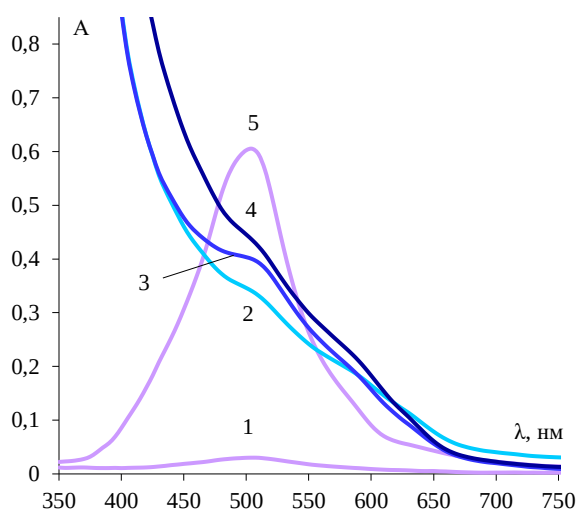


Рис. 1. Электронные спектры поглощения водных растворов хлорида кобальта(II) (1, 5) и этилендиаминных комплексов кобальта(II) с мольными соотношениями $\text{Co(II)} : \text{En} = 1 : 1$ (2), $1 : 2$ (3), $1 : 3$ (4) $C(\text{CoCl}_2) = 0,004$ (1 – 4) и $0,05$ (5) моль/л, $\text{pH} = 8,0$ (2), $8,8$ (3), $10,2$ (4); $1 : 3$ см

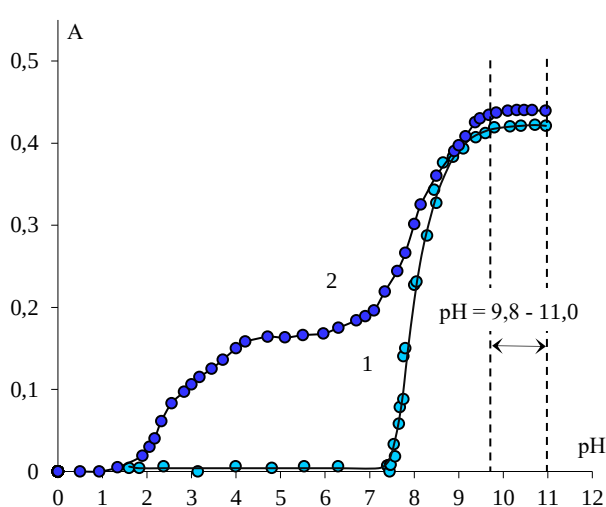


Рис. 2. Изменение оптической плотности растворов для системы $\text{Co(II)} : \text{En} = 1 : 1$ с приготовлением растворов «классическим» способом (1) и в условиях с минимальным контактом с воздухом (2) при разных pH $C(\text{Co}^{2+}) = 0,004$ моль/л, $\lambda = 400$ нм, $l = 3$ см

Методом молекулярной адсорбционной спектроскопии установлено, что в электронных спектрах поглощения водного раствора соли кобальта(II) в видимой части спектра наблюдается одна полоса светопоглощения с максимумом при длине волны 500 нм (рис. 1). При добавлении этилендиамина в раствор хлорида кобальта(II) наблюдается изменение окраски растворов из розовой, характерной для аквакомплекса кобальта(II) в коричнево-желтую, что обусловлено процессом образования координационных частиц. Наличие в растворах соли кобальта(II) полиаминного лиганда приводит к значительному гипсохромному смещению полосы светопоглощения в результате значительного расщепления d-АО комплексообразователя в октаэдрическом поле, создаваемом молекулами воды и этилендиамина. Поскольку в электронном спектре поглощения растворов исследуемой системы не наблюдается индивидуальных полос светопоглощения в видимой области спектра, то дальнейшее спектрофотометрическое исследование образующихся в водных растворах системы $\text{Co(II)} - \text{En}$ комплексных соединений проводили фотометрированием растворов на длине волны 400 нм. Для определения влияния кислотности среды на процессы хелатирования кобальта(II) системы $\text{Co(II)} : \text{En} = 1 : 1$ приготовление растворов осуществляли «классическим» способом. Для создания необходимой кислотности в раствор смеси лиганда и комплексообразователя при перемешивании добавляли растворы соляной кислоты и гидроксида натрия и устанавливали значение pH измерением на pH -метре (рис. 2, кривая 1). Однако в процессе эксперимента было зафиксировано изменение окраски растворов в процессе их приготовления, обусловленное окислением катионов кобальта(II) кислородом в водных растворах в присутствии полиаминного лиганда.

Причем изменение состояния окисления металлоцентра реализуется при интенсивном перемешивании уже на этапе формирования рН. Для предотвращения процессов окисления катионов кобальта(II) кислородом при построении зависимости $A = f(\text{pH})$ был изменен порядок приготовления растворов. Для этого сначала создавали необходимые значения рН в растворах En, к полученным растворам лиганда добавляли аликвоты раствора соли кобальта(II) и сразу проводили параллельное измерение оптической плотности и рН смеси (рис. 2, кривая 2). Сравнением двух зависимостей $A = f(\text{pH})$, построенных для серий растворов системы $\text{Co(II)} : \text{En} = 1 : 1$ с разным способом приготовления, установлено что при использовании классического варианта уже при $\text{pH} > 1,9$ наблюдается окисление комплексообразователя в составе координационных частиц. В условиях с минимальным контактом с воздухом образование комплексного соединения кобальта(II) с En с мольным соотношением равным $1 : 1$, зарегистрировано в слабощелочной среде в диапазоне рН от 7,4 до 9,8. Образованное желто-коричневое комплексное соединение кобальта(II) с En с эквимольным соотношением металла и лиганда стабильно в довольно узком интервале $\Delta \text{pH} = 9,8 - 11,0$.

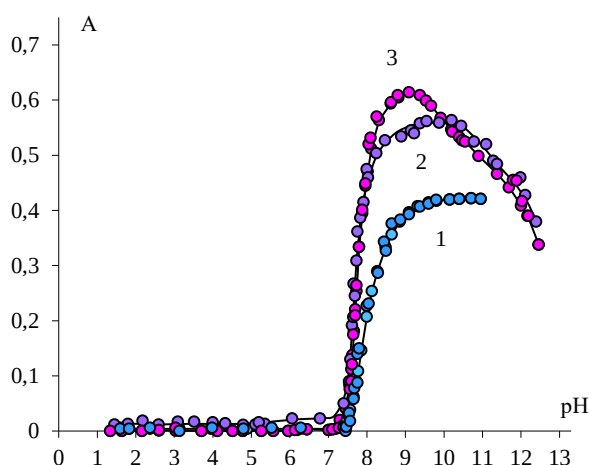


Рис. 3. Изменение оптической плотности растворов систем $\text{Co(II)} : \text{En} = 1 : 1$ (1), $1 : 2$ (2) и $1 : 3$ (3) при разных рН $C(\text{Co}^{2+}) = 0,004$ моль/л, $\lambda = 400$ нм, $l = 3$ см

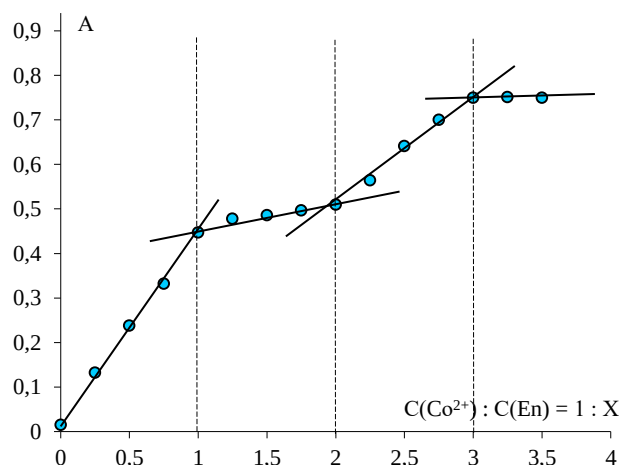
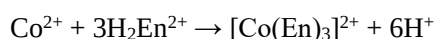
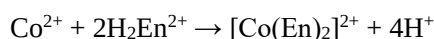
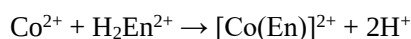


Рис. 4. График серии насыщения раствора кобальта(II) этилендиамином $C(\text{Co}^{2+}) = 0,004$ моль/л; $\text{pH} = 9,8 - 11,0$; $\lambda = 400$ нм, $l = 3$ см

Исследованием изменения оптических характеристик растворов при изменении кислотности среды в системах $\text{Co(II)} : \text{En} = 1 : 2$ и $\text{Co(II)} : \text{En} = 1 : 3$ установлено, что повышение содержания комплексообразующего реагента в растворах соли кобальта(II) не влияет как на область комплексообразования. Для всех изученных мольных соотношений формирование комплексных соединений кобальта(II) с этилендиамином реализуется при $\text{pH} > 7$. Установлено также, что по мере увеличения концентрации полиаминного лиганда в растворе приводит к незначительному смещению области существования хелатов в нейтральную область с одновременным уменьшением диапазона рН. Так на области устойчивого существования координационных частиц с мольными соотношениями $\text{Co(II)} : \text{En} = 1 : 1$; $1 : 2$ и $1 : 3$ располагаются в интервалах рН соответственно $9,8 - 11,0$; $9,4 - 10,45$ и $8,8 - 9,3$ (рис. 3).

Для подтверждения мольного соотношения металла и лиганда в координационные сферы комплексов, образующихся в растворах системы $\text{Co(II)} - \text{En}$ применяли метод серий насыщения комплексообразователя комплексообразующим реагентом в растворах с кислотностью среды, соответствующей интервалам рН устойчивого существования хелатов. На графике серии насыщения в щелочных средах (рис. 4) наблюдается три перегиба, соответствующие соотношениям основных компонентов в координационной сфере комплексов кобальта(II) с этилендиамином, равным $1 : 1$, $1 : 2$ и $1 : 3$, что свидетельствует о формировании в растворе комплексных частиц составов $[\text{CoEn}]^{2+}$, $[\text{Co(En)}_2]^{2+}$ и $[\text{Co(En)}_3]^{2+}$.

С использованием зависимостей $A = f(\text{pH})$ и метода Россоти было проведено моделирование реакций комплексообразования, согласно которому процесс хелатирования ионов кобальта(II) этилендиамином в растворах происходит в соответствие со следующими уравнениями реакции:



Расчитанные численные значения логарифмов констант устойчивости для систем $\text{Co(II)} : \text{En} = 1 : 1, 1 : 2$ и $1 : 3$, представленные в таблице 1, хорошо согласуются с литературными сведениями.

Таблица 1

Логарифмы констант устойчивости этилендиаминных комплексов кобальта(II)

Комплексный ион	lgβ	
	Экспериментальные данные	Литературные данные [6, 7]
$[\text{CoEn}]^{2+}$	5,41	5,3–6,9
$[\text{Co(En)}_2]^{2+}$	10,94	10,6–11,3
$[\text{Co(En)}_3]^{2+}$	14,06	14,1

ЛИТЕРАТУРА

1. Norkus E., Stankeviciene I., Tamasiūnaite L. T., Prusinskas K. Comparative study of electroless copper deposition using different cobalt(II)-amine complex compounds as reducing agents // *Chemija*. 2012. V. 23. № 1. Pp. 1–6.
2. Ajibulu K. E., Okoronkwo A. E., Owolabi J. B., Oyetayo V. O. Synthesis, characterization and biological studies of some metal (II) complexes of tridentate ligand derived from ethylenediamine, nitrobenzaldehyde and aminobenzophenone // *Int. J. Chem.* 2022. Vol. 1. № 1. Pp. 1–12.
3. Agarwal R. K., Sharma D., Singh L., Agarwal H. Synthesis, biological, spectral and thermal investigations of cobalt(II) and nickel(II) complexes of N-isonicotinamido-2',4'-dichlorobenzalaldimine // *Bioinorg. Chem. Appl.* 2006. № 6. Pp. 1–9.
4. Tamiru G., Abebe A., Abebe M., Liyew M. Synthesis, structural investigation and biological application of new mono- and binuclear cobalt (II) mixed-ligand complexes containing 1,10-phenanthroline, acetamide and ethylenediamine // *Ethiop. J. Sci & Technol.* 2019. Vol. 12. № 1. Pp. 69–91.
5. Wozniczka M., Swiatek M., Sutradhar M., Gadek-Sobczynska J., Chmiela M., Gonciarz W., Pasternak B., Pajak M. Equilibria of complexes in the aqueous cobalt(II)–N-(2-hydroxybenzyl) phenylalanine system and their biological activity compared to analogous Schiff base structures // *Comput. Struct. Biotechnol. J.* 2023. Vol. 21. Pp. 1312–1323.
6. Stability Constants Database SQUERY: Version 1.38, IUPAC and Academic Software SQUERY, 1993.
7. Paoletti P. Formation of metal complexes with ethylenediamine: a critical survey of equilibrium constants, enthalpy and entropy values // *Pure Appl. Chem.* 1984. Vol. 56. № 4. Pp. 491–522.

Исследование комплексообразования в системе Ni(II) – сульфосалициловая кислота – вода

Секретова С. В., студ. 4 курса

Науч. рук. – Аль Ансари Я. Ф., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
sekretovasvetlana24@gmail.com

Исследование комплексообразования проводили с применением метода потенциометрического титрования с фиксацией значений pH. Сульфосалициловая кислота является сильной по первой стадии диссоциации трехосновной кислотой. Скачок на кривые титрования соответствует одновременному отщеплению первых 2-х протонов от сульфо- и карбоксильной групп. 3-ий протон оттитровывается без скачка, что указывает на низкую константу кислотности, что и подтверждают расчеты. Константы кислотности сульфосалициловой кислоты определяли, используя расчетный метод Шварценбаха. Полученные значения хорошо согласуются с литературными (табл. 1).

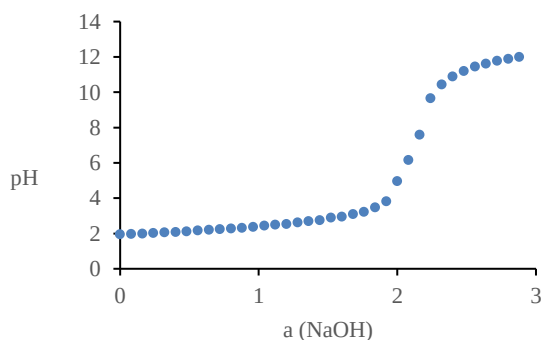


Рис. 1. Кривая ПМТ сульфосалициловой кислоты:
 $\mu = 0,1$ (1M KCl)

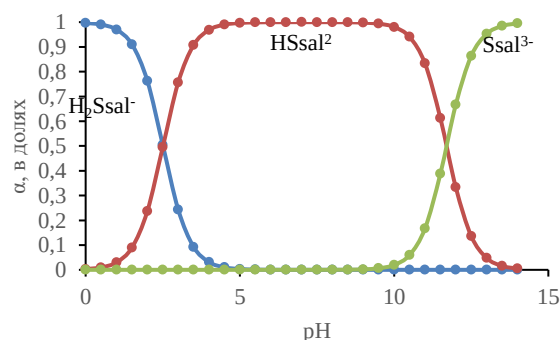


Рис. 2. Диаграмма распределения форм ионизации
сульфосалициловой кислоты

Используя ступенчатые константы кислотности, рассчитали мольные доли форм ионизации сульфосалициловой кислоты и построили по полученным данным диаграмму распределения в зависимости от pH (рис. 2).

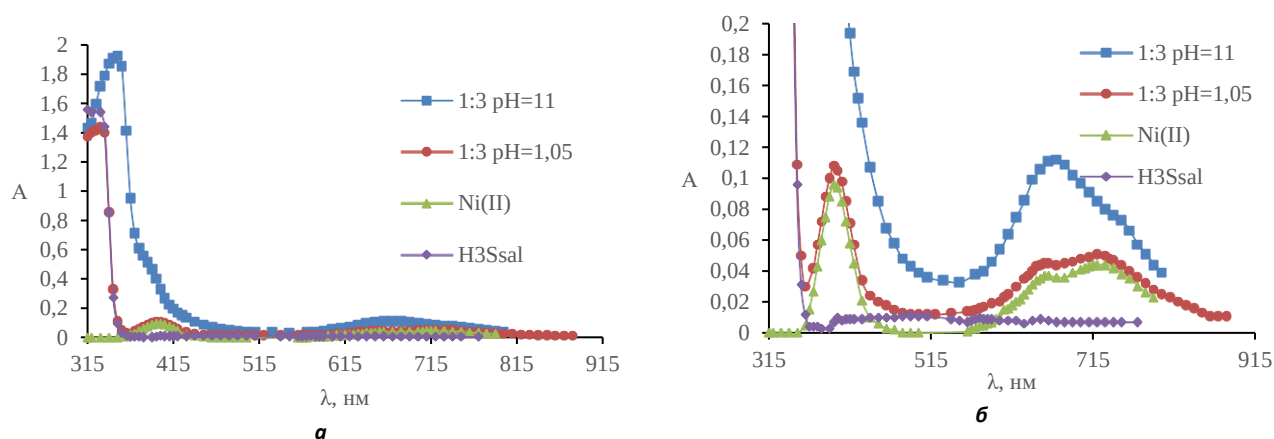
Таблица 1

Константы ионизации сульфосалициловой кислоты

pK_i	Экспериментальные данные	Литературные данные [1]
pK_2	2,79	2,51
pK_3	11,32	11,70

Спектрофотометрическим методом в видимой части спектра были сняты электронные спектры поглощения растворов хлорида никеля, сульфосалициловой кислоты и смеси никеля(II) и сульфосалициловой кислоты в разных областях pH (рис. 3).

О процессе комплексообразования в изучаемой системе судили по изменению спектральной картины раствора никеля в присутствии сульфосалициловой кислоты (рис. 3). При добавлении к раствору никеля сульфосалициловой кислоты в 3-кратном избытке pH раствора составил около 1 единицы. Изменения в спектре при этом незначительные. При создании щелочной среды наблюдается гиперхромный эффект, что подтверждает протекание в системе процесса комплексообразования. В коротковолновой области также наблюдается повышение оптической плотности (рис. 3, а), и именно эта область была выбрана нами в качестве оптимальной, т. к. коэффициент светопоглощения здесь значительно выше ($\epsilon_{350} = 96,3$; $\epsilon_{660} = 5,55$).

Рис. 3. ЭСП: $l = 1$ см, $C(Ni^{2+}) = 0,02$ М; $C(H_3SSal) = 0,06$ М

Установление состава образующихся в водном растворе комплексных частиц был использован метод насыщения. Для этого была приготовлена серия растворов, в которых концентрация Ni(II) была постоянной, а концентрацию сульфосалициловой кислоты мы изменяли. По полученным данным построена зависимость оптической плотности от отношения концентраций сульфосалициловой кислоты и соли Ni(II) (рис. 4). Излом на кривой позволяет сделать вывод, что в растворе образуется бис-сульфосалицилатный комплекс никеля(II).

Для подтверждения соотношения Ni(II):H₃Ssal в координационной сфере образующихся в системе комплексных частиц было проведено кондуктометрическое титрование. Для этого раствор сульфосалициловой кислоты в присутствии щелочи титровали раствором соли никеля(II). При нанесении величин электропроводности на график как функции количества добавленного раствора и при условии количественного протекания реакции, получаемые кривые титрования представляют собой прямые линии, пересекающиеся в точке эквивалентности, которая отвечает отношению стехиометрических коэффициентов (рис. 5). По полученному графику сделали вывод, что комплекс никеля и сульфосалициловой кислоты образуется при соотношении Me: L, равным 1:2 и 1:3.

Для установления оптимального интервала pH комплексообразования и существования комплексных частиц в водном растворе проводили измерение значений оптической плотности растворов с постоянными концентрациями никеля(II) и сульфосалициловой кислоты и с переменными значениями pH, которые мы создавали добавлением либо гидроксида натрия, либо соляной кислоты.

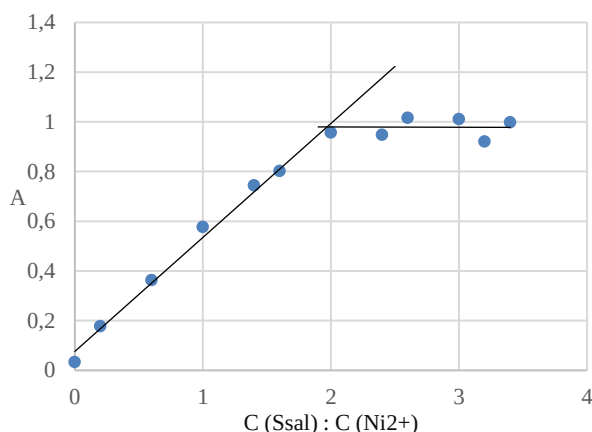


Рис. 4. Серия насыщения раствора соли Ni(II) раствором H_3Ssal :
 $C(Ni^{2+}) = 0,02M$, $\lambda = 360$ нм, $l = 1$ см

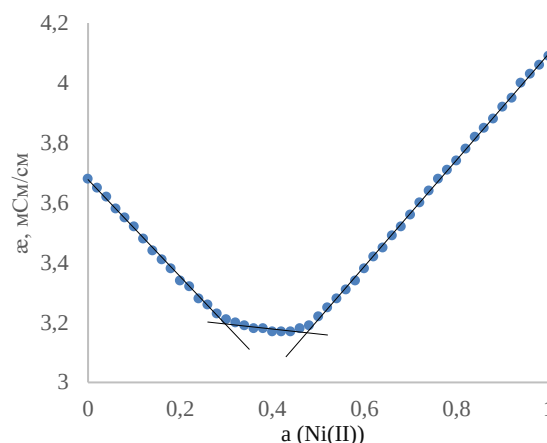


Рис. 5. Кондуктометрическое титрование:
 $C(Ni^{2+}) = 0,1M$, $C(H_3Ssal) = 0,2M$, $V(H_3Ssal) = 5$ мл

Зависимость оптических плотностей этих растворов с мольным соотношением $Me : L$, равным 1 : 3, приведена на рис. 6. Формирование комплексных соединений никеля(II) с сульфосалициловой кислотой в растворах начинается при pH около 6 единиц и заканчивается при $pH \approx 11$.

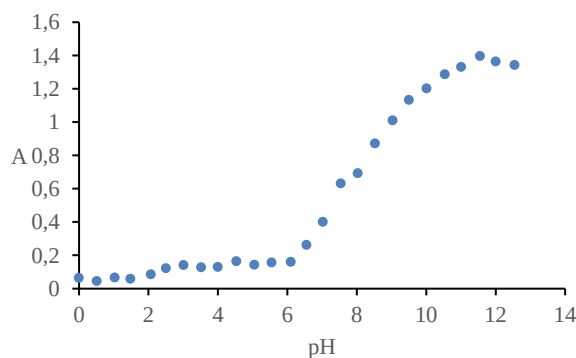


Рис. 6. Зависимость оптической плотности от pH; $\lambda = 360$ нм;
 $l = 1$ см; $C(Ni^{2+}) : C(H_3Ssal) = 1 : 3$; $C(Ni^{2+}) = 0,02M$

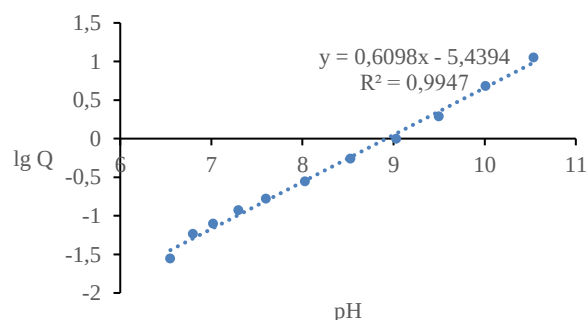
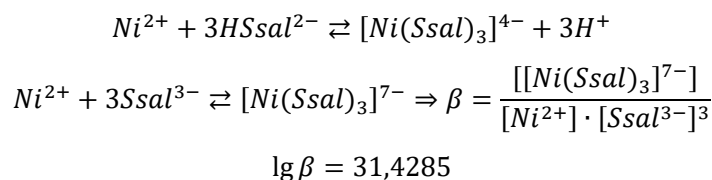


Рис. 7. Расчет констант устойчивости методом Бенга-Френча: $C(Ni^{2+}) : C(H_2Ssal) = 1 : 3$

Используя зависимость $A = f(pH)$, методом Бенга-Френча были рассчитаны константы устойчивости образующихся в изучаемой нами системе комплексных частиц. Расчет проводили на участке кривой, который соответствует процессу комплексообразования, а именно, интервал роста оптической плотности. Построив прямую $lg Q = f(pH)$ (рис. 7), выяснили, что количество протонов, которые при комплексообразовании отрываются от преобладающей формы ионизации лиганда в данном интервале pH, равно 1 (по тангенсу угла наклона прямой). Доминирующей формой ионизации сульфосалициловой кислоты в области pH комплексообразования является $HSsal^{2-}$. Исходя из этого, схему реакции комплексообразования представили следующим образом:



Аналогично было проведено исследование A от pH в системах с мольными соотношениями $Ni^{2+} : H_3Ssal$, равными 1 : 1 и 1 : 2. Рассчитанные константы устойчивости представлены в таблице 2.

С целью сравнения результатов, полученных с помощью спектрофотометрического метода, провели потенциометрическое титрование, аналогично титрованию сульфосалициловой кислоты при определении ее констант кислотности. Для этого раствор смеси соли никеля и сульфосалициловой кислоты, взятых в мольном соотношении 1 : 1, 1 : 2 и 1 : 3 при постоянной ионной силе титровали раствором щелочи и фиксировали значения pH (рис. 8).

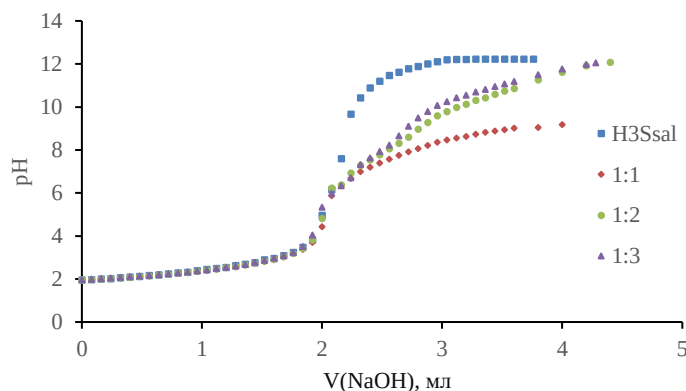


Рис. 8. PMT: $C(H_3Ssal) = 0,01M$; $V(H_3Ssal) = 2,5$ мл; $C(NaOH) = 0,1M$; $\mu = 0,1$ (KCl)

По представленным выше кривым, используя метод Шварценбаха, вычислили константы устойчивости комплексных частиц, образующихся в данной системе (табл. 2).

Таблица 2

Логарифмы констант устойчивости комплексов Ni(II) с сульфосалициловой кислотой

Комплексная частица	СФ-метрия	ПМТ	Литературные данные [1]
$[NiSsal]^-$	8,65	7,01	6,61
$[Ni(Ssal)_2]^{4-}$	10,12	11,63	10,81
$[Ni(Ssal)_3]^{7-}$	15,77	16,62	-

Таким образом, выявлено образование в водном растворе комплексных частиц составом Ni(II) – Ssal 1:1, 1:2 и, вероятно, 1:3. С увеличением количества Ssal в координационной сфере устойчивость комплекса возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. Издание 4-е. Москва : Химия. 1971. 454 с.

Содержание аскорбиновой кислоты в свежих и замороженных плодах калины

Смелова А. Д., студ. 2 курса

Науч. рук. – Скочилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

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

Род Калина (*Viburnum*) включает в себя более 200 видов растений, произрастающих в естественных сообществах Азии и Европы, а также Северной Африки, Центральной и Северной Америки [1].

Калина обыкновенная – кустарник или небольшое дерево высотой 1,5–4 м. Кора серо-коричневая с продольными трещинами. Продолжительность жизни более 50 лет [2]. Побеги округлые, ребристые, голые, серовато-белые, но обычно желтовато-бурые, иногда могут быть красноватыми. Доли крупные. Сердцевина беловато-красная оттенком. Плоды – овальные или шаровидные ярко-красные костянки диаметром от 8 до 10 мм, с крупной (занимающей большую часть плода) сплюснутой широкосердцевидной, почти округлой косточкой длиной 7–9 мм, на верхушке коротко заостренной, с несколько неровной поверхностью. Вес 1000 семян составляет 21–31 г, по другим данным 46 г. Плоды сочные, но имеют горьковатый вяжущий вкус, после первых морозов горечь пропадает или становится меньше. Плоды созревают в августе – сентябре; в Ботаническом саду АН РФ – в конце сентября – начале октября. Срок хранения семян – 24 месяца. Плоды представляют собой ценный источник таких витаминов, как аскорбиновая кислота, витамины В, Р и Е. Кроме того, плоды обладают разнообразными полифенольными соединениями, включая флавоноиды, антоцианы, дубильные вещества и фенолкарбоновые кислоты, а также полисахариды, органические кислоты, эфирные масла, макро- и микроэлементы [3].

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]. В органической структуре живых клеток присутствует довольно интересное соединение – аскорбиновая кислота. В реальности она представлена двумя формами: L-аскорбиновой кислотой ($C_6H_8O_6$) и дегидроаскорбиновой кислотой ($C_6H_6O_6$, D-форма). Первая из них, также известная как витамин С, является наиболее активным и полезным соединением. Однако дегидроаскорбиновая кислота возникает только в результате окисления аскорбиновой кислоты, под воздействием фермента аскорбатоксидазы, и не обладает витаминными свойствами [4; 5; 6].

Плоды – одна из морфологических групп ЛРС, которая широко используется в медицинской практике. В соответствии с требованиями ГФ РФ XV издание официально разрешено применение плодов калины только в свежем виде. Свежие плоды наиболее богаты биологически активными соединениями. Однако, в связи с большим содержанием гигроскопической влаги хранить сочные плоды в свежем виде наиболее затруднительно. Поэтому часто применяют сушку или замораживание плодов. Однако, в ходе этих процессов содержание биологически активных соединений может меняться. В связи с этим целью работы было изучение содержания аскорбиновой кислоты в свежих и замороженных плодах калины. Исследования проводили в 2022 году. В качестве объектов изучения были выбраны 2 фармакопейных вида: калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), калина Саржента (*Viburnum sargentii* Koehne) и 9 сортов калины: 'Шукшинская', 'Зарница', 'Жолобовская', 'Союзга', 'Ульгень', 'Свердловская сладкоплодная', 'Красная гроздь', 'Гранатовый браслет', 'Дачная' 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 «Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных средств растительного происхождения» [7]. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах калины определяли титриметрическим методом [7].

На рисунке 1 представлена влажность плодов калины. В соответствии с требованиями общей фармакопейной статьи «Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных средств растительного происхождения» содержание влажности в свежем сырье должно быть не менее 79 % и не более 89 %. Количество влаги в плодах калины обыкновенной и калины Саржента, а также в исследуемых сортах калины соответствует требованиям фармакопейной статьи. Однако содержание влаги в плодах калины сорта 'Дачная' несколько выше (85 %), чем у калины обыкновенной (82,5 %) и калины Саржента (83 %). Наименьшее содержание влажности наблюдается у калины сорта 'Союзга'.

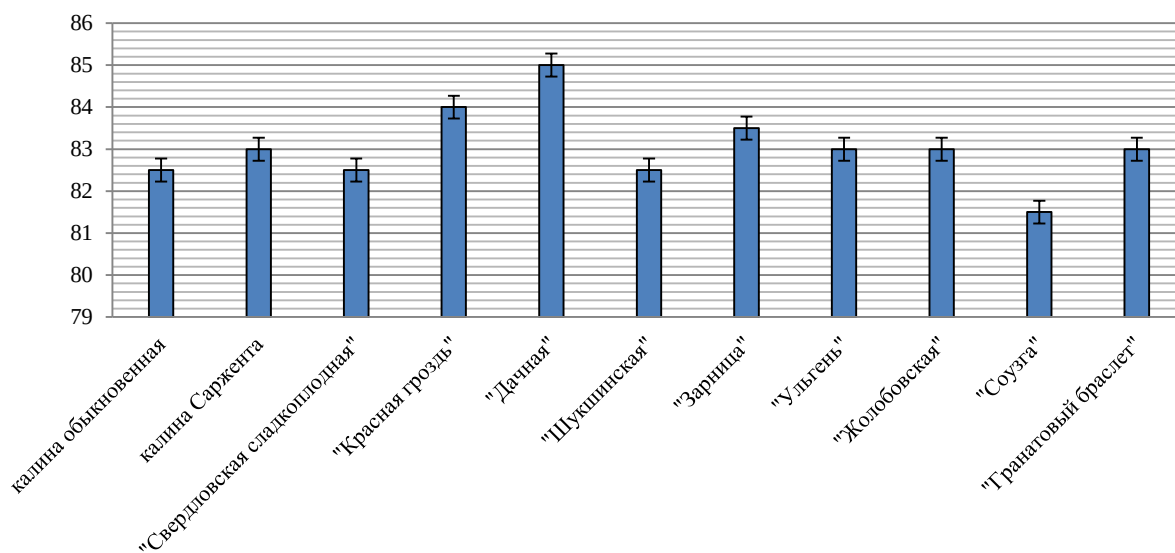


Рис. 1. Влажность плодов калины, %

Содержание аскорбиновой кислоты в свежих и замороженных плодах калины представлено на рисунке 2. Среди изученных нами сортов в свежих плодах, данный показатель выше у калины сорта «Ульгень» (0,30 %), что в 1,11 раза больше, чем в калине обыкновенной и в 1,2 раза больше, чем в плодах калины Саржента. Среднее содержание аскорбиновой кислоты в свежих плодах наблюдается у калины обыкновенной (0,27 %) > 'Шукшинская' (0,26 %) > калины Саржента (0,25 %), 'Дачная' (0,25 %) > 'Красная гроздь' (0,24 %). Далее по убывающей шкале идет калина сорта 'Свердловская сладкоплодная' (0,19 %), 'Жолобовская' (0,18 %), 'Союзга'

(0,18 %). Наименьшее содержание аскорбиновой кислоты выявлено у калины сорта 'Гранатовый браслет' (0,15 %), что в 2 раза меньше, по сравнению с калиной сорта 'Ульгень'.

Аналогично было изучено содержание аскорбиновой кислоты в замороженных плодах калины, результаты представлены на рисунке 2. Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты в замороженных плодах выявлено в калине сорта 'Шукшинская' (0,24 %), 'Зарница' (0,23 %) и 'Ульгень' (0,22 %). Далее по убыванию содержания данного показателя идет сорт 'Жолобовская' (0,18 %), 'Союзга' (0,18 %) > 'Красная гроздь' (0,17 %) > калина обыкновенная (0,16 %), калина Саржента (0,16 %). Затем идут сорта 'Дачная' (0,14 %) и 'Свердловская сладкоплодная' (0,13 %). Наименьшее содержание аскорбиновой кислоты в замороженных плодах наблюдается у калины сорта 'Гранатовый браслет' (0,10 %).

Таким образом, сравнивая свежие и замороженные плоды калины по количеству аскорбиновой кислоты, можно заключить, что содержание аскорбиновой кислоты уменьшается в замороженных плодах.

Исключением является калина сорта 'Шукшинская', 'Зарница', 'Жолобовская', 'Союзга', в которых количество аскорбиновой кислоты практически не изменилось. У этих сортов по данному показателю между свежими и замороженными плодами статистически значимой разницы не обнаружено. При оценке содержания аскорбиновой кислоты в свежих и замороженных плодах калины двухфакторный дисперсионный анализ показал статистически значимые различия по фактору вид/сорт ($p < 0,000001$), свежие/замороженные ($p < 0,000001$) (табл.). При изучении содержания аскорбиновой кислоты в свежих и замороженных плодах калины обыкновенной, произрастающей на территории Ботанического сада Первого МГМУ им. И. М. Сеченова и Московской области, было установлено, что при замораживании плодов калины количество аскорбиновой кислоты почти не изменяется (снижается на 5–7 %) [8].

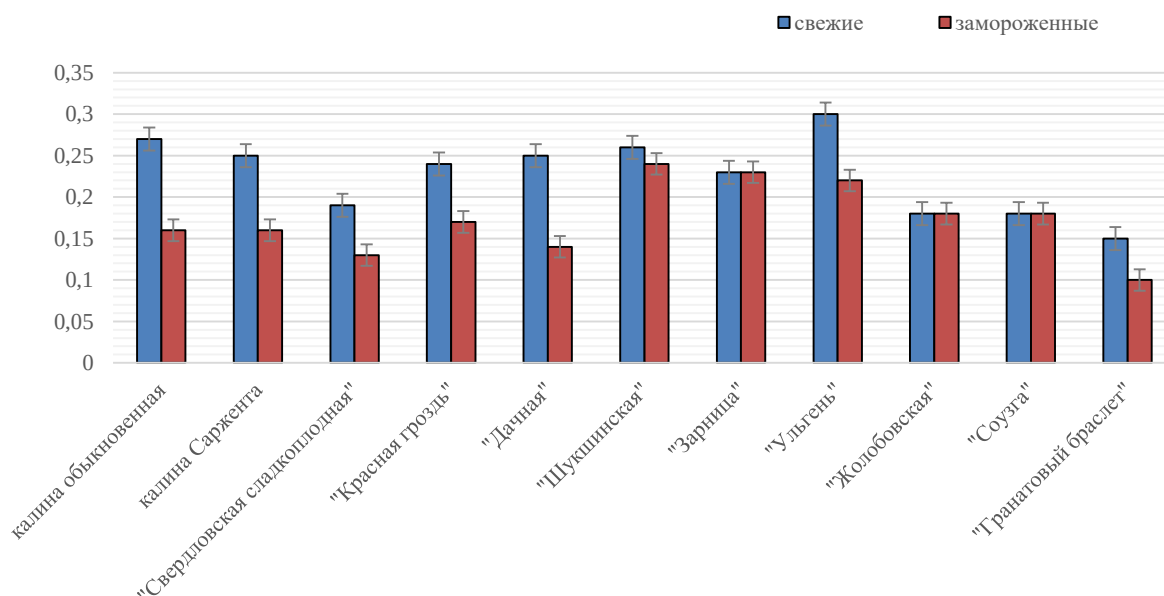


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в свежих и замороженных плодах калины, %

Таблица

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по содержанию аскорбиновой кислоты в свежих и замороженных плодах калины

	SS	Степени	MS	F	p
Св. член	5,490048	1	5,490048	49772,42	0,000000
вид/сорт	0,179285	10	0,017928	162,54	0,000001
свеж/зам	0,152048	1	0,152048	1378,46	0,000001
вид/сорт*свеж/зам	0,076485	10	0,007648	69,34	0,000001
Ошибка	0,012133	110	0,000110		

В процессе заморозки плодов наблюдается резкое снижение содержания аскорбиновой кислоты.

Согласно исследованиям, на этапе заморозки потери составляют 15–20 % в быстрозамороженных продуктах и 22–24 % в медленно замороженных. Далее, в течение хранения плодов, количество аскорбиновой кислоты

уменьшается. Через 6 месяцев потери в быстрозамороженных продуктах составляют 27–30 %, а в медленно замороженных – 30–37 %. С увеличением продолжительности хранения потери увеличиваются: через 8 месяцев – 33–36 % и 43–48 %, а через 10 месяцев – 38 % и 52 %. Однако стоит отметить, что 40–55 % всех потерь аскорбиновой кислоты происходит именно на этапе заморозки.

Причины снижения содержания аскорбиновой кислоты в замороженных плодах связаны с нарушением ферментативного окислительно-восстановительного процесса. В процессе заморозки активность ферментов значительно уменьшается, что приводит к нежелательной потере витамина С при дефростации. Этому способствует доступ кислорода и деструктивные изменения в тканях плода.

Преимущества быстрой заморозки для сохранения содержания сахаров, кислот и аскорбиновой кислоты в плодах проявляются уже на этапе заморозки – потери этих компонентов меньше на 1,2–1,6 раз. Такая тенденция сохраняется и во время хранения. Кроме того, быстрозамороженные плоды содержат в 1,3 раза больше аскорбиновой кислоты, чем те, что замораживались медленно [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Куклина А. Г. Калина сто лет назад и сегодня // Наука и жизнь. 2010. № 8. С. 108–113.
2. Древесные породы мира // Lhtdtcyst gijhls СССР / под ред. Калущкого К. К. М. : Лесная промышленность. 1982. Т. 3. 264 с.
3. Соколова Т. А. Декоративное растениеводство. Древодводство. М. : Издательский центр «Академия». 2004. 352 с.
4. Досон Р., Элиот Д., Элиот У. Справочник биохимика. М. : Мир. 1991. 544 с.
5. Мари Р., Греннер Д., Мейес П., Родуэлл В. Биохимия человека: в 2-х томах. Т. 1. М. : Мир. 1993. 389 с.
6. Пастушенков Л. В. Лекарственные растения. Использование в народной медицине и в быту. СПб. : БХВ – Петербург. 2012. 279 с.
7. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. Москва, 2023 // Министерство здравоохранения Российской Федерации: официальный сайт. URL: <https://minzdrav.gov.ru/ministry/61/10/gosudarstvennaya-farmakopeya-rossiyskoy-federatsii-xv-izdaniya> (дата обращения: 02.10.2024).
8. Сергунова Е. В. Изучение состава биологически активных веществ лекарственного растительного сырья различными способами консервации и лекарственных препаратов на его основе: автореф. дис. ... д-ра фарм. наук. Москва, 2016. 43 с.
9. Кварацхелия В. Н., Родионова Л. Я. Действие отрицательных температур на качество пектиновых веществ плодов и ягод // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 104. С. 1822–1831.

Изучение процесса комплексообразования в системе Ni(II) – ОЭДФ – вода

Степанова В. Г., студ.5 курса

Науч. рук. – Павлов А. А., канд. хим. наук.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
victorija.stepanova2017@yandex.ru

В настоящее время не ослабевает интерес к комплексным соединениям с фосфорными кислотами в качестве лигандов. Такая кислота как оксиэтилендифосфоновая кислота считается хорошим комплексообразующим лигандом. Комплексы металлов с ОЭДФ широко применяется в водообработке, химической, текстильной промышленности, в сельском хозяйстве.

Цель работы – исследовать комплексообразование в системе Ni(II) – ОЭДФ – вода.

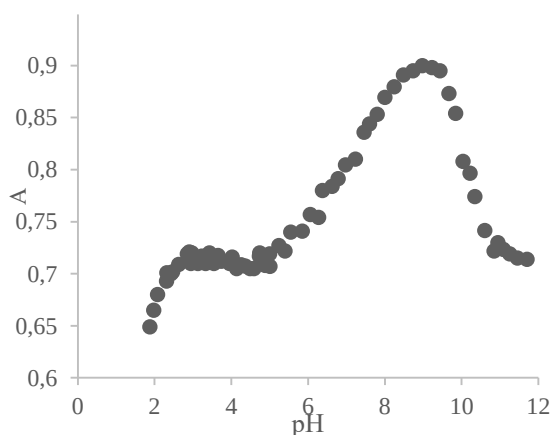


Рис. 1. График зависимости A от pH

Для начала построили график зависимости оптической плотности от показателя кислотности pH. Установили, что исследуемые комплексы образуются при следующих интервалах pH: $\Delta pH_1 = 2,86 - 5,01$; $\Delta pH_2 = 8,49 - 9,44$; $\Delta pH_3 = 11,36 - 11,71$.

Далее сняли спектр поглощения и определили длину волны максимума поглощения растворов с разными показателями pH. Определили, что максимум поглощения комплекса Ni(II) – ОЭДФ – вода при pH = 3,74 наблюдается на длине волны $\lambda = 410$ нм; при pH = 9,23 – на длине волны $\lambda = 415$ нм; при pH = 11,71 – на длине волны $\lambda = 415$ нм.

По сравнению с раствором никеля (II) наблюдается слабый батохромный и выраженный гиперхромный эффект.

Количественный состав исследуемых комплексов определяли методом серии насыщения. Получили следующие данные: при pH=3,74 соотношение компонентов системы

было 2:3; при pH=9,23 соотношение компонентов системы было 2:3; при pH=11,71 соотношение компонентов системы было 2:3.

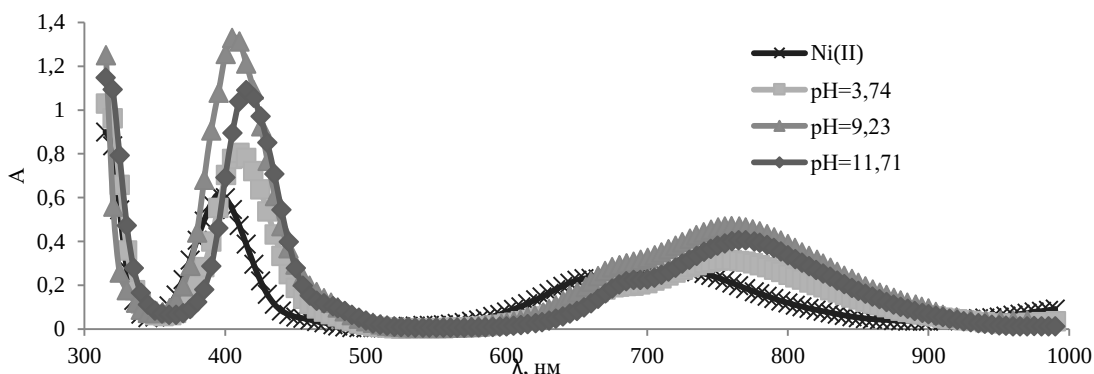


Рис. 2. Спектр поглощения комплексов в системе Ni(II) – ОЭДФ – вода

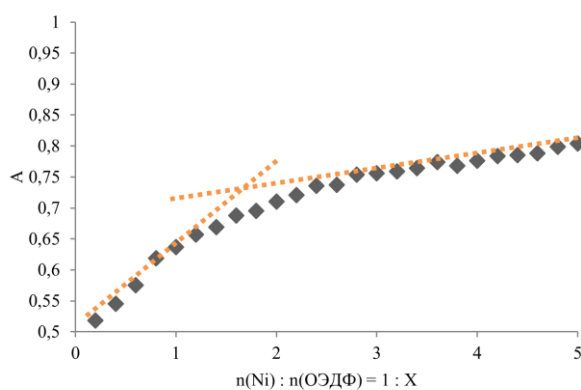


Рис. 3. График зависимости A от количества фотореагента при pH=3,74.

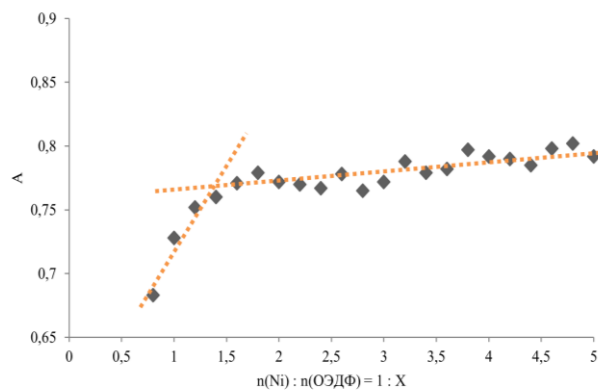


Рис. 4. График зависимости A от количества фотореагента при pH=9,23

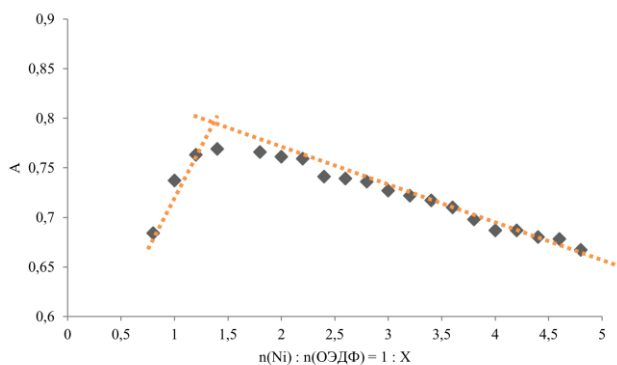


Рис. 5 График зависимости A от количества фотореагента при pH=11,71

Таким образом, были найдены условия процесса комплексообразования в системе Ni(II) – ОЭДФ – вода. Интервалы pH, оптимальные для комплексообразования:

$$\Delta \text{pH}_1 = 2,86 - 5,01$$

$$\Delta \text{pH}_2 = 8,49 - 9,44$$

$$\Delta \text{pH}_3 = 11,36 - 11,71$$

Максимум поглощения растворов комплексов при pH = 3,74 наблюдается на длине волны $\lambda = 410$ нм, а при pH = 9,23 и 11,71 наблюдается на длине волны $\lambda = 415$ нм.

Соотношение компонентов системы, оптимальное для процесса комплексообразования, составляет 2:3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олышанская В. Полиядерные комплексы оксиэтилидендифосфоновой кислоты с Ni (II) и Cu (II) // Студенческая наука и XXI век. 2008. № 5. С. 165–168.
2. Потапов С. А., Дрикер Б. Н., Цирульников Н. В. О применении цинкового комплекса ОЭДФ в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения // Энергосбережение и водоподготовка. 2004. № 3. С. 57–60.
3. Сентемов В. В., Копысова Е. В. Микроудобрения: эффективность минеральных солей и координационных соединений при повышении урожайности и качества зерновых культур // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 3. С. 49–50.

Изучение свойств оксиэтилидендифосфоновой кислоты

Степанова В. Г., студ.5 курса

Науч. рук. – Павлов А. А., канд. хим. наук

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
victorija.stepanova2017@yandex.ru

Оксиэтилидендифосфоновая кислота широко применяется в качестве комплексообразователя. Но ее кислотно-основные свойства изучены недостаточно. В частности, ее термодинамические параметры диссоциации: энтальпия, энтропия и энергия Гиббса. Данные свойства оксиэтилидендифосфоновой кислоты по всем ступеням необходимы нам для дальнейшего изучения процесса комплексообразования с ОЭДФ в качестве лиганда.

Целью данной работы является исследование ее термодинамических характеристик диссоциации.

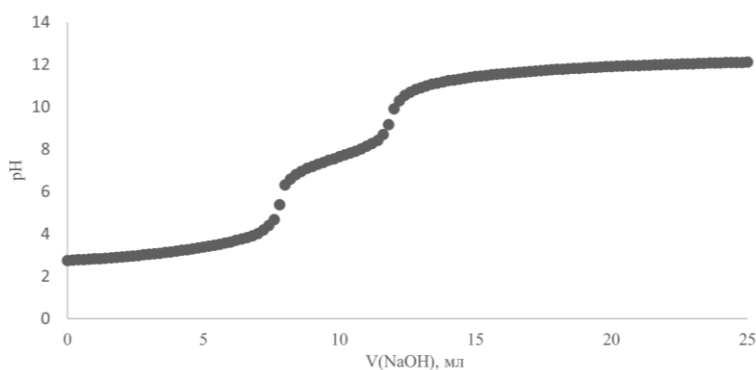
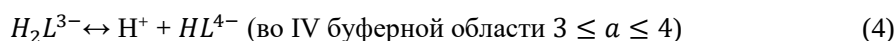
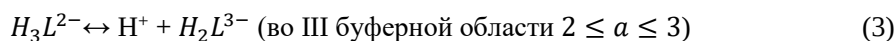
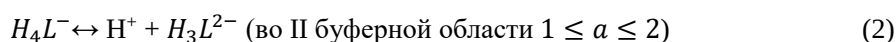
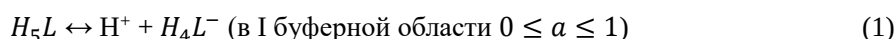


Рис. 1. Потенциометрическая кривая титрования ОЭДФ кислоты

Начальным этапом было построение потенциометрической кривой титрования. Для этого измеряли pH раствора ОЭДФ до добавления щелочи NaOH и после. Измерения производили с шагом в 0,2 мл добавленного раствора NaOH.

По полученной кривой потенциометрического титрования нашли ступенчатые константы ионизации ОЭДФ кислоты. Для расчета использовали метод Шварценбаха.



По методу Шварценбаха составили формулы для расчета констант диссоциации. На основе полученных данных сравнили ступенчатые константы диссоциации полученных практически и справочных данных.

Таблица 1

Сравнение справочных и полученных констант диссоциации ОЭДФ кислоты

	$K_{\text{теор}}$	$K_{\text{практ}}$
1	$1,99 \cdot 10^{-2}$	$2,39 \cdot 10^{-3}$
2	$3,39 \cdot 10^{-3}$	$1,77 \cdot 10^{-4}$
3	$5,25 \cdot 10^{-8}$	$1,93 \cdot 10^{-8}$
4	$5,13 \cdot 10^{-11}$	$7,74 \cdot 10^{-12}$
5	$7,41 \cdot 10^{-12}$	$2,00 \cdot 10^{-12}$

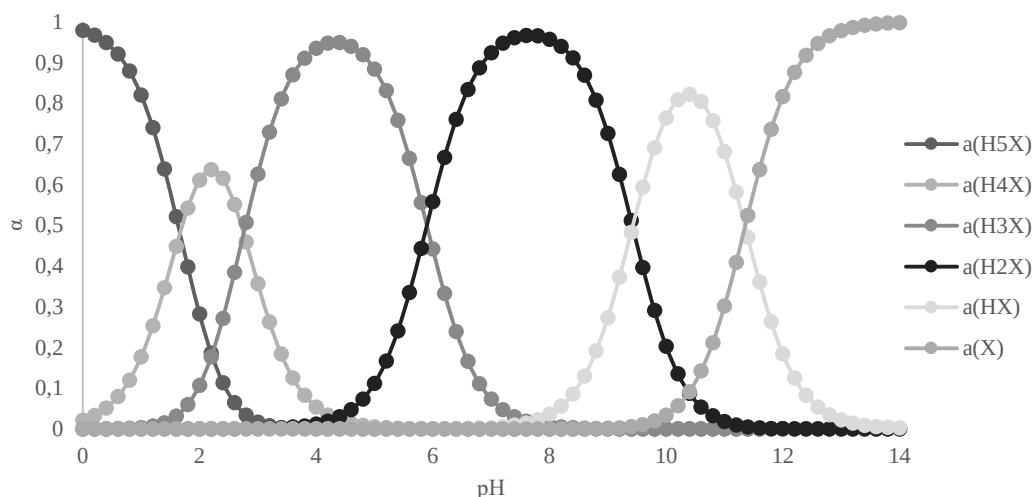


Рис. 2. Диаграмма распределения ионных форм по К (практ)

Следующим этапом исходя из полученных констант диссоциации, нашли мольные доли каждой из ионных форм. На их основе была построена диаграмма распределения ионных форм.

Далее калориметрическое исследование процесса диссоциации производили с помощью анализатора жидкости с функцией калориметра Эксперт - 001.

В ходе измерения растворы ОЭДФ и гидроксида натрия смешиваются в определенном соотношении, и фиксируется изменение температуры раствора ΔT_1 и изменение pH. Для нахождения теплоемкости сосуда с помощью нагревателя сообщается строго определенное количество теплоты, фиксируется изменение температуры $\Delta T_2 = 1,53^\circ\text{C}$.

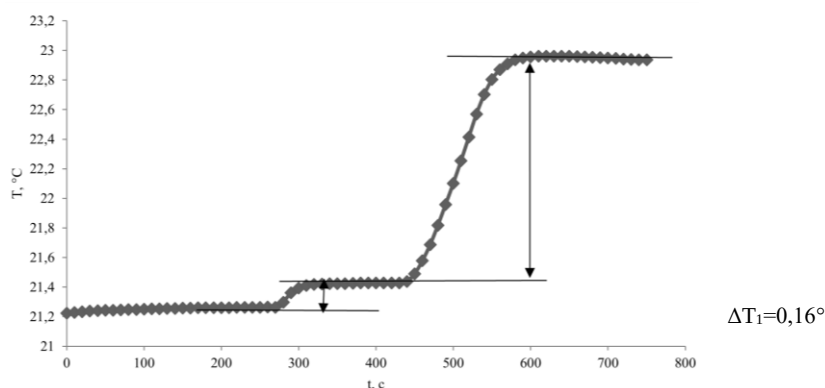


Рис. 3. График калориметрического анализа

По полученному соотношению нашли величину теплового эффекта смешения растворов.

По найденным теплотам реакции можем найти энтальпии диссоциации по стадиям.

По мере увеличения стадий диссоциации теплота реакции уменьшается, энтальпия увеличивается. Это согласуется с литературными данными как по диссоциации фосфорной кислоты, так и по диссоциации карбоновых кислот.

Таблица 2

Ступенчатые теплоты диссоциации

Стадия	Q, Дж/моль
$\text{H}_5\text{X} \rightarrow \text{H}^+ + \text{H}_4\text{X}^-$	21,9
$\text{H}_4\text{X}^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{H}_3\text{X}^{2-}$	
$\text{H}_3\text{X}^{2-} \rightarrow \text{H}^+ + \text{H}_2\text{X}^{3-}$	3,86
$\text{H}_2\text{X}^{3-} \rightarrow \text{H}^+ + \text{HX}^{4-}$	-23,99
$\text{HX}^{4-} \rightarrow \text{H}^+ + \text{X}^{5-}$	-42,62

По данным, полученным в ходе калориметрического метода анализа, провели расчет энтальпии, энтропии и энергии Гиббса диссоциации ОЭДФ. Так как разделить первые две ступени диссоциации не получилось, то были посчитаны энтальпия, энтропия и энергия Гиббса суммарного процесса диссоциации по двум ступеням.

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S \quad \Delta G = - R \cdot T \cdot \ln(K)$$

Таблица 3

Термодинамические характеристики диссоциации ОЭДФ

Стадия	lnK	ΔH, кДж/моль	ΔG, кДж/моль	ΔS, Дж/моль·К
H5X ↔ H++H4X-	-1,7	-21,9	10,3	-108,1
H4X ↔ H++H3X2-	-2,47			
H3X2 ↔ H++H2X3-	-7,28	-3,8	17,8	-60,5
H2X3 ↔ H++HX4-	-10,29	23,9	25,2	-85,5
HX4 ↔ H++X5-	-11,13	42,6	27,3	-92,4

В заключении можем сказать, что провели термодинамическое исследование реакции нейтрализации оксиэтилендифосфоновой кислоты со щелочью NaOH.

Кроме того, оценили энтальпию, энтропию и энергию Гиббса процесса диссоциации оксиэтилендифосфоновой кислоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухаметшина Р. М. Морозов В. И. Исследование комплексов меди (II) с оксиэтилендифосфоновой кислотой методом электронного парамагнитного резонанса // Известия КГАСУ. 2019. С. 154–162.
2. Дружинина А. В., Щеглова Н. В. Оксидэтилендифосфатные комплексы кобальта(II) в водных растворах // Современные проблемы медицины и естественных наук: сб. ст. Международной научной конференции. Йошкар-Ола, 2016. Вып. 5.
3. Олышанская В. Полиядерные комплексы оксидэтилендифосфоновой кислоты с Ni (II) и Cu (II) // Студенческая наука и XXI век. 2008. № 5. С. 165–168.

Получение 2-амино-5-нитробензойной кислоты

Танакова А. В., студ.5 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
anastasia300101@gmail.com

Проанализировав литературу, был найден следующий способ получения нитроантралиновой кислоты. Данный способ включал в себя: получение ацетильного производного, нитрование и гидролиз.

Поскольку в исходном веществе присутствовала аминогруппа, реакция прямого нитрования была нежелательна, так как могла приводить к ее окислению. Поэтому первой задачей явилось применение защитной группы.

Получение N-ацетилантралиновой кислоты

Среди множества защитных групп, ранее была использована трихорацетильная защитная группа, а в рамках данной работы было решено попробовать ацетильную защитную группу. Дополнительной целью было преследовано сравнение их легкости введения и снятия, а также сравнение их эффективности и получение большего выхода.

В качестве ацилирующего агента был выбран ацетилхлорид, который синтезирован по известной методике (рис. 1). Реакция проводилась в установке, состоящей из круглодонной колбы, снабженной воздушной баней, обратным холодильником и хлоркальциевой трубкой. Реакция проводилась при нагревании PCl_5 в избытке уксусной кислоты в течение 1,5 часов. Получившийся хлорангидрид был отогнан.

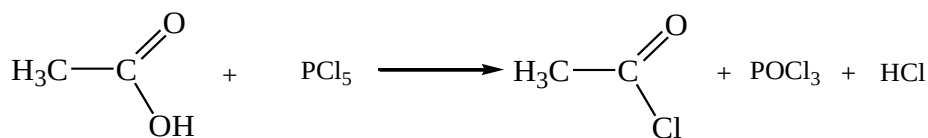


Рис. 1. Реакция получения ацетилхлорида

Далее в полученную смесь добавлялась антралиловая кислота, заранее растворенная в небольшом количестве уксусной кислоты (рис.2). Реакция проводилась при перемешивании в течении 30 минут и при контроле методом ТСХ. $R_{f,\text{исх.}}(\text{CCl}_4 - \text{ацетон}) = 0,63$; $R_{f,\text{прод.}}(\text{CCl}_4 - \text{ацетон}) = 0,44$ $T_{\text{пл.}} = 184-185^\circ\text{C}$. Выход составил 77 %.

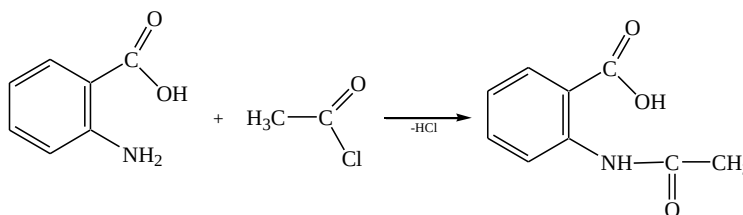


Рис. 2. Реакция получения N-ацетилантралиловой кислоты

Получение 5-нитро-N-ацетантралиловой кислоты

Следующим шагом стала реакция нитрования, в данном случае имелось дело с согласованной ориентацией и полагалось получение основным продуктом 5-нитропроизводного.

Проанализировав литературу, была найдена методика получения 5-нитро-N-ацетантралиловой кислоты [1]. Проводя реакцию, к ацетилантралиловой кислоте прикапывалась 55 % азотная кислота при перемешивании, не превышая температуры в 4°C . Далее смесь размешивалась в течение 2 часов при температуре $5-7^\circ\text{C}$. По истечению времени реакция не прошла, был выделен исходный продукт. Поэтому была поставлена задача модифицировать методику и для этого использовали иную нитрующую систему, а именно, азотная кислота-уксусная кислота.

Известно, что уксусная и азотная кислоты вступают в обратимую реакцию с образованием ацетилнитрата (рис. 3). Равновесие реакции сильно сдвинуто влево, но даже в небольших количествах ацетилнитрата хватает на проведение реакции.

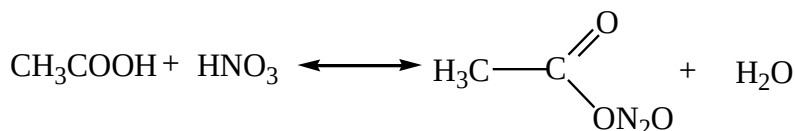


Рис. 3. Равновесная реакция уксусной и азотной кислот

Модифицированную реакцию проводилась при тех же условиях, но прикапывалась смесь азотной и уксусной кислот (рис. 4). По истечению времени смесь была вылита в лед. Выпал желтый осадок, который был отфильтрован и промыт 300 мл дистиллированной воды и высушен на воздухе. Получен светло-желтый порошок с $T_{\text{пл.}} = 224-225^\circ\text{C}$ и с выходом вещества 64 %.

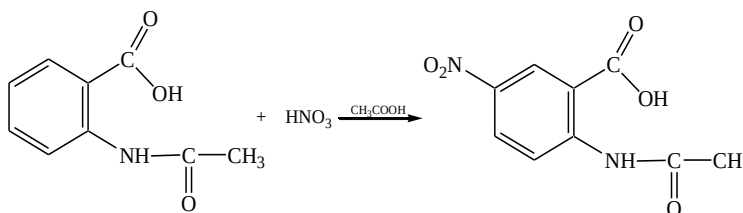


Рис. 4. Реакция получения 5-нитроацетантралиловой кислоты

Получение 5-нитроантраниловой кислоты

После получения 5-нитро-N-ацетантраниловой кислоты было принято приступить к снятию защитной группы по известной методике (рис. 5) [1]. Для этого была собрана установка, состоящая из колбы с обратным холодильником. Реакцию проводили при кипячении небольшого количества 5-нитро-N-ацетантраниловой кислоты с соляной кислотой в течении часа, реакция контролировалась методом ТСХ. После кипячения реакционную массу была вылита в 100 мл горячей дистиллированной воды. По охлаждению был отфильтрован желтый осадок, который был перекристаллизован из изопропилового спирта, и высушен при температуре 70 °С. Получен светло-желтый осадок с $T_{пл.} = 259-260^{\circ}\text{C}$ и выходом 76 %.

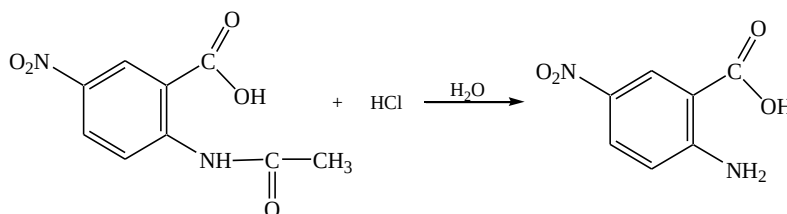


Рис. 8 Реакция получения 5-нитроантраниловой кислоты

Заключение

1. Была синтезирована 2-амино-5-нитробензойную кислоту с помощью трехстадийного синтеза, суммарный выход которой составил 37 %
2. Модифицирована ключевая стадия синтеза - нитрования, с использованием системы азотная кислота-уксусная кислота.
3. Была получена 5-нитро-N-ацетантраниловая кислота с выходом 64 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукин А. М., Петрова Г. С. Всесоюзный научно-исследовательский институт // Химические реактивы и препараты / ред. Л. М. Воробьев. М., 1960. №1. С. 57–60.

Сравнительное изучение сорбционных свойств хитинов различного происхождения

Фокин А. С., студ. 4 курса

Науч. рук. – Смотрина Т. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
trawwka13@gmail.com

Хитин, занимая среди биополимеров второе по распространенности место после целлюлозы, является основным компонентом экзоскелета, сухожилий, оболочек дыхательной, выделительной и пищеварительной систем членистоногих. Хитин также является важным компонентом клеточной стенки грибов [1]. Хитин широко применяется в медицине, сельском хозяйстве и пищевой промышленности за счет своей высокой физиологической активности. Не смотря на близость химических свойств хитинов различного происхождения, их сорбционные свойства могут существенно различаться, что связано с различием степени кристалличности, а также соотношением ацетамидных и первичных аминогрупп в структуре полимера [2; 3].

В связи с вышеизложенным интерес представляет сравнительное изучение сорбционной способности хитинов различного происхождения по отношению к ионам Cu^{2+} и воде.

В качестве объектов исследования в работе использовали образцы крабового хитина производства ЗАО «Биопрогресс» (г. Щелково, Московская обл.), степень ацетилирования (СА) 81 % (Ch1) и «Дальрыбвтуз» (г. Владивосток), СА 83 % (Ch2); хитины, выделенные из из подмора пчел *Apis mellifica* по 2-х стадийной методике «Тенториум» [4] (1М NaOH и 5 % H_2O_2), СА 76 % (Ch3); 3-х стадийной методике (1М NaOH, 1 % KMnO_4 и 1 % H_2ClO_4), СА 76 % (Ch4) и 4-х стадийной методике [5] (2 % NaOH, 1 % HCl, 5 % H_2O_2 , 2 % NaOH) СА 94 % (Ch5).

Сорбцию ионов Cu(II) изучали из водных растворов CuSO_4 в диапазоне концентраций 0,0004 – 0,05М в статических условиях. Концентрацию ионов Cu^{2+} в растворе до и после сорбции определяли по градуировочному графику спектрофотометрическим методом в виде аммиачного комплекса на длине волны максимума поглощения 652 нм.

Изотермы сорбции ионов Cu(II) исследуемыми хитинами приведены на рис. 1.

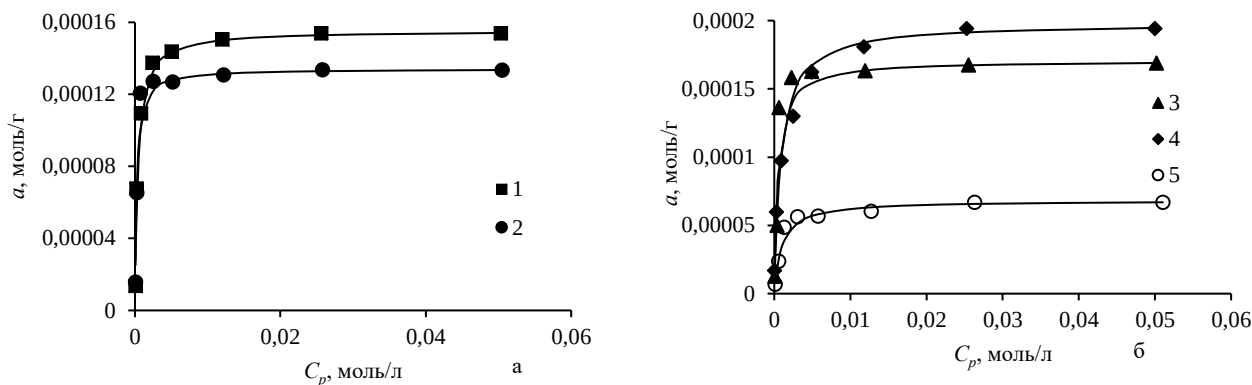


Рис 1. Изотермы сорбции ионов меди(II) хитином ракообразных (а) и пчел (б): 1 – Ch1; 2 – Ch2; 3 – Ch3; 4 – Ch4; 5 – Ch5. Точки – эксперимент; линии – расчет по уравнению Ленгмюра

Таблица 1

Параметры уравнения Ленгмюра

Образец	СА, %	a_m , ммоль/г	K_L , л/моль
Ch1	81	0,155	2306
Ch2	83	0,134	3943
Ch3	76	0,171	1864
Ch4	76	0,198	1092
Ch5	94	0,068	998

Для описания изотерм и расчета количественных параметров сорбции использовали линейаризованную форму уравнения адсорбции Ленгмюра:

$$a = \frac{1}{a_m K_L} + \frac{C_p}{a_m}, \quad (1)$$

где a – величина адсорбции ионов Cu(II) , моль/г; a_m – емкость монослоя, моль/г; K_L – концентрационная константа сорбционного равновесия; C_p – равновесная концентрация ионов меди в растворе, моль/л. Параметры уравнения (1) приведены в табл. 1

Обнаружено, что сорбционная емкость хитинов по ионам меди(II) убывает пропорционально их степени ацетилирования, независимо от происхождения и способа получения (рис. 2). Это позволяет предположить, что связывание катионов металла исследуемыми образцами осуществляется преимущественно по механизму комплексообразования с аминогруппами деацетилированных фрагментов макромолекул.

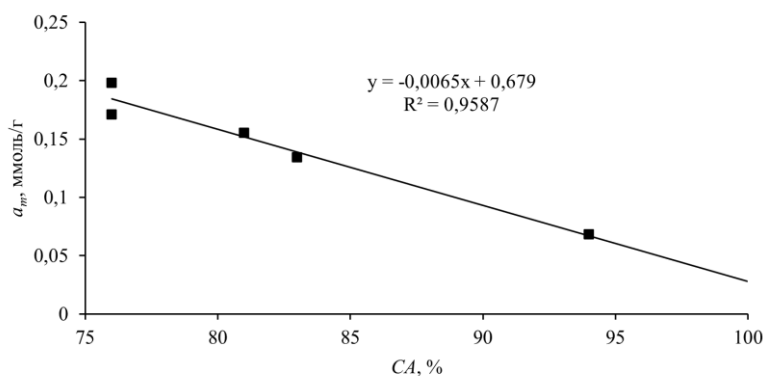


Рис. 2. Зависимость максимальной сорбционной емкости образцов хитина от степени ацетилирования

Высказанное выше предположение правомочно при условии, что доступность амино- и ацетамидных групп исследуемых хитинов для адсорбируемых ионов примерно одинакова. Степень доступности функциональных групп для сорбата в частично-кристаллических полимерах зависит от соотношения кристаллических и аморфных областей, поэтому нами предпринята попытка приближенной оценки степени кристалличности хитинов по данным сорбции водяного пара [6].

Изотермы сорбции паров воды измеряли методом изопиестических серий. Перед исследованием образцы высушивали при температуре 105 °С до постоянной массы.

Полученные изотермы сорбции представлены на рис. 3. Для их описания использовали уравнение квазихимической модели сорбционного раствора [6]:

$$a = a_m \frac{\alpha \cdot P/P_0}{(1 - \beta \cdot P/P_0) \cdot (1 + (\alpha - \beta) \cdot P/P_0)}, \quad (2)$$

где a_m – емкость первичных сорбционных центров (г/г); α и β – параметры уравнения, связанные с константами равновесия квазихимических реакций.

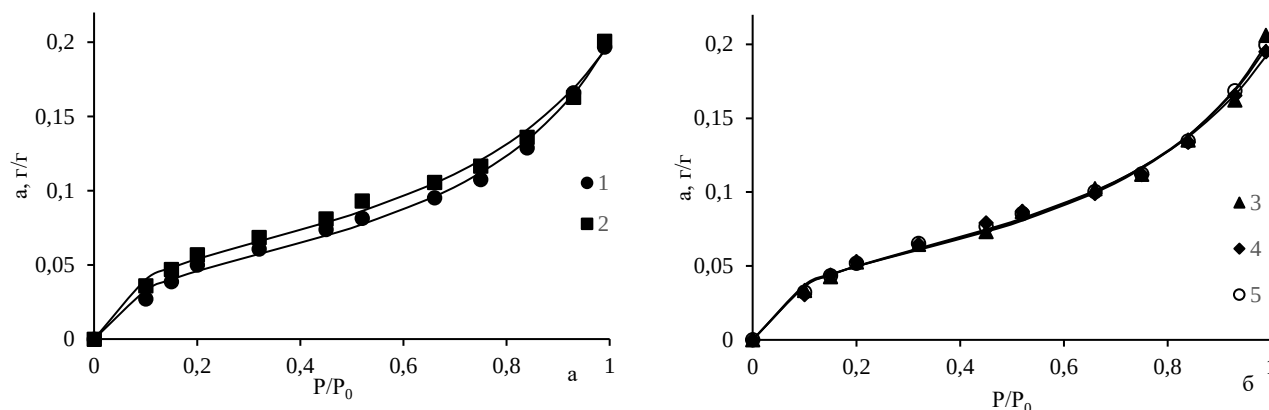


Рис. 3. Изотермы сорбции паров воды хитином ракообразных (а) и пчел (б): 1 – Ch1; 2 – Ch2; 3 – Ch3; 4 – Ch4; 5 – Ch5. Точки – эксперимент; линии – расчет по уравнению квазихимической модели

Параметры уравнения приведены в табл. 2.

Можно видеть, что концентрация первичных сорбционных центров (a_m) и максимальная сорбционная емкость при давлении насыщенного пара (a_0) для исследуемых хитинов примерно одинаковы, что свидетельствует о близости их надмолекулярной структуры. Степень кристалличности рассчитывали по уравнению (3), 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.

Таблица 2

Параметры уравнения квазихимической модели

Образец	a_m , г/г	α	β	R^2	a_0^* , г/г	СК
Ch1	0,051	13	0,75	0,996	0,201	0,60
Ch2	0,058	16	0,71	0,994	0,199	0,55
Ch3	0,053	17	0,75	0,995	0,206	0,59
Ch4	0,056	14	0,72	0,996	0,197	0,58
Ch5	0,054	15	0,74	0,997	0,203	0,57

Расчет величин сорбции аморфными аналогами хитинов при заданных значениях упругости водяного пара проводили по аддитивной схеме Ван Кревелена [8] суммированием вкладов от каждой функциональной группы, входящей в состав повторяющегося звена полимера, используя допущение о полной их доступности для молекул воды:

$$a_{ам} = \frac{M_{H_2O} \cdot \sum a_i}{M_{зв}} = a_{ам}^{хитин} \cdot CA + a_{ам}^{хитозан} \cdot (1 - CA), \quad (4)$$

где $a_{ам}^{хитин} \cdot CA$ – вклад ацетилированных, а $a_{ам}^{хитозан} \cdot (1 - CA)$ – деацетилированных фрагментов в величину сорбции.

Средние значения СК приведены в табл. 2. Сопоставление полученных данных позволяет заключить, что у исследуемых образцов степень кристалличности примерно одинакова, т.е. не зависит от источника хитина и способа его получения. Это, в свою очередь, указывает на то, что предположение о преимущественном участии первичных аминогрупп деацетилированных фрагментов хитина в сорбции катионов переходных металлов является вполне обоснованным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khoushab F., Yamabhai M. Chitin research revisited // Marine drugs. 2010. Vol. 8. № 7. Pp. 1988–2012.
2. Chui V. W. D., Mok K. W., Ng C. Y., Luong B. P., Ma K. K. Removal and recovery of copper(II), chromium(III), and nickel(II) from solutions using crude shrimp chitin packed in small columns // Environment International. 1996. Vol. 22. № 4. Pp. 463–468.
3. Kumirska J., Czerwicka M., Kaczyński Z., Bychowska A., Brzozowski K., Thöming J., Stepnowski P. Application of spectroscopic methods for structural analysis of chitin and chitosan // Marine drugs. 2010. Vol. 8. № 5. Pp. 1567–1636.
4. Немцев С. В., Зуева О. Ю., Хисматуллин М. Р., Албулов А. И., Варламов В. П. Получение хитина и хитозана из медоносных пчел // Прикладная биохимия и микробиология. 2004. Т. 40. № 1. С. 46–50.
5. Ившина Т. Н., Артамонова С. Д., Ившин В. П., Шарнина Ф. Ф. Выделение хитин-глюканового комплекса из плодовых тел шляпочных грибов // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. № 3. С. 348–353.
6. Гребенников С. Ф., Эльтеков Ю. А. Сорбция в полимерных системах. СПб. : ФГБОУ ВПО «СПГУТД», 2014. 282 с.

Спектрофотометрическое исследование реакции комплексообразования кобальта(II) с триэтилентетрамином в водных растворах

Хайруллина А. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
xairullina666@gmail.com

Комплексные соединения кобальта(II, III) с триэтилентетрамином (ТЭТА) представляют интерес благодаря вариативности пространственного расположения тетрадентатного лиганда в координационном полиэдре октаэдрической симметрии, что обусловлено условиями синтеза хелатов в случае монодентатных вторичных лигандов [1–3] и структурными особенностями бидентатных вторичных лигандов [4; 5]. Кроме того, установлено, что гетеролигандные координационные соединения на основе ТЭТА-комплексов кобальта(II, III) являются перспективной основой для разработки лекарственных препаратов, проявляют мощное цитотоксическое действие в отношении линии клеток гепатоцеллюлярной карциномы [6], значительную активность в отношении клеток карциномы поджелудочной железы, антибактериальные свойства против грамотрицательных бактерий [7].

В данной работе проведено изучение реакции образования комплексного соединения кобальта(II) с триэтилентетрамином в водных растворах спектрофотометрическим методом. При исследовании электронных спектров поглощения растворов хлорида кобальта(II) и комплексного соединения кобальта(II) с ТЭТА установлено, что спектр поглощения аквакомплекса кобальта(II) имеет единственную полосу светопоглощения с максимумом на длине волны 500 нм. При добавлении ТЭТА в светло-розовые растворы хлорида кобальта(II) происходит изменение окраски раствора на интенсивно-коричневую, что обусловлено происходящими в растворе процессами внутрисферного замещения молекул воды в аквакомплексе кобальта(II) на молекулы ТЭТА. В электронном спектре поглощения ТЭТА-хелата кобальта(II) в видимой области спектра отсутствует характеристическая полоса, поэтому последующие исследования процессов комплексообразования в системе $\text{Co(II)} - \text{ТЭТА}$ проводили на длине волны 550 нм (рис. 1).

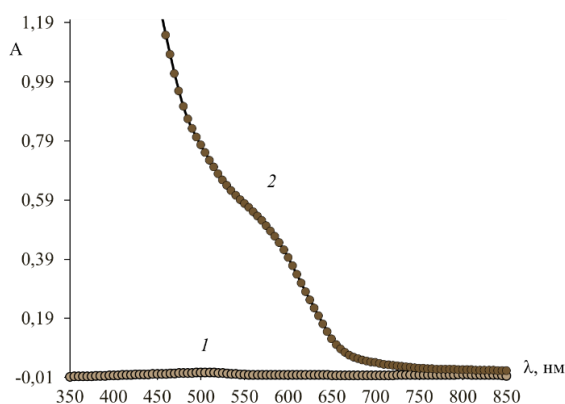


Рис. 1. Электронные спектры поглощения растворов соли кобальта(II) (1) и соли кобальта(II) в присутствии ТЭТА (2)
 $C(\text{Co}^{2+}) : C(\text{ТЭТА}) = 1 : 1$; $C(\text{Co}^{2+}) = 0,004$ моль/л, $l = 3$ см.

Поскольку процесс комплексообразования в растворах в значительной степени зависит от кислотных свойств водной среды, то для установления влияния кислотности среды на процессы комплексообразования

в системе Co(II) – ТЭТА были приготовлены серии растворов с постоянным соотношением концентраций ионов металла с различными значениями pH (рис. 2). Для предотвращения окисления металлоцентра в составе комплексного соединения кислородом воздуха сначала проводили изменение кислотности растворов ТЭТА, в которые добавляли аликвоту раствора соли кобальта(II) с последующим повторным измерением pH и фотометрированием. Установлено, что формирование комплексного соединения кобальта(II) с ТЭТА в растворах начинается в кислой среде (pH = 1,6) и завершается при pH = 5,7. Образующее коричневое комплексное соединение стабильно в интервале ΔpH = 5,7 – 11,0. Последующее увеличение щелочности растворов (ΔpH > 11,0) приводит к последующему увеличению оптической плотности растворов, что обусловлено процессами гидролитического разложения комплексного соединения и выделения в твердую фазу гидроксида кобальта(II).

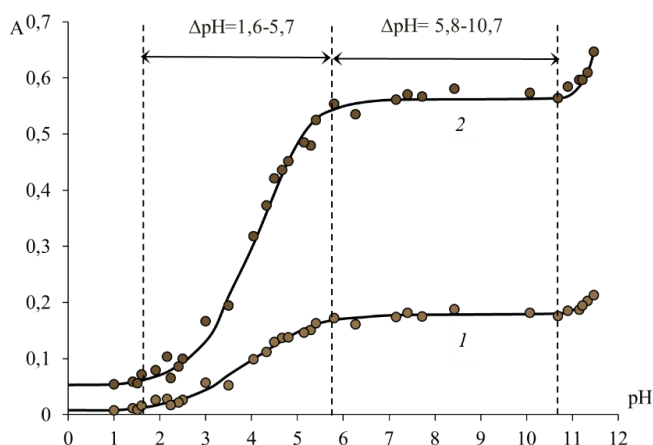
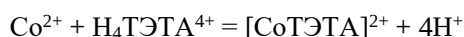


Рис. 2. Зависимость оптической плотности растворов системы Co(II) : ТЭТА = 1 : 1 от pH
C(Co²⁺) = 0,004 моль/л, λ = 550 нм, l = 1 (1) и 3 (2) см

Изучение состава координационной сферы комплексов кобальта(II) с ТЭТА проводили методом насыщения комплексообразователя лигандом. Подтверждено, что в растворах при ΔpH = 5,5 - 6,0 реализуется формирование только монотриэтиленetetраминных координационных частиц кобальта(II).

Для определения величины константы устойчивости комплекса кобальта(II) с ТЭТА были использованы экспериментально полученные зависимости $A = f(\text{pH})$ и расчетный метод Россотти, которые позволили установить, что процесс хелатирования кобальта(II) происходит в результате отщепления четырех протонов от тетрапротонированной формы полиаминного лиганда:



Рассчитанное численное значение логарифма константы устойчивости монотриэтилентетраминного комплекса кобальта(II) составило 11,50, что хорошо согласуется с литературными данными, согласно которым lgβ варьируется от 11,0 до 11,31 [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Fujiwara T., Bailar J. Reactions of coordination compounds in the solid state. II. The interconversion of the isomers of dichloro(triethylenetetramine)cobalt(III) chloride, [Co(trien)Cl₂]Cl, upon heating in the solid state // Bulletin of the Chemical Society of Japan. 1988. Vol. 61. № 3. Pp. 849–856.
2. Fujiwara T., Bailar J. Reactions of coordination compounds in the solid state. III. The behavior of the isomers of dichloro(triethylenetetramine)cobalt(III) bromide and iodide, [Co(trien)Cl₂]X // Bulletin of the Chemical Society of Japan. 1988. Vol. 61. № 3. Pp. 857–860.
3. Fujiwara T., Bailar J. Reactions of coordination compounds in the solid state. IV. The behavior of the optically active salt of cis-α-dichloro(triethylenetetramine)cobalt(III) chloride, [Co(trien)Cl₂]Cl // Inorganica Chimica Acta. 1988. Vol. 154. № 1. Pp. 51–54.
4. Oliver P. J., Hoskins B. F., Grant H. M. Absolute structure of (–)₅₄₆-cis-β-carbonato(triethylenetetramine)cobalt(III) perchlorate monohydrate // Acta Crystallographica. 1991. № 47. Pp. 2348–2351.
5. Kurogi C., Yonemura T. Crystal structure of a Co(III) complex with 2-aminoethanethiol and triethylenetetramine // X-ray Structure Analysis Online. 2019. Vol. 35. Pp. 43–45.
6. Arumugham M. N., Gopinathan H., Sumithra M., Baskaran S., Kumar R., Kaviani S. New cobalt(III) complex with triethylenetetramine and 2,2'-bipyridine: synthesis, crystal structure, DNA interaction, hirshfeld surface, DFT analysis, and cytotoxicity // Inorganic and Nano-Metal Chemistry. 2021. № 4. Pp. 1–12.
7. Chetal M., Talwar D., Singh R., Arora S., Bhardwaj V., Sahoo S. Ch., Kumar R., Sharma R. Triethylenetetramine complexes of cobalt(III) having anion binding sites: synthesis, characterisation, crystal structure, anti-bacterial and anti-cancer properties of [Co(trien)(NO₂)₂]₂Cr₂O₇ and [Co(trien)(NO₂)₂]SCN // Journal of Chemical Sciences. 2021. Vol. 133. № 15. Pp. 1–12.
8. Stability Constants Database SCQUERY, IUPAC and Academic Software SCQUERY Version 1.38.

Нитрилотриметиленфосфонатные комплексы кобальта(II) в водных растворах

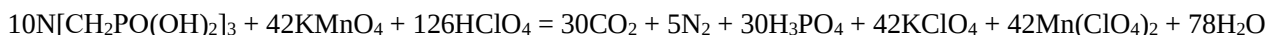
Юсупова Р. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Щеглова Н. В., канд. хим. наук, доц.

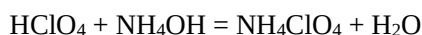
Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
regyusupova05@gmail.com

Нитрилотриметиленфосфоновая кислота (аминотрис(метиленфосфоновая) кислота, $N[CH_2PO(OH)_2]_3$, АТМР) является одним из крупнотоннажных продуктов современной химической промышленности, что обусловлено ее широкомасштабным применением в качестве регулятора физико-химических свойств буровых и тампонажных растворов для замедления сроков схватывания цементного раствора [1], в производстве монолитного и сборного железобетона в условиях сухого жаркого климата [2]. АТМР является конформационно-лабильным лигандом, образующим устойчивые координационные соединения с разнообразной структурой и свойствами, что определяет ее востребованность как хелатирующего агента в целлюлозно-бумажной промышленности для отбелки целлюлозы [3], ингибитора коррозии в теплоэнергетике [4–6], для предотвращения солеотложения в оборудовании скважин и в теплообменниках установок термохимического обезвоживания и обессоливания нефти [7], для селективного извлечения металлов из гальванических шламов [8].

В данной работе проведено исследование процессов комплексообразования катионов кобальта(II) с АТМР в водных растворах для установления состава формирующихся координационных частиц и их термодинамической устойчивости. Для приготовления растворов использовали шестиводный кристаллогидрат хлорида кобальта(II) квалификации «хч» и 50 %-ный раствор АТМР (Aldrich Chemistry, США). Для определения точной концентрации раствора АТМР проводили окисление комплексообразующего реагента до ортофосфорной кислоты с последующим спектрофотометрическим определением фосфат-ионов в виде гетерополиядерного комплекса с молибдатом аммония. В соответствии с литературными сведениями в качестве реагента окислителя АТМР может быть использован перманганат калия в сильноокислой среде, создаваемой хлорной кислотой [9]:



Избыток реагента-окислителя восстанавливается щавелевой кислотой с последующей нейтрализацией хлорной кислоты раствором гидроксида аммония:



Однако использование концентрированных растворов хлорной кислоты и гидроксида аммония в данном методе приводит к кристаллизации значительного количества солей при охлаждении горячих растворов после процедуры окисления, проводимой при кипячении. Это оказывает мешающее влияние на последующее спектрофотометрическое определение фосфат-ионов. Поэтому окисление АТМР осуществляли с применением в качестве реагента-окислителя персульфата аммония в нейтральной среде [10]:

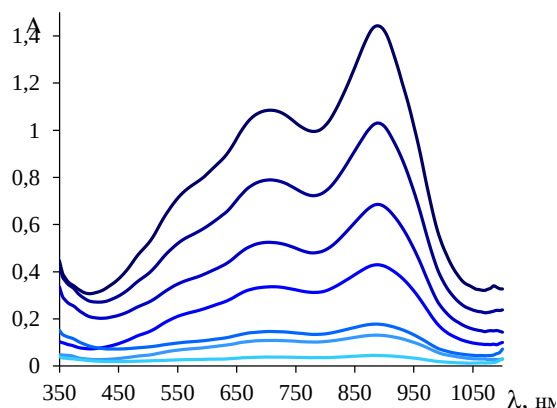


Рис. 1. ЭСП градуировочных растворов для определения ортофосфат-ионов в виде фосфорномолибденовой сини. $l = 30$ мм

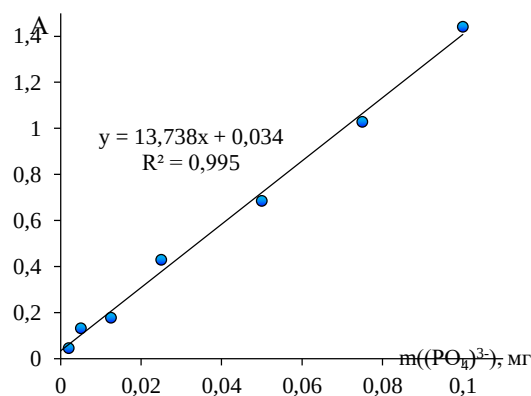


Рис. 2. Градуировочный график для определения ортофосфат-ионов в виде фосфорномолибденовой сини. $\lambda = 900$ нм, $l = 30$ мм

В получившийся раствор фосфорной кислоты добавляли молибдат аммония в серной кислоте и в качестве катализатора хлорид сурьмы(III) для образования гетерополиядерного комплекса – желтой соли фосфорномолибденовой кислоты:



Далее проводили восстановление гетерополиядерного комплекса аскорбиновой кислотой с формированием фосфорномолибденовой сини, максимальное светопоглощение которой в растворах регистрируется на длине волны 900 нм (рис. 1). Точную концентрацию фосфат-ионов и АТМР устанавливали с применением градуировочной зависимости, представленной на рисунке 2.

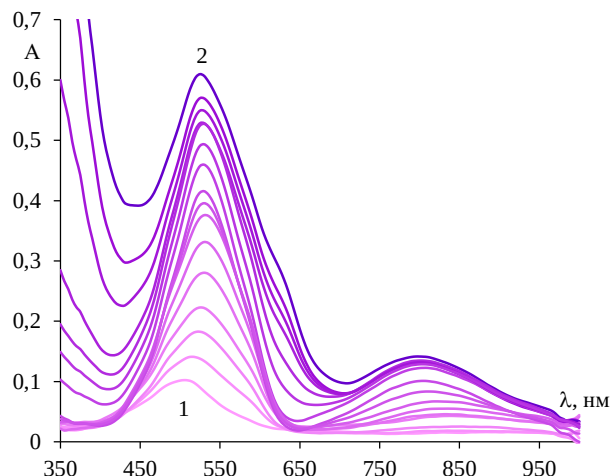


Рис. 3. ЭСП растворов соли кобальта(II) (1) и системы Co(II) : АТМР = 1 : 1 (2) в растворах с различным значением pH. $C(\text{Co}^{2+}) = 0,004 \text{ M}$, $l = 50 \text{ мм}$

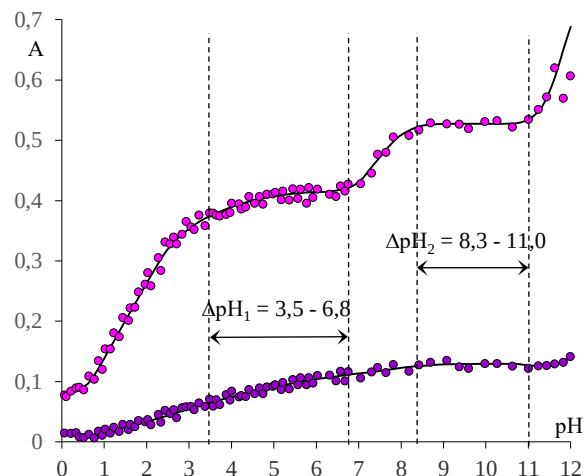


Рис. 4. Зависимость оптической плотности растворов системы Co(II) : АТМР = 1 : 1 от pH. $C(\text{Co}^{2+}) = 0,004 \text{ M}$, $\lambda = 530 \text{ нм}$, $l = 50 \text{ мм}$

Исследование процессов комплексообразования в системе Co(II) – АТМР также проводили спектрофотометрическим методом в видимой части спектра. Установлено, что электронный спектр поглощения аквакоординированного кобальта(II) характеризуется одной полосой светопоглощения с максимумом длины волны 500 нм (рис. 3), а в растворах системы Co(II) : АТМР = 1 : 1 регистрируются две полосы светопоглощения с максимумами на длинах волн 530 и 800 нм и наблюдается значительный гиперхромный эффект. С использованием зависимостей $A = f(\text{pH})$ были установлены оптимальные интервалы pH, оптимальные для образования ($\Delta\text{pH}_1 = 0,2 - 3,5$; $\Delta\text{pH}_2 = 6,8 - 8,3$) и стабильного существования ($\Delta\text{pH}_1 = 3,5 - 6,8$; $\Delta\text{pH}_2 = 8,3 - 11,0$) АТМР-хелатов кобальта(II) (рис. 3). Состав координационной сферы комплексных частиц устанавливали с применением метода насыщения и доказано формирование в растворах только моонитрилотрифосфонатов кобальта(II). Моделирование реакций образования координационных частиц кобальта(II) с АТМР и расчет численных значений логарифмов констант устойчивости проводили с использованием экспериментально полученной зависимости $A = f(\text{pH})$ и логарифмического метода Россотти (табл. 1).

Таблица 1

Логарифмы констант устойчивости кобальта(II) с нитрилотриметиленфосфоновой кислотой

ΔpH комплексообразования	Уравнения реакций образования комплексных частиц	lgβ	
		Экспериментальные данные	Литературные данные [11,12]
0,2 – 3,5	$\text{Co}^{2+} + \text{H}_6\text{ATMP}^0 = [\text{CoH}_5\text{ATMP}]^+ + \text{H}^+$	1,89	-
	$\text{Co}^{2+} + \text{H}_5\text{ATMP}^- = [\text{CoH}_4\text{ATMP}]^0 + \text{H}^+$	2,00	-
	$\text{Co}^{2+} + \text{H}_4\text{ATMP}^{2-} = [\text{CoH}_3\text{ATMP}]^- + \text{H}^+$	6,14	-
	$\text{Co}^{2+} + \text{H}_4\text{ATMP}^{2-} = [\text{CoH}_2\text{ATMP}]^{2-} + 2\text{H}^+$	8,70	5,2
6,8 – 8,3	$[\text{CoH}_2\text{ATMP}]^{2-} = [\text{CoATMP}]^{4-} + 2\text{H}^+$	14,70	14,37 – 15,48

Согласно имеющимся литературным сведениям, полученным методом РСА, для депротонированного мононитрилтрифосфоната кобальта(II) характерна искаженная тригонально-бипирамидальная геометрия координационного полиэдра с аксиальным расположением атома азота АТМР, с атомами кислорода трех разных фосфонатных групп в основании с атомом кислорода соседнего остатка АТМР – в другой аксиальной вершине (рис. 5). При координации катионом кобальта(II) аниона АТМР происходит замыкание трех пятичленных хелатных цикла N–Co–O–P–C с общей связью N–Co. В водных растворах сохраняется тригонально-бипирамидальная координация кобальта(II) с гидратацией металлоцентра в апикальном положении молекулой воды.

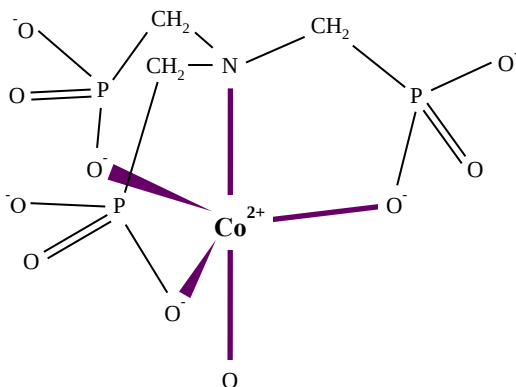


Рис. 5. Схема координации АТМР катионами кобальта(II)

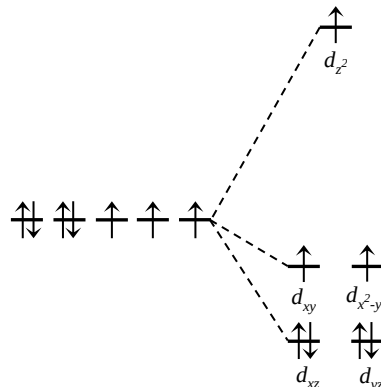


Рис. 6. Расщепление *d*-атомных орбиталей кобальта(II) в тригонально-бипирамидальном поле АТМР

В тригонально-бипирамидальном поле АТМР снимается вырождение *d*-атомных орбиталей катиона кобальта(II) (рис. 6). Возможность трех электронных переходов между расщепленными энергетическими уровнями в высокоспиновом АТМР-хелате кобальта(II) объясняет формирование двух полос поглощения в электронном спектре поглощения комплекса в видимой области спектра и полосы переноса заряда в УФ-области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слюсарь О. А., Шаповалов Н. А. Поверхностные свойства глин с комплексной добавкой // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. № 10. С. 46–49.
2. Пат. 2 759 479 С1 Российская Федерация. Наномодифицированный строительный раствор: заявл. 07.08.2020; опубл. 15.11.2021 / Свинцов А. П., Аббас А. А. Н., Галишников В. В.; заявитель и патентообладатель Москва. РУДН. 10 с.
3. Пат. 2 191 232 С1 Российская Федерация. Способ изготовления ваты из целлюлозных волокон: заявл. 26.11.2001; опубл. 20.10.2002 / Галашина В. Н., Смирнов Н. А., Морыганов А. П., Захаров А. Г.; заявитель и патентообладатель Иваново. ИХР РАН. 10 с.
4. Шагиев Н. Г., Чичирова Н. Д., Абасев Ю. В., Макарова А. С. Влияние ионных взаимодействий в водных системах с комплексообразующими реагентами на процессы в водных контурах электростанций // Энергосбережение и водоподготовка. 2004. № 4. С. 22–24.
5. Степин С. Н., Кузнецова О. П., Вахин А. В., Хабибрахманов Б. И. Применение фосфорсодержащих комплексонов и комплексона-тов в качестве ингибиторов коррозии металлов // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 13. С. 88–98.
6. Попов К. И., Ковалева Н. Е., Рудакова Г. Я., Комбарова С. П., Ларченко В. Е. Современное состояние разработок биоразлагаемых ингибиторов солеотложений для различных систем водопользования // Теплоэнергетика. 2016. № 2. С. 46–53.
7. Пат. 2 070 91 С1 Российская Федерация. Состав для предотвращения отложения неорганических солей при добыче нефти и газа из скважин: заявл. 28.01.1994; опубл. 27.12.1996 / Фасхутдинов Р. А., Антипин Ю. В., Виноградова Н. Л., Давлетшин З. Ш., Исламова Г. Ш., Шамаев Г. А.; заявитель и патентообладатель Уфа. Башнефть. 10 с.
8. Бузаева М. В., Завальцева О. А., Давыдова О. А., Дубровина В. В., Климов Е. С. Извлечение тяжелых металлов из гальванических шламов // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. Вып. 4. С. 692–694.
9. Фотометрическое измерение концентраций цинкового комплекса нитрилотриметиленфосфоновой кислоты тринатриевой соли и растворимого железного комплекса нитрилотриметиленфосфоновой кислоты динатриевой соли в воздухе рабочей зоны: методические указания / С. И. Муравьева, Г. А. Дьякова, Н. М. Грачева, В. Г. Овечкин. М. : Министерство здравоохранения СССР, 1987. 22 с.
10. ПНД Ф 14.1:2.4.248-07. Методика выполнения измерений массовых концентраций ортофосфатов, полифосфатов и фосфора общего в питьевых, природных и сточных водах фотометрическим методом. М. : Сертимет, 2016. 10 с.
11. Popov K., Ronkko M. H., Lajunen L. H. J. Critical evaluation of stability constants of phosphonic acids // Pure Appl. Chem. 2001. Vol. 73. No. 10. Pp. 1641–1677.
12. Коробейникова Е. Ю., Меркулов Д. А. Исследование комплексообразования в тройных системах металл(II) – нитрилотриметиленфосфоно-вая кислота – глутаминдикусная кислота // Химическая физика и мезоскопия. 2014. Т. 16. № 4. С. 616–621.
13. Сомов Н. В., Чаусов Ф. Ф., Закирова Р. М., Федотова И. В. Синтез и структура комплексов кобальта(II) с нитрилотриметиленфосфоно-вой кислотой [Co(H₂O)₃{NH(CH₂PO₃H)₃}] и Na₄[Co{N(CH₂PO₃)₃}] · 13H₂O // Координационная химия. 2015. Т. 41. № 12. С. 729–735.

Определение общей и временной жесткости воды в родниковых источниках Марий Эл с помощью титриметрических методов

Яндимиров М. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Пантюхин В. А., препод.

Марийский Государственный Университет, г. Йошкар-Ола
yandimirov2025@mail.ru

В настоящем мире одной из проблем является качество воды. Одной из характеристик качеств является жесткость воды, ведь именно она характеризует ее применение в различных отраслях. Жесткостью воды называется содержание солей щелочноземельных элементов, преимущественно кальция и магния [1]. *Различают временную (карбонатную), постоянную и общую жесткости. Временная жесткость обуславливается содержанием гидрокарбонатов кальция и магния, постоянная подразумевает собой содержание сульфат, нитрат и хлорид ионов. Под общей жесткостью понимают содержание ионов кальция и магния.*

Причиной образования «жесткой» воды является вымывание солей из природных залежей известняка, гипса и доломита. Такое явление особенно характерно для родниковых источников. Родник – это выход подземных вод на земную поверхность. Такая вода является чистой в том плане, что не содержит (или содержит малое содержание) других ионов металлов таких как медь, железо, свинец, никель и т.д.

Вода классифицируется по жесткости на: очень мягкая вода (до 1,5 ммоль-экв/л), мягкая вода (от 1,5 до 4 ммоль-экв/л), вода средней жесткости (от 4 до 8 ммоль-экв/л), жесткая вода (от 8 до 12 ммоль-экв/л), очень жесткая вода (более 12 ммоль-экв/л). По нормативным документам (ГОСТ), питьевой водой является та вода, чья жесткость меньше 7°Ж [2] (1°Ж = 1 ммоль-экв/л) [3]. Для родниковых вод, по нормативным документам (СанПиН), показания жесткости должны быть в интервале 7–10°Ж [4].

Мягкая вода и жесткая вода имеют свои достоинства и недостатки. Мягкая вода может вызвать у человека недостаток в организме кальция и магния, а также вызывает коррозию труб. Жесткая вода вызывает избыток солей в организме, а в бытовом плане оставляет накипь, и ее твердые отложения забивают водопроводные трубы.

Целью исследования является определение жесткости родниковых вод произвольных источников на территории Марий Эл с помощью титриметрии, установление классификации этих вод, сравнение жесткостей между собой и с жесткостью водопроводной воды.

В ходе работы были отобраны пробы вод в следующих источниках: вода из святого источника Мироносецкой иконы Божией Матери (село «Ежово», Медведевский район), вода из святого источника Николая Чудотворца (деревня «Корта», Медведевский район), вода из святого источника Казанской иконы Божией Матери (деревня «Корта», Медведевский район), вода из святого источника Смоленской иконы Божией Матери (деревня Петъял, Волжский район), водопроводная вода (центральный округ Йошкар-Ола), водопроводная вода (микрорайон Тарханово).

В ходе исследования использовались титриметрические методы анализа: кислотно-основной и комплексонометрический методы [5]. Кислотно-основное титрование помогло определить содержание гидрокарбонатов в аликвотах вод. Использовался индикатор метиловый оранжевый, который в точке эквивалентности меняет окрас с желтого на оранжевый. По объему израсходованного титранта с помощью формулы рассчитывается карбонатная (временная) жесткость. Титрантом является 0,1М (0,1Н) раствор соляной кислоты. С помощью комплексонометрического титрования определяется общая жесткость воды, которая включает в себя содержание кальция и магния. Для определения использовался сухой индикатор эриохром черный Т, который меняет окрас в точке эквивалентности с винно-красного на синий с зеленоватым оттенком.

Для определения общей жесткости, в аликвоту добавляется несколько мл аммиачного буфера для создания pH=10 (в нашем случае 1,3 мл). Как и в прошлом методе, жесткость определяется по формуле, исходя из израсходованного объема титранта. Титрантом является 0,025М (0,05Н) раствор Трилона-Б.

$$Ж = \frac{C_1 V_1}{V_2} * 1000$$

По данной формуле была вычислена жесткость, где V_1 – объем израсходованного титранта (мл), C_1 – концентрация титранта (моль-экв/л или н), V_2 – объем аликвоты (мл).

Каждую аликвоту брали пипеткой на 20 мл. С помощью формулы для определения жесткости удалось рассчитать карбонатную и общую жесткости отобранных нами вод. Результаты расчетов общей и карбонатной жесткости для различных источников Республики Марий Эл представлены в таблице 1.

Таблица 1

Общая и карбонатная жесткость в источниках Республики Марий Эл

Источники вод	Общая жесткость (°Ж)	Карбонатная жесткость (°Ж)
Источник «Ежово»	5,94	4,53
Источник Николая Чудотворца «Корта»	5,66	5,93
Источник Казанской иконы Божией Матери «Корта»	5,74	5,97
Источник Смоленской иконы Божией Матери «Петъял»	7,93	6,15
Водопроводная вода (центральный округ Йошкар-Ола)	2,25	2,40
Водопроводная вода (микрорайон Тарханово)	2,33	2,50

По результатам титрования, можно сделать вывод, что родниковые источники в Марий Эл имеют среднюю жесткость, а водопроводная вода имеет мягкую жесткость. Также видно, что в некоторых источниках карбонатная жесткость больше общей. Это свидетельствует о наличии других катионов металлов, которые не удалось определить экспериментально (например, ионы лития, калия, натрия). Также стоит отметить, что вода поглощает в себя углекислый газ из воздуха, что дает большее количество гидрокарбонат-ионов (а также карбонат-ионы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов В. И., Ушакова Л. И., Ничкова И. И. Химия воды // Аналитическое обеспечение лабораторного практикума. 2014. № 1466. С. 81–87.
2. Максимова М. И., Прусакова В. Н., Лазарева О. В., Кругова Л. А. Вода питьевая. Методы определения жесткости // ГОСТ 31954-2012. 2012. № 1899. С. 1–11.
3. Расторгуева Ю. А., Прусакова В. Н., Черепкова И. Е., Ароян Е. Р., Кардановский Д. В. Вода. Единица жесткости // ГОСТ 31865-2012. 2012. № 1484. С. 1–2.
4. Королев А. А., Богданов М. В., Семенова А. А., Недачин А. Е., Артемова Т. З., Сусликов В. Л., Иванов А. В., Орлов А. А., Роговец А. И., Гасилина М. М., Веселова А. П. Вода питьевая и водоснабжение населенных мест // СанПиН 2.1.4.1175-02. 2002. № 4059. С. 111–112.
5. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия // Химия. 1977. № 543. С. 318–345.

Применение ацетатной и трифторацетатной защиты для получения 2-аминобензамида

Яндулов К. В., студ. 5 курса

Науч. рук. – Серебряков Е. А., канд. хим. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

Реакция изотоевого ангидрида [1] с амином является хорошо известным общим методом получения антрамидамов. Однако этот метод требует обработки фосгеном в присутствии соляной кислоты на ключевой стадии синтеза. Поэтому задачей была модификация методики, которая заключалась в защите аминогруппы.

В других была работах показана применимость фталимидной защиты, при этом реакция прошла с удовлетворительным выходом. В этой работе показана применимость ацетатной и трифторуксусной защит. Для введения ацетатной защиты было принято решение проводить реакцию с хлорангидридом уксусной кислоты [2], так как ацетилхлорид является более реакционноспособным соединением по сравнению с соответствующей кислотой.

Следующим этапом работы было непосредственное получение 2-N-ацетилбензойной кислоты (рис. 1). Реакция проводилась при комнатной температуре, антралиловая кислота массой 4 г была предварительно растворена в уксусной кислоте путем нагревания, после чего смесь медленно охлаждалась до 25–30 °С, чтобы при этом не было выпадения осадка. Далее по каплям был добавлен ацетилхлорид, при этом в течение получения наблюдалось выпадения осадка, который постепенно растворялся при добавлении воды в реакционную смесь. После дальнейшего добавления воды осадок полностью растворился и снова выпал через некоторое время. Идентификация путем измерения температуры плавления (184–185 °С) и ТСХ показала, что было получено целевое вещество. Выход продукта составил 77 %.

Таблица 1

Название	Температура, °С	Время синтеза, ч	тпл(теор), °С	Тпл(практ), °С	Выход продукта, %
N-ацетилантраниловая кислота	20-25	0,5	185-186	184-185	77

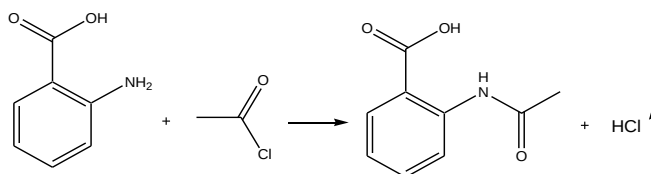


Рис. 1 Получение 2-N-ацетил бензойной кислоты

Хлорангидрид 2-N-ацетилбензойной кислоты получался путем реакции с хлористым тионилем (рис. 2).

В колбу, снабженную обратным холодильником и термометром помещалось избыточное количество тионилхлорида и 0,7 г 2-N-ацетилбензойной кислоты. Синтез проводился в течение 4 часов, после чего избыток тионилхлорида был отогнан, а в реакционную смесь был добавлен толуол.

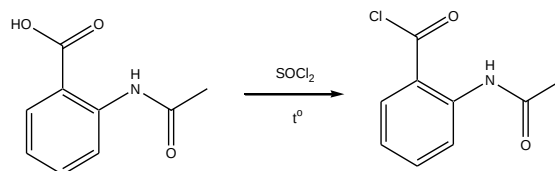


Рис.2 Получение хлорангидрида 2-N-ацетил бензойной кислоты

Таблица 2

Название	Температура, °С	Время синтеза, ч	Растворитель
Хлорангидрид 2-N-ацетилбензойной кислоты	70-80	4	Тионилхлорид

Далее полученный продукт подвергся воздействию аммиака, в результате чего наблюдалось выпадение желто-оранжевого осадка тионилем (рис. 3). Идентификация проводилась путем измерения температуры плавления. В результате была получена смесь продуктов, что подтверждается результатами ТСХ – на пластинке был виден шлейф. При измерении температуры плавления диапазоном составил 130–140 °С – данные результаты могут свидетельствовать о неустойчивости защитной группы в условиях синтеза. Сделан вывод, что ацетатная защита не пригодна для получения амида, поскольку она снимается в условиях реакции.

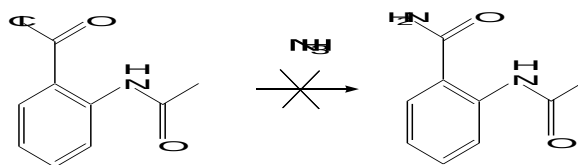


Рис. 3 Получение амида 2-N-ацетил бензойной кислоты

Таблица 3

Название	Температура, °С	Растворитель	Выход продукта, %
Амид 2-N-ацетилбензойной кислоты	30-40	Толуол	Получена смесь веществ

Для введения трифторацетатной защиты тионилем (рис. 4) было принято решение не получать хлорангидрид трифторуксусной кислоты, так как соответствующая кислота является достаточно реакционноспособным соединением для проведения реакции.

Антралиловая кислота массой 1,5 г была предварительно растворена в трифторуксусной кислоте путем нагревания смеси до 50°C. Реакция проводилась при перемешивании и нагревании в течение 4 часов. После охлаждения смеси была проведена экстракция с диэтиловым эфиром, после чего экстракт был оставлен на выпаривание. В результате был получен кристаллический продукт белого цвета с температурой плавления 95–97 °С. Выход продукта составил 58 %

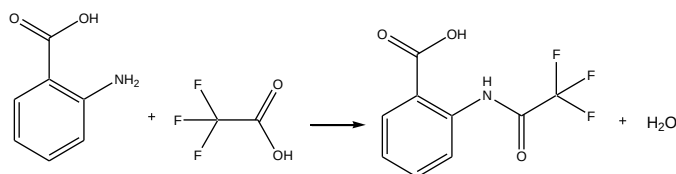


Рис. 4 Получение 2-N-трифторацетилбензойной кислоты

Таблица 4

Название	Температура, °С	Время синтеза, ч	Тпл, °С	Выход продукта, %
2-N-трифторацетилбензойная к-та	50	4	96-97	58

Получение хлорангирида и амида 2-N-трифторацетилбензойной кислоты тионил (рис. 5).

В колбу, снабженную обратным холодильником и термометром помещалось избыточное количество тионилхлорида и 1 г 2-N-трифторацетилбензойной кислоты. Синтез проводился в течение 3 часов, после чего избыток тионилхлорида был отогнан, а в реакционную смесь был добавлен толуол.

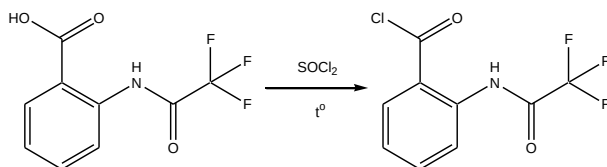


Рис. 5 Получение хлорангирида 2-N-трифторацетилбензойной кислоты

Таблица 5

Название	Температура, °С	Время синтеза, ч	Растворитель
Хлорангидрид 2-N-трифторацетилбензойной кислоты	70-80	3	Тионилхлорид

Далее полученный продукт подвергся воздействию аммиака, в результате чего наблюдалось выпадение бледно-желтого осадка тионил (рис. 6). Как и в случае с 2-N-ацетилбензойной кислотой, была получена смесь продуктов, что подтверждается шлейфом на хроматографической пластинке. Большой диапазон температуры плавления (135-146 °С) дополнительно подтверждает вышесказанное.

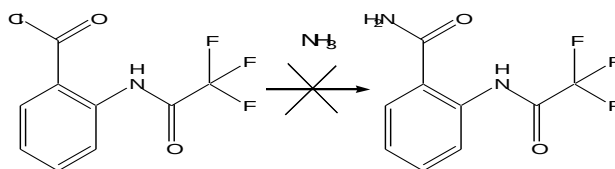


Рис. 6. Получение амида 2-N-трифторацетилбензойной кислоты

Таблица 6

Название	Температура, °С	Растворитель	Выход продукта, %
Амид 2-N-трифторацетилбензойной кислоты	30-40	Толуол	Получена смесь веществ

ЛИТЕРАТУРА

1. Kanişkan N., Kokten S., Çelik İ. A new protocol for the synthesis of primary, secondary and tertiary anthranilamides utilizing N-(2-amino-arylacyl) benzotriazoles //Arkivoc. 2012. Т. 2012.
2. Каабак Л. В. и др. Способ получения хлорангидридов карбоновых кислот. 1997.

Изучение строения комплексов кобальта(III) с триэтиленetetрамином

Яшина М. С., студ. 2 курса

Науч. Рук. – Петухова Т. В., канд. хим. наук

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
masha.r-u@yandex.ru

Азотсодержащим комплексам кобальта посвящено множество научных работ, касающихся их биологической активности [1]. Это наиболее изученный класс комплексов кобальта(III). Изучение комплексных соединений методами компьютерной химии открывает перспективы в дизайне супрамолекулярных структур и синтезе полифункциональных материалов.

Комплексные соединения широко используются в медицине при лечении ряда заболеваний. Например, комплексные соединения железа и кобальта (ферамид, коамид, витамин B12) применяются при анемиях, аспартат цинка – при цинкдефиците, ауранофин – при ревматоидном артрите, сульфатиазол серебра как противомикробное средство, цисплатин как противоопухолевое средство.

В работе методом дифференциала плотности RB3LYP/6-31G (d) рассчитано геометрическое строение комплексных частиц $[\text{CoTrien}]^{2+}$ с мультиплетностью 2,4 и $[\text{CoTrien}]^{3+}$ с мультиплетностью 1,3 в программе Gaussian 09W, были рассчитаны и проанализированы длины связей, валентные углы молекул, полученные значения длин связей и валентных углов хорошо согласуются с экспериментальными данными.

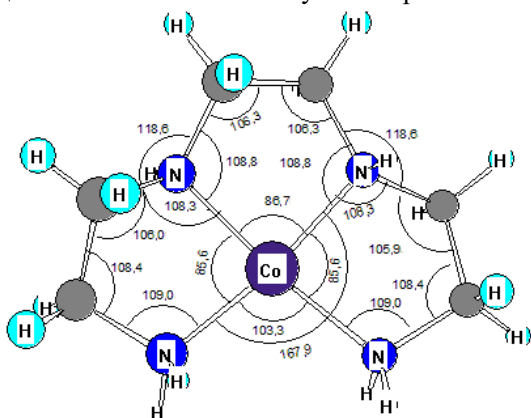


Рис. 1. Валентные углы в молекуле $[\text{CoTrien}]^{2+}$ (мультиплетность 2, Å

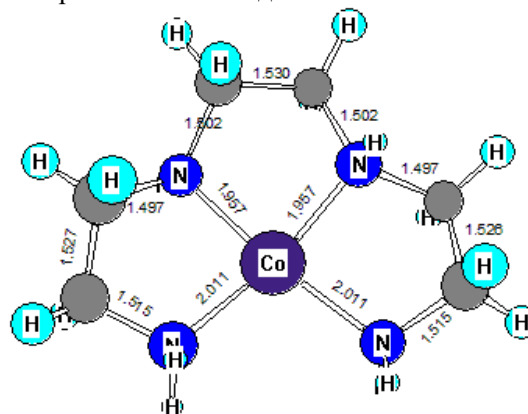


Рис. 2. Длины связей молекулы $[\text{CoTrien}]^{2+}$ (мультиплетность 2, Å

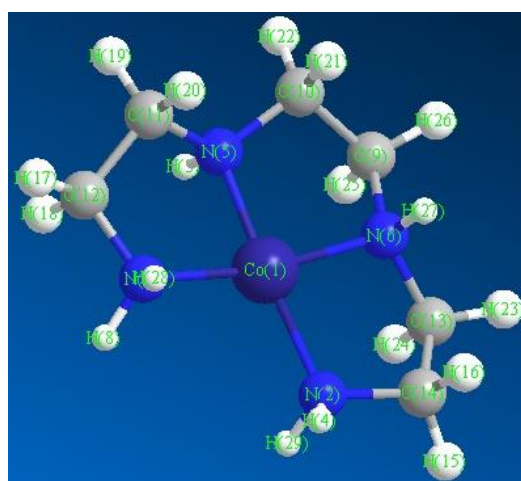


Рис. 3 Пространственное строение $[\text{CoTrien}]^{2+}$, мультиплетность 2

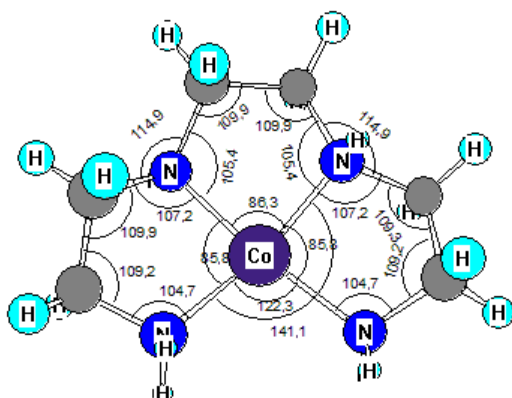


Рис. 4 Валентные углы в молекуле $[\text{CoTrien}]^{2+}$ мультиплетность 4, Å

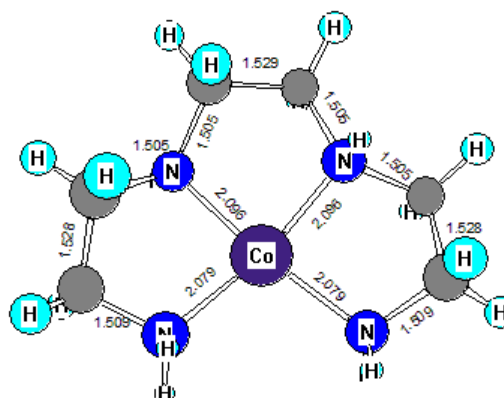


Рис. 5 Длины связей молекулы $[\text{CoTrien}]^{2+}$ мультиплетность 4, Å

Таблица 1

	$[\text{CoTrien}]^{2+}$, мультиплетность 2	$[\text{CoTrien}]^{2+}$, мультиплетность 4
ΔE	-1840,441433	-1840,432657

Комплекс $[\text{CoTrien}]^{2+}$ с мультиплетностью 2 на 5,5 ккал/моль является более устойчивым чем $[\text{CoTrien}]^{2+}$ с мультиплетностью 4. Можно предположить, что устойчивость этих комплексов практически одинаковая.

Далее методом функционала плотности B3LYP в базисе 6-31G(d) было рассчитаны длины связей и валентные углы в молекуле $[\text{CoTrien}]^{3+}$ с мультиплетностью 1,3, геометрические параметры которых представлены на рисунках 6–11.

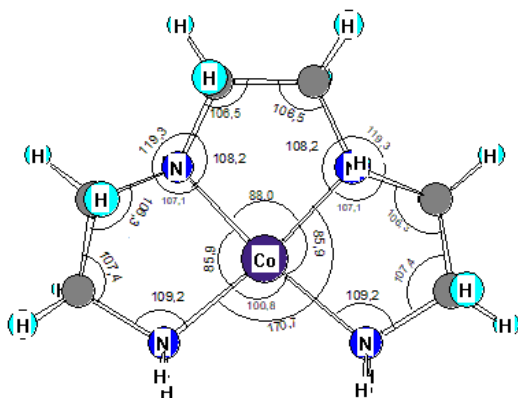


Рис. 6. Валентные углы в молекуле $[\text{CoTrien}]^{3+}$, мультиплетность 1, Å

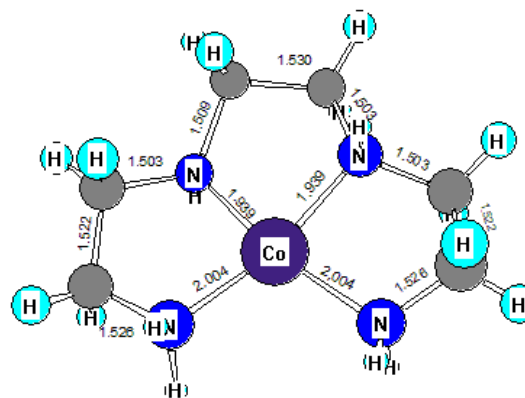


Рис. 7. Длины связей молекулы $[\text{CoTrien}]^{3+}$, мультиплетность 1, Å

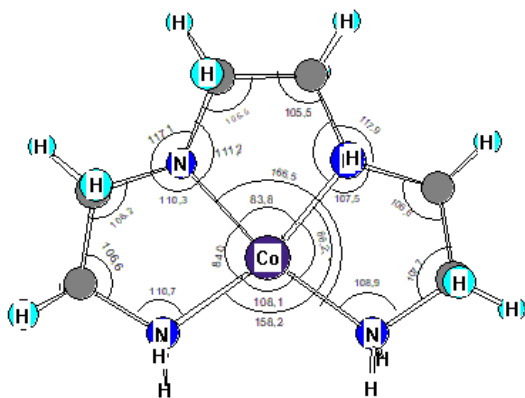


Рис. 8. Валентные углы в молекуле $[\text{CoTrien}]^{3+}$ мультиплетность 1, Å

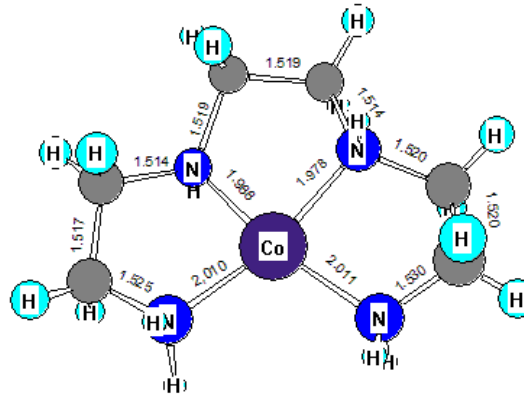


Рис. 9. Длины связей молекулы $[\text{CoTrien}]^{3+}$ мультиплетность 3, Å

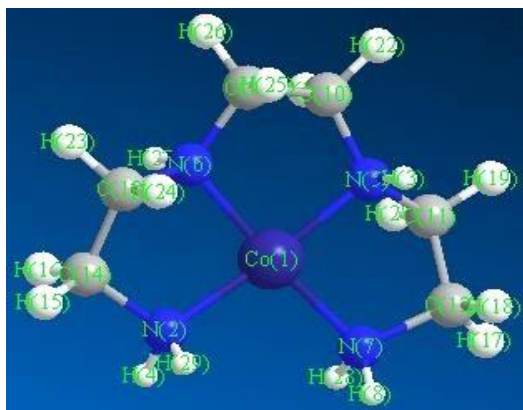
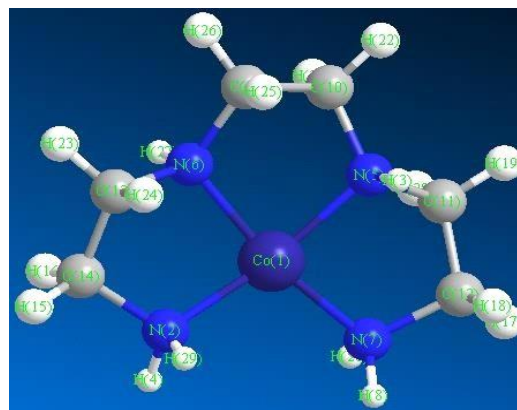
Рис. 10. Пространственное строение $[\text{CoTrien}]^{3+}$, мультиплетность 1, ÅРис.11. Пространственное строение $[\text{CoTrien}]^{3+}$, мультиплетность 3

Таблица 2

	$[\text{CoTrien}]^{3+}$ с мультиплетностью 1	$[\text{CoTrien}]^{3+}$ с мультиплетностью 3
ΔE	-1839,793342	-1839,845348

В данном комплексе устойчивее будет $[\text{CoTrien}]^{3+}$ с мультиплетностью 3, его устойчивость на 32,63 ккал/моль больше. Можно предположить, что стабильность комплексного катиона $[\text{CoTrien}]^{3+}$ с мультиплетностью 1 ниже в связи с тем, что комплексная частица имеет форму искаженного тетраэдра, с углами N-Co-N, которые попарно равны, что обусловлено сильным влиянием пар электронов в комплексообразователе. При оптимизации геометрии комплексной частицы с мультиплетностью 3 убирается одна пара электронов, что уменьшает напряжение в молекуле и перераспределяет величины углов N-Co-N между атомами в молекуле, что приводит к увеличению устойчивости комплексного катиона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафронова Л. А., Корниенко Т. К., Шуб Г. М., Шебалдова А. Д. Синтез и антибактериальная активность комплексов палладия и кобальта с замещенными фуранами // Химико-фармацевтический журнал. 2000. Т. 34. № 9. С. 22–23.

Анализ пылеудерживающей способности листьев древесных арстений в насаждениях г. Йошкар-Олы

Алябышева Е. А.

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

Ежедневно в мире выбрасывается в атмосферу примерно 200–250 млн т пыли, поэтому ее осаждение является важным источником поступления техногенных веществ на земную поверхность и может в десятки раз превышать поступление элементов с атмосферными осадками.

Количество улавливаемой пыли зависит от многих факторов: высоты и плотности посадки, видового состава, морфологии листьев и их физиологического состояния, метеорологических условий, а также характеристик самой пыли. На шероховатых, опушенных или выделяющих смолистые вещества листьях пыли задерживается больше, чем на гладких. Мелкие листья обычно лучше осаждают частицы пыли, чем крупные. В центре кроны осаждается до 30 % всех частиц по сравнению с ее периферийной частью [3; 7; 8; 9]. Осевшие на листьях и побегах пылевидные частицы опадают при колебании, сдуваются ветром или смываются осадками. Количество удаляемых частиц уменьшается с повышением шероховатости, гофрированности или бугристости листовой пластинки. Осевшие на них частицы обычно удерживаются прочно и полностью, не смываясь самым продолжительным дождем. С листьев, имеющих ровную глянцевитую поверхность, они легко удаляются [5].

О. В. Чернышенко и другие авторы, изучая пылеудерживающую способность растений, установили, что листья древесных растений задерживают 20–40 % валового количества выпадающей пыли, что составляет 1,2–3,2 г/м² листовой поверхности. Наибольшей пылефильтрующей способностью обладает береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Установлено, что широколиственные породы в городе осаждают до 30 % и хвойные до 42 % выпавшей пыли. Ее количество, оседающее на древесные растения, составляет 3,9–9,9 г/м² [6; 9].

Значительной способностью к улавливанию аэрозолей и пыли обладают вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), шелковица черная (*Morus nigra* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), бузина черная (*Sambucus nigra* L.). Кроны елей обыкновенных (*Picea abies* (L.) H. Karst.) на одном гектаре насаждений задерживают в год до 32 т пыли, сосны – до 36, дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) – до 56, бука европейского (*Fagus sylvatica* L.) – до 63 т, в среднем хвойные породы – 40, а лиственные – около 100 т. В течение вегетационного периода деревья уменьшают запыленность воздуха на 42 %, в безлиственный период – на 37 %. Согласно правилам озеленения в радиусе до 500 м от источника загрязнения рекомендуются посадки тополей канадского (*Populus deltoids* Marsh.) и бальзамического (*Populus balsamifera* L.), липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill), ивы белой (*Salix alba* L.), бузины красной (*Sambucus racemosa* L.) и жимолости татарской (*Lonicera tatarica* L.) [1; 8].

Рядом исследователей установлено, что городские насаждения шириной 5 м, примыкающие непосредственно к автомагистралям, задерживают 40–45% выпадающих пылевых частиц, а при ширине 25 м – до 70 %. Максимальный эффект пылеочистения растительностью достигается при помощи искусственных насаждений шириной 10–30 [3; 7; 8; 9].

Цель исследования – определить локальные участки запыленности в жилой зоне г. Йошкар-Олы и оценить участие городских зеленых насаждений в снижении содержания пыли в атмосферном воздухе.

Исследования проводили в г. Йошкар-Ола на ул. Машиностроителей, ул. Красноармейской и ул. Водопроводной в период с 16.30 до 17.30 ч. Определение массовой концентрации пыли проводили с помощью анализатора пыли ИКП-5.

Интенсивный рост численности парка автомобилей, низкий уровень экологической безопасности конструкции транспортных средств, объектов автотранспортной и придорожной инфраструктуры, используемых материалов, техническое состояние автомобилей, несоблюдение регламентов и низкое качество проведения технического обслуживания и ремонта, приводят к обострению проблем воздействия автотранспорта

на окружающую среду в городах и на автомобильных дорогах. Кроме того, в составе пыли городов и пригородов, особенно вблизи придорожных территорий присутствуют очень мелкие частицы, отделяющиеся от шины при движении по асфальтобетонному покрытию [2].

Анализ уровня запыленности трех автомагистралей г. Йошкар-Олы показал, что наибольшая концентрация пыли была обнаружена на ул. Машиностроителей, на втором месте – ул. Водопроводной, а на третьем – ул. Красноармейская (рис. 1). Однако содержание взвешенных веществ в атмосферном воздухе было ниже ПДК_{м.р.} (0,5 мг/м³).

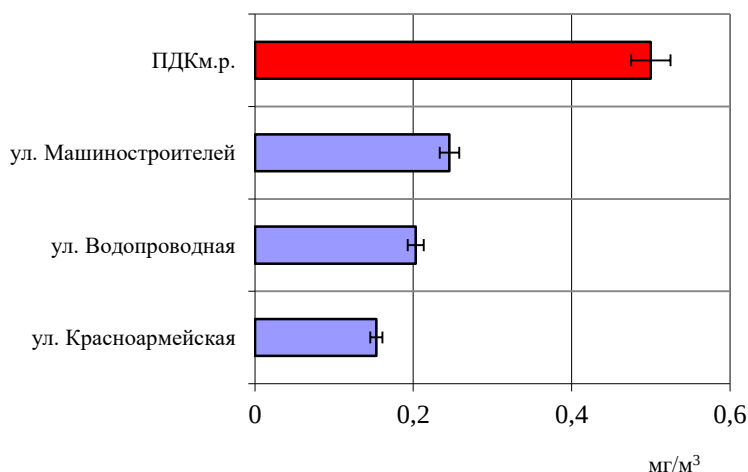


Рис. 1. Уровень запыленности жилой зоны г. Йошкар-Олы

Зеленые насаждения задерживают от 20 до 80 % пыли. Способность задерживать пыль у различных пород неодинаковая. Запыленность воздуха под деревьями меньше, чем на открытом месте в среднем на 42 % в период вегетации и на 37 % в безлистное время. На 1 м² площади листьев задерживается от 1,5 до 10 г пыли [1; 4].

В ходе наших исследований было установлено, что вдоль автомагистрали по ул. Машиностроителей имеются придорожные полосы, состоящие из многорядовых посадок древесных растений. Здесь встречаются как хвойные, так и листопадные деревья, высотой 15–20 м, с густой или раскидистой кроной, однако их плотность различна. Так, на листьях древесных растений задерживалось от 0,012 до 0,098 мг пыли (рис. 2).

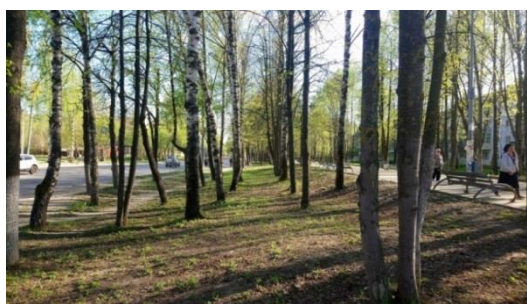


Рис. 2. Шестирядные многовидовые посадки деревьев на ул. Машиностроителей

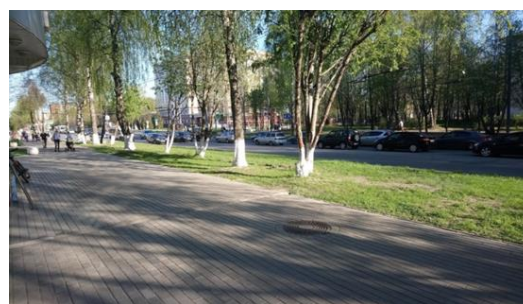


Рис. 3. Однорядовые двухвидовые посадки деревьев на ул. Красноармейская



Рис. 4. зеленые насаждения на ул. Водопроводная

Гораздо меньше задерживали пыль растения, произрастающие на участке ул. Красноармейская от 0,001 до 0,015 мг. Здесь придорожные полосы были представлены однорядными посадками деревьев березы повислой, липы мелколистной, сирени обыкновенной, клена остролистного (*Acer platanoides* L.), рябины обыкновенной (рис. 3).

По сравнению с предыдущим районом исследования, придорожные полосы по ул. Водопроводная эффективнее задерживали пылевые частицы на поверхности листьев – 0,005-0,021 мг. Здесь нами были обнаружены следующие деревья: береза повислая, липа мелколистная, сирень обыкновенная и рябина обыкновенная (рис. 4).

Согласно рекомендации, разработанных Министерством транспорта РФ (1995) для защиты от пыли рекомендуются двухрядные плотные посадки деревьев с низким штамбом и густой кроной и одного ряда кустарников высотой 1,5 м. Такая конструкция пылезащитной полосы при расположении от дороги на расстоянии 5–20 м задерживает до 80–90 % пыли. В связи с тем, что травяная растительность хорошо задерживает пыль, ее следует сохранять в полосе отвода, как перед полосой защиты, так и между ее рядов. Зеленые насаждения следует предусматривать из видов растений местной флоры, наиболее устойчивых к воздействию пыли.

Таким образом, атмосферный воздух г. Йошкар-Олы характеризовался невысоким уровнем запыленности. Придорожные полосы были представлены одно-, двух- или многорядными посадками, состоящими из лиственных, реже хвойных древесных растений, высотой 15–20 м. Наибольшей пылеудерживающей способностью характеризовались растения, произрастающие на ул. Машиностроителей (*Betula pendula* Roth., *Tilia cordata* Mill., *Sorbus aucuparia* L., *Picea abies* (L.) H. Karst.), а наименьшей – на ул. Красноармейской.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеева Е. А., Казанцева М. Н. Оценка пылеудерживающей способности листьев деревьев и кустарников в насаждениях г. Тюмени // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. Вып. 31. С. 88–91.
2. Барикаева Н. С., Николенко Д. А. Исследование запыленности городской среды вблизи автомобильных дорог // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 11 (133). С. 75–78.
3. Бухарина И. Л., Поварнищина Т. М., Ведерников К. Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде : монография. Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. 216 с.
4. Дончева-Бонева М. Воздействие токсических газов на содержание пигментов в хвое сосны обыкновенной // Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы: матер. междунар. науч. конф. М. : МГУЛ, 1996. С. 56–57.
5. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. М. : Гидрометеоиздат, 1984. 560 с.
6. Любовская А. Я., Виноградова О. Н. Селекционная оценка древесных растений, применяемых для озеленения. М., 1983. 128 с.
7. Неверова О. А. Поглощительная способность древесных растений как средство оптимизации среды промышленного города // Экология пром. производства. 2002. № 1. С. 2–8.
8. Неверова О. А., Колмогорова Е. Ю. Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты. Новосибирск: Наука, 2003. 222 с.
9. Чернышенко О. В. Древесные растения в экстремальных условиях города // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: науч. труды. М. : МГУЛ, 2001. Вып. 307 (1). С. 140–146.

Определение активности фермента каталазы у краснокнижного вида Астрагала серповидного

Андреева Ю. С., Арсаева К. В., Павлова С. В., студ. 3 курса

Науч. рук. – Воскресенская О. Л., доктор биол. наук, профессор

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
arsaeva_kristina@mail.ru, YUliya.SHToff@mail.ru, sonap952@gmail.com

Астрагал серповидный (*Astragalus falcatus* Lam.) – многолетнее травянистое растение 40–85 см высотой. Стебли прямостоячие, мелкобороздчатые, опушенные прижатыми черными и белыми волосками. Листья непарноперистые, с 9–20 парами продолговатых, остроконечных листочков. Прилистники ланцетные, острые. Соцветие – рыхлая кисть, цветонос равный длине листа или превышающий его. Цветки поникающие, на коротких ножках. Чашечка колокольчатая. Венчик зеленовато-желтый. Плод – боб. Бобы повисающие, линейно-продолговатые, саблевидные или серповидные, молодые густоопушенные, по созревании оголяющиеся, 17–22 мм длиной (рис. 1).



Рис. 1. Астрagal серповидный: внешний вид

A. falcatus – европейско-западносибирский лесостепной вид. Распространен в Европе и Азии. В России встречается на востоке Европейской части, на Кавказе, на юго-западе Западной Сибири. В Республике Марий Эл обнаружен в нескольких местообитаниях в Мари-Турекском районе (близ п. Наргас, д. Мари-Биямор). Растет по остепненным склонам, на разнотравных лугах, на опушках сосновых и смешанных с сосной лесов, в молодых злаково-разнотравных сосняках. Предпочитает южные и юго-западные склоны к долинам рек. Высокого обилия и жизненности достигает на открытых мелкощебнистых участках из мергеля и известняка. Тяготеет к освещенным местообитаниям, хорошо переносит засушливые условия склонов. Цветет – в июне-начале июля, плоды созревают в конце июля – в начале августа. Размножается вегетативно, реже семенами [1; 2].

Важная роль в обмене веществ отводится ферменту каталазе, которая широко распространена в растениях. Каталаза является двухкомпонентным железосодержащим ферментом, состоящим из белка и соединенной с ним простатической группой. Сущность каталитического действия фермента состоит в разложении перекиси водорода с выделением молекулярного кислорода. В живой клетке основными поставщиками перекиси водорода являются флавопротеиновые ферменты, неспособные сами ее разлагать. Каталаза относится к числу ферментов с наиболее высоким числом оборотов (за 1 секунду она расщепляет 44 000 молекул). Данный фермент является одним из самых активных энзимов в природе, играющих важную роль в процессах адаптации организма к стресс-факторам [3].

Цель исследования – проведение сравнительного анализа активности фермента каталазы в листьях проростков *A. falcatus*, выращенных в лабораторных условиях на почвах, взятых в зоне прохождения магистрального нефтепровода «Холмогоры-Клин», а также на почвах вблизи МН, в зоне новой посадки данного вида растений.

Сбор семян проводили в полосе отвода объекта «Магистральный нефтепровод Холмогоры-Клин» участок р. Вятка-Лазарево в Мари-Турекском районе. Осенью был проведен сбор плодов редкого вида растений *A. falcatus*, занесенного в Красную книгу Республики Марий Эл. Важной составляющей проведенных исследований является описание данного вида растений, его эколого-физиологические особенности, специфика строения и морфологии плодов и семян, условия для их проращивания.

Определение содержания фермента каталазы осуществляли титриметрическим методом. Принцип метода определения активности каталазы основан на учете количества кислорода, выделяющегося при разложении перекиси водорода, единицы измерения $\text{мл O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$ [4]. Данный фермент обладает высокой информативностью и чувствительностью, что позволяет его использовать в экологическом мониторинге.

Весной 2024 г. в лабораторных условиях был проведен посев семян *A. falcatus* в бумажные стаканчики (метод горшечных культур), заполненных землей, взятой с территории их естественного ареала произрастания в зоне МН «Холмогоры – Клин» (1 вариант). А также произвели посев семян в почву, взятую с мест новой посадки растений на некотором удалении от нефтепровода (2 вариант).

Как показали наши результаты по исследованию почв, в районе проведения работ рельеф по преимуществу более расчлененный, сложен породами татарского яруса верхней перми с большим участием песчаников, песков, супесей и конгломератов. Почвы дерново-подзолистые суглинистые на пермских глинах и суглинках; занимают чаще всего плато и верхние части склонов. Пятнами на склонах и пониженных участках, тяготеющих к долинам рек, встречаются дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы [5].

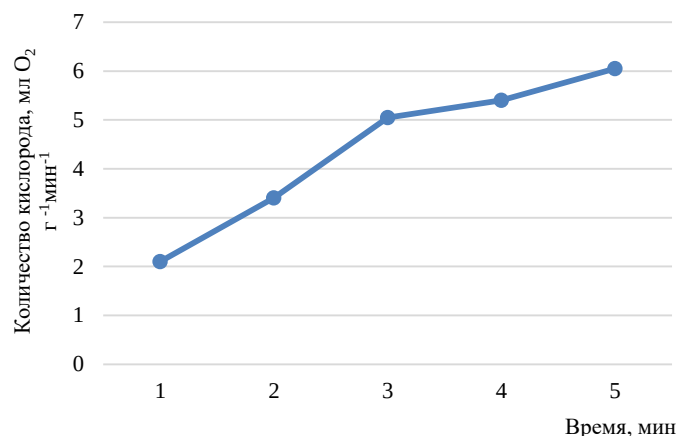


Рис. 2. Определение каталазы *A. falcatus*, выращенных на почвах с магистрального нефтепровода (1 вариант)

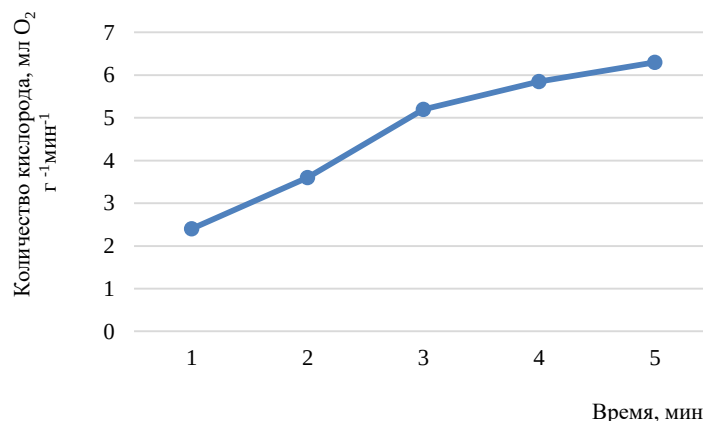


Рис. 3. Определение каталазы, выращенных на почвах новой посадки плодов *A. falcatus* (2 вариант)

Как показали результаты нашей работы (рис. 2, 3) по динамике изменения активности фермента во времени, активность каталазы в проростках *A. falcatus* начиналась с первой минуты эксперимента и составила 2,1 мл O₂ · г⁻¹ · мин⁻¹. В дальнейшем (через каждую минуту) происходило увеличение активности фермента в среднем на 50% и к 5-й минуте эксперимента составила 6,5 (1 вариант) и 6,3 (2-й вариант) мл O₂ · г⁻¹ · мин⁻¹. Разница между вариантами опыта была статистически недостоверна. Следовательно, сходная тенденция изменения активности каталазы наблюдалась в обоих вариантах опыта. Это говорит о том, что почвы, используемые для пересадки растений в новые места обитания аналогичны почвам с зоны влияния магистрального нефтепровода Холмогоры-Клин.

Изменение активности каталазы является в некоторой степени показателем реакции растительного организма на комплекс экологических воздействий, изменение ее качества связывают с биологическими особенностями растений, а активности – с защитной функцией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красная книга Республики Марий Эл. Растения. Грибы / Л. В. Рыжова, О. В. Жукова, Ю. Г. Суетина, Г. А. Богданов, Г. П. Урбанавичус, М. В. Бекмансуров; под. ред. О. Г. Барановой, Л. В. Рыжовой, Ю. Г. Суетиной. Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2023. 352 с.
2. Красная книга Республики Марий Эл. Том «Растения. Грибы» / Сост. Г. А. Богданов, Н. В. Абрамов, Г. П. Урбанавичус, Л. Г. Богданова. Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2013. 324 с.
3. Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты / Е. Б. Меньщикова, В. З. Ланкин, Н. К. Зенков, И. А. Бондарь, Н. Ф. Круговых, В. А. Труфакин. М. : Фирма «Слово», 2006. 556 с.
4. Воскресенская О. Л., Грошева Н. П., Скочилова Е. А. Физиология растений: учебное пособие / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2008. 148 с.
5. Эколого-географический атлас Республики Марий Эл / Е. А. Гончаров и др., 2002. URL: <https://xn--12-glci9b.xn--p1ai/atlas/> (дата обращения 30.04.2024).

**Морфологические особенности особей и экологические предпочтения
репешка пасконного и репешка волосистого**

Андреева Ю. С., студ. 3 курса

Науч. рук. – Османова Г. О., д-р. биол. наук, проф.

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

Семейство Розовые (Rosaceae) одно из ведущих семейств цветковых растений. Среди представителей этого семейства немало полезных растений, в том числе лекарственных.

Объектом исследования выбраны два вида репешков (*Agrimonia*) – репешок пасконный (*Agrimonia eupatoria* L.) и репешок волосистый (*Agrimonia pilosa* Ledeb.) – многолетние стержнекорневые травянистые растения. Внешне оба вида похожи, но есть отличия в морфологических признаках.

Принципиальное отличие обоих видов заключается в характере опушения. Стебель у *A. eupatoria* прямостоячий шершаво-волосистый высотой от 30 до 120 см. У *A. eupatoria* стебли и черешки листьев покрыты густо сидящими длинными жестковатыми и более короткими курчавыми волосками. Листья сверху с короткими прижатыми волосками, снизу бархатисто-серовато-пушистые, листочки продолговатые или эллиптические, до основания зубчатые. Наружные шипики гипантия горизонтально оттопырены или слегка отогнуты к основанию. Цветки золотисто-желтые, собраны в длинную густую колосовидную кисть. Репешок пасконный произрастает на лугах, опушках, полянах, в зарослях кустарников, светлых лесах, на обочинах дорог, рудеральных местообитаниях [1].

Репешок волосистый в отличие от репешка пасконного растение более высокое от 50 до 150 см. Волоски на стебле и на черешках листьев у *A. pilosa* длинные оттопыренные. Листья сверху голые, снизу только по жилкам жестковолосистые, листочки продолговато-ромбические или ланцетовидные с клиновидным основанием, в нижней половине без зубцов. Наружные шипики гипантия при плодах направлены к верхушке и сходятся в виде конуса. Цветки золотисто-желтые, собраны в длинную кисть.

Репешок волосистый встречается на лугах, опушках, полянах, в зарослях кустарников, лиственных и хвойных лесах, обочинах дорог, рудеральных местообитаниях [1].

Оба вида обладают приятным запахом, цветут в июне-июле.

На территории Республики Марий Эл встречается преимущественно в правобережье Волги, в Горномарийском районе на сухих склонах оврагов, между кустарниками [2]. По данным Н. В. Абрамова [3] *A. eupatoria* встречается на всей территории республики.

Фармакопейным видом является *A. eupatoria*. Лекарственным сырьем *A. eupatoria* является трава, которую собирают во время цветения. В народной медицине репешок применяют для лечения ревматизма, геморроя, при расстройствах функций кишечника, воспалениях слизистой оболочки верхних дыхательных путей. Внутрь принимают чай из травы с медом, наружно – компресс или примочку из отвара [2].

С использованием подходов Л. А. Жуковой с соавт. (2010) нами проанализированы экологические предпочтения *A. eupatoria* и *A. pilosa*, а именно потенциальная экологическая валентность и индекс толерантности. Для анализа мы использовали экологические шкалы Д. Н. Цыганова (1983): климатические – термоклиматическая шкала (Тм), шкала континентальности климата (Кн), омброклиматическая шкала аридности-гумидности (Om), криоклиматическая шкала (Cr) и почвенные шкалы – увлажнения почв (Hd), солевого режима (Tr), богатства почв азотом (Nt), кислотности почв (Rc) и шкалу освещенности-затенения (Lc).

Согласно Л. А. Жуковой с соавт. (2010) потенциальная экологическая валентность (PEV) – это мера приспособленности популяций конкретного вида к изменению только одного экологического фактора. Поэтому потенциально возможную экологическую позицию вида можно оценивать диапазоном значений конкретного экологического фактора, в пределах которого популяции вида могут существовать. Потенциальная экологическая валентность рассчитывается как отношение числа баллов конкретной шкалы, занятой данным видом, к общей протяженности шкалы в баллах [4].

В основе распределения видов по фракциям валентности лежит экспертная оценка, согласно которой стеновалентными считаются виды, занимающие менее 1/3 шкалы, эвривалентными – более 2/3 шкалы, остальные виды – мезовалентные. Последние могут быть разделены на гемистено-, мезо- и гемиевривалентные фракции.

Соотнесение суммы потенциальных экологических валентностей конкретного вида с числом шкал с учетом того, что вклад каждой шкалы равен единице, дает меру стеноэврибионтности или индекс толерантности этого вида (I_t).

Результаты экологических предпочтений *A. eupatoria* и *A. pilosa* представлены в таблице 1.

Согласно данным (табл. 1) *A. eupatoria* и *A. pilosa* по термоклиматическому фактору находятся в бореальной, суббореальной, неморальной и субсредиземноморской зонах. *A. eupatoria* может произрастать на почвах от очень бедных до бедных азотом и богатых слабокислых и нейтральных почвах с полупустынным, сухо-/среднестепным и луговым увлажнением. *A. pilosa* предпочитает довольно богатые и богатые почвы с лугово-степным, сухолесолуговым и влажно-лесолуговым увлажнением. По факторам богатства почв азотом, кислотности почв и переменности увлажнения данные для *A. pilosa* у Д. Н. Цыганова (1983) отсутствуют [5]. Оба вида могут обитать как в светлых, так и в тенистых лесах.

Таблица 1

Потенциальная экологическая валентность (PEV) и индекс толерантности (I_t)
Agrimonia eupatoria и *Agrimonia pilosa*

Экологические шкалы*	<i>Agrimonia eupatoria</i>			<i>Agrimonia pilosa</i>		
	Позиция вида по шкале фактора	PEV	I_t	Позиция вида по шкале фактора	PEV	I_t
Tm (1–17)	5–13	0,53 МВ	0,60 ГЭБ	6–12	0,41 ГСВ	0,50 МБ
Kn (1–15)	3–13	0,73 ЭВ		8–15	0,53 МВ	
Om (1–15)	3–11	0,60 ГЭВ		5–11	0,47 МВ	
Cr (1–15)	5–12	0,53 МВ		3–11	0,60 ГЭВ	
Hd (1–23)	7–15	0,39 ГСВ	0,37 ГСБ	9–13	0,22 СВ	0,24 СБ
Tr (1–19)	5–11	0,37 ГСВ		5–9	0,26 СВ	
Nt (1–11)	3–7	0,45 ГСВ		-	-	
Rc (1–13)	7–11	0,38 ГСВ		-	-	
fH (1–9)	7–9	0,27 СВ		-	-	
Lc (1–11)	3–7	0,56 МВ	0,56 МБ	3–7	0,56 МВ	0,56 МБ

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 – гемизэвривалентный, ЭВ – эвривалентный, СБ – стенобионтный, МБ – мезобионтный, ГСБ – гемистенобионтный, ГЭБ – гемизэврибионтный, PEV – потенциальная экологическая валентность, I_t – индекс толерантности.

Анализ потенциальной экологической валентности показал, что по термоклиматическому, криоклиматическому фактору и фактору освещенности-затенения *A. eupatoria* – мезовалентен, по фактору континентальности климата – эвривалентен, по переменности увлажнения – стеновалентен, а по остальным факторам – гемистеновалентен (табл. 1). Репешок волосистый мезовалентен по факторам 3-х шкал – континентальности климата, омброклиматическому и освещенности-затенения. По двум факторам (увлажнению и солевому режиму почв) *A. pilosa* имеет узкий диапазон возможностей – он стеновалентен, и еще по двум факторам (термоклиматическому и криоклиматическому) – гемистеновалентен. Индекс толерантности для *A. eupatoria* по климатическим (0.60) и почвенным (0.37) факторам характеризуют этот вид как гемизэврибионтный и гемистенобионтный соответственно. По климатическим факторам *A. pilosa* согласно значению индекса толерантности является мезобионтным видом, а по двум факторам почвенных шкал – стенобионтным.

Таким образом, можно отметить, что оба вида могут произрастать в одинаковых по освещенности условиях, предпочитая как светлые, так и тенистые леса. По комплексу почвенных факторов *A. eupatoria* и *A. pilosa* имеют узкие диапазоны экологических предпочтений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Флора СССР. В 30 т. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1941. Т. X. С. 413–414.
2. Подымов А. И., Суслов Ю. Д. Лекарственные растения Марийской АССР. Йошкар-Ола: Марийское книжное изд-во, 1990. 192 с.
3. Абрамов Н. В. Конспект флоры Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: МарГУ, 1995. 192 с.
4. Жукова Л. А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография / Л. А. Жукова, Ю. А. Дорогова, Н. В. Турмухаметова [и др.]; под общ. ред. проф. Л. А. Жуковой; Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2010. 368 с.
5. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

Содержание тяжелых металлов в воде реки Малая Кокшага

Анкудинова Е. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Скочилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ankudinova.2001@list.ru

Вода является одним из самых ценных природных ресурсов, без которого человек не может существовать. В настоящее время на водоемы действует большая антропогенная нагрузка. Выделяют несколько основных загрязнителей: физические, химические и биологические [4].

Наиболее повсеместным и опасным является химическое загрязнение [1]. Самой распространенной группой опасных химических веществ являются тяжелые металлы. Их появление обусловлено развитием водоемких промышленных технологий. Тяжелые металлы не подвержены механизмам самоочищения и не полностью удаляются в процессе биологической очистки сточных вод. Тем самым оставляя негативные последствия повсюду [3]. Целью данного исследования является определение содержания тяжелых металлов в пробах реки Малая Кокшага.

Река Малая Кокшага является левым притоком р. Волги и относится к наиболее крупным рекам республики Марий Эл. Общее протяжение реки 219 километров, из них 15 километров она протекает в черте г. Йошкар-Олы. Малая Кокшага является излюбленным местом отдыха жителей города, где они проводят время. Однако в воды реки Малая Кокшага совершается сброс сточных вод с очистных сооружений, расположенных в черте города.

Для проведения исследования отбирали пробы воды каждый месяц в течение 1 года в следующих точках реки Малая Кокшага: в месте сброса, 500 м выше и 500 м ниже сброса. Выпуск очищенных сточных вод осуществляется в водный объект промышленной зоны в 150 м выше от железнодорожного моста по течению реки. Отбор проб также осуществляется на очистных сооружениях через водоизмерительный лоток. Выше сброса проба взята в рекреационной зоне пляжа микрорайона Ширяйково. В ходе исследования в ОСК г. Йошкар-Олы проводили измерения массовых концентраций общего железа фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой, меди и цинка методом инверсионной вольтамперометрии. Полученные данные были обработаны статистически. Проводили двухфакторный депрессионный анализ и множественное сравнение.

В сточных водах городских очистных сооружений тяжелые металлы постоянно присутствуют и не полностью удаляются в процессе биологической очистки. Железо в малых количествах является необходимым элементом для животных и растений, но в больших концентрациях оно может привести, например, к отравлению людей или ухудшению органолептических показателей водоема. Предельно допустимая концентрация железа для водных объектов рыбохозяйственного значения составляет 0,1 мг/дм³. На основании данных, представленных на рисунке 1, можно сделать вывод, что во всех трех местах отбора проб во все сезоны значения показателя превышают значение ПДК.

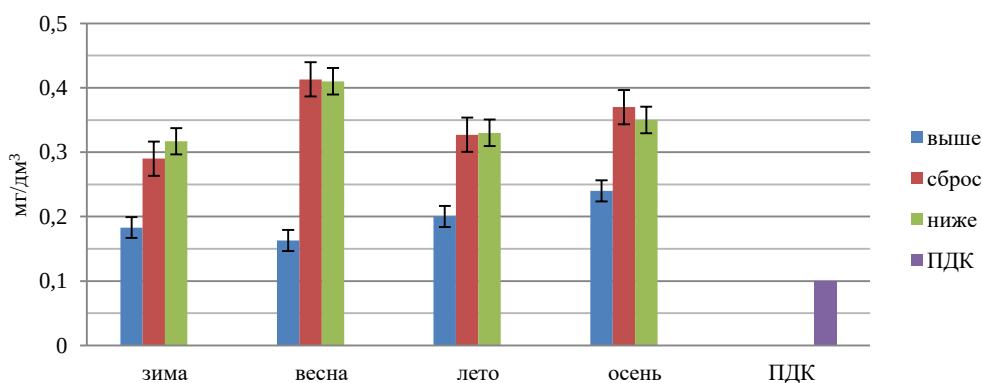


Рис. 1. Результаты измерения общего железа в пробах воды, отобранных в реке Малая Кокшага

Пробы воды, взятые весной в месте сброса и 500 м ниже сброса в 4,1 раза выше значения ПДК и в 2,6 раза выше, по сравнению с 500 м выше сброса. Высокая концентрация железа общего в весенний период может быть вследствие таяния снегов. В зимний период показатели содержания исследуемого металла в пробах воды значительно меньше относительно весеннего периода. Содержание концентрации железа общего в пробе воды 500 м ниже сброса в 1,8 раза больше, чем в пробе воды 500 м выше сброса. Это показывает, что место сброса очищенных сточных вод и внешние факторы оказывают большое влияние на качество воды. 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 малоприспособленной для технических нужд [2].

Из результатов двухфакторного дисперсионного анализа видно, что место отбора проб является статистически значимым, достоверной разницы по временам года не наблюдается (табл. 1).

Таблица 1

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по содержанию железа общего в пробах воды, отобранных в р. Малая Кокшага

Одномерный критерий значимости для железа мг/дм^3 (Таблица данных1) Сигма-ограниченная параметризация Декомпозиция гипотезы					
	SS	Степени - свободы	MS	F	p
Св. член	3,244802	1	3,244802	194,3933	0,000001
Место отбора	0,184494	2	0,092247	5,5264	0,010613
Время года	0,024074	3	0,008025	0,4807	0,698726
Место отбора*время года	0,025164	6	0,004194	0,2513	0,953990
Ошибка	0,400607	24	0,016692		

Медь используется для производства различных видов продукции в виде различных сплавов. Основным источником поступления металла в природные воды являются сточные воды предприятий химической, металлургической промышленности и др. Предельно допустимая концентрация меди для водных объектов рыбохозяйственного значения составляет $0,001 \text{ мг/дм}^3$. На основании данных, представленных на рисунке 2, можно сказать, что лишь в некоторых пробах, отобранных в реке Малая Кокшага, наблюдается превышение ПДК.

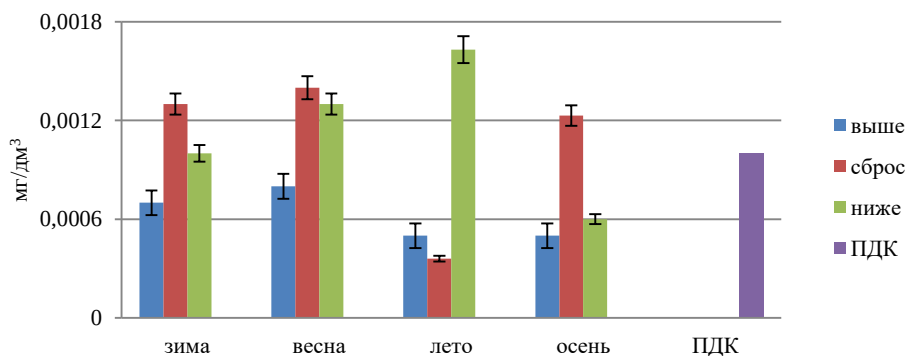


Рис. 2. Результаты измерения меди в пробах воды, отобранных в реке Малая Кокшага

Концентрация содержания меди в пробах воды, взятых во все времена года 500 м выше сброса, соответствуют ПДК. Значительное увеличение содержания концентрации меди в отобранных пробах воды приходится на летний сезон в точке 500 м ниже сброса. В зимний, весенний и осенний периоды обнаружены превышения показателя содержания меди в пробах воды в месте сброса. Также весенний период характеризуется большим содержанием меди в пробах воды, взятых 500 м ниже сброса. Это может быть вследствие ливневых стоков и таяния снега, так как поступающая вода из канализаций и с поверхности земли не проходит никаких этапов очистки. Поверхностный сток содержит в себе все виды загрязнителей: смытая почва, биогенные вещества, дорожная соль, токсичные вещества, входящие в состав отработанных газов, машинное масло и др. При статистической обработке данных с использованием двухфакторного дисперсионного анализа место отбора проб является статистически значимым (табл. 2).

Таблица 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по содержанию меди в пробах воды, отобранных в р. Малая Кокшага

Одномерный критерий значимости для медь мг/дм ³ (Таблица данных1) Сигма-ограниченная параметризация Декомпозиция гипотезы					
	SS	Степени - свободы	MS	F	p
Св. член	0,000055	1	0,000055	186,5183	0,000001
Место отбора	0,000005	2	0,000003	8,7258	0,001419
Время года	0,000001	3	0,000000	1,1541	0,347672
Место отбора*время года	0,000001	6	0,000000	0,5345	0,776672
Ошибка	0,000007	24	0,000000		

Одной из причин появления цинка в сточных водах является использование этого металла в различных промышленных целях. Он широко используется для покрытия металлических изделий, включая трубы, кабели, металлические конструкции и прочее. В природных водоемах цинк появляется в результате дождей, таяния снегов или льда. Высокое содержание в воде этого тяжелого металла вызывает изменение показателей водной флоры и фауны, а также нарушение водных экосистем. Предельно допустимая концентрация цинка для водных объектов рыбохозяйственного значения составляет 0,01 мг/дм³. На основании данных, представленных на рисунке 3, можно сделать вывод, что наибольшая концентрация цинка выявлена в пробах воды, отобранных в месте сброса.

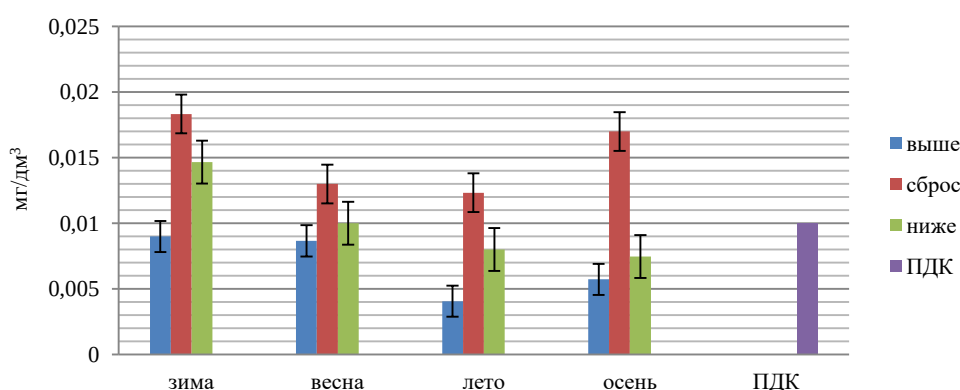


Рис. 3. Результаты измерения цинка в пробах воды, отобранных в реке Малая Кокшага

Содержание цинка находится в предельно допустимых концентрациях в пробах воды, отобранных 500 м выше и 500 м ниже сброса. В зимний период концентрация цинка в пробе 500 м ниже сброса является самой большой относительно других времен года. В местах сброса наиболее высокий показатель содержания цинка, что показывает негативное влияние очищенных сточных вод МУП «Водоканал» на химический состав реки Малая Кокшага. Время года и место отбора проб являются статистически значимыми факторами (табл. 3).

Таблица 3

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по содержанию цинка в пробах воды, отобранных в р. Малая Кокшага

Одномерный критерий значимости для цинк мг/дм ³ (Таблица данных1) Сигма-ограниченная параметризация Декомпозиция гипотезы					
	SS	Степени - свободы	MS	F	p
Св. член	0,004485	1	0,004485	760,7711	0,000001
Место отбора	0,000411	2	0,000206	34,8879	0,000001
Время года	0,000181	3	0,000060	10,2150	0,000160
Место отбора*время года	0,000120	6	0,000020	3,3833	0,014627
Ошибка	0,000141	24	0,000006		

Таким образом, наибольшее количество железа общего, меди и цинка обнаружено в воде в месте сброса, наименьшее – в 500 м выше сброса. Однако по железу общему выявлены превышения ПДК во всех точках и во все времена года. В месте сброса обнаружено всесезонное превышение ПДК по меди и цинку, исключение составило содержание меди в пробах воды летом. Также выявлены превышения по меди и цинку в пробе воды 500 м ниже сброса, по сравнению с ПДК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева М. В., Мелихова Е. В. Влияние промышленных сточных вод на состояние окружающей среды // Проблемы современных интеграционных процессов и пути их решения. 2017. Т. 2. С. 185–186.
2. Галимова А. Р., Тунакова Ю. А. Поступление, содержание и воздействие высоких концентраций металлов в питьевой воде на организм // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 20. С. 165–169.
3. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М., 2003. 512 с.
4. Лисовенко А. В., Ульяхина Н. А., Безруков М. Е. Анализ взаимосвязи токсичности сточных вод и их химического // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2007. № 23. С. 22–31.

Семенная продуктивность и всхожесть семян остролодочника волосистого в условиях Республики Марий Эл

Арсеева К. В., студ. 3 курса

Науч. рук. – Бекмансуров М. В., канд. биол. наук, доц.

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

Остролодочник волосистый (*Oxytropis pilosa* L.) – многолетнее стержнекорневое травянистое растение из семейства *Fabaceae*. Стебли прямостоячие или при основании восходящие, мохнатые от густого опушения из длинных белых волосков, высотой 20–50 см. Листья 5–10 см длиной, сложные, непарноперистые, с 7–14 парами продолговатых листочков (рис. 1). Цветки в густых, продолговатых многоцветковых кистях на длинных цветоносах, обычно превышающих по длине листья. Чашечка трубчато-колокольчатая, мохнатая. Венчик светло-желтый. Плод – боб, кожистый прямостоячий линейный. Распространен во многих регионах Европы и Азии. В России встречается в черноземной полосе Европейской части, на Кавказе, в Западной и Восточной Сибири. По мере продвижения на север становится редким, в основном заносным растением. В Республике Марий Эл встречается в восточных районах: Волжском, Куженерском, Мари-Турекском, Моркинском и Новоторъяльском. Вид включен в Красную Книгу республики и имеет статус редкого. Растет на полянах разреженных лесов, опушках и склонах, на выходах известняка. Обладает слабой конкурентной способностью, произрастает в сообществах со слабым развитием травяного покрова, с незначительным участием корневищных и дерновинных злаков. Предпочитает освещенные местообитания, хорошо переносит засушливые условия склонов. Цветет в мае-июле. Плоды созревают в июле-августе. Размножается семенами. Факторами, лимитирующими распространение *O. pilosa* на территории Марий Эл являются нахождение этого степного вида на северной границе ареала, низкая конкурентоспособность в сообществах и выпас скота [1].



Рис. 1. Остролодочник волосистый: внешний вид [1], плоды и семена

В официальной медицине *O. pilosa* не применяется, но в народной медицине используют траву этого растения (цветки, стебли и листья). *O. pilosa* считается природным антидепрессантом, обладающим седативными свойствами. Настой употребляется в качестве противовоспалительного средства, при неврозах, неврастении, лихорадке, вегетососудистой дистонии, при некоторых гинекологических заболеваниях [2].

Целью работы было изучение семенной продуктивности и всхожести семян остролодочника волосистого в условиях произрастания на северной границе ареала распространения. Плоды собирали в конце августа 2023 г. в окрестностях д. Лопово Мари-Турекского района Республики Марий Эл.

Общий объем выборки составил 1436 плодов. Число семян на один боб варьирует от 0 до 13. Из них примерно 1/3 – недоразвитые. Среднее количество семян на 1 боб составляет 1,75 и 0,89, соответственно.

Массу 1000 семян определяли по ГОСТ 12042–80 [3] с использованием аналитических весов AND HR-100AZ. Всхожесть семян оценивали согласно ГОСТ 12038-84 [4]. При этом удаляли все поврежденные и недоразвитые семена.

Для определения всхожести использовали 3 пробы по 30 семян, дезинфицируя их в марлевых мешочках в 1 % растворе KMnO₄. Семена раскладывали равномерно на расстоянии не менее 0,5 см друг от друга на чашки Петри с хорошо увлажненной фильтровальной бумагой. Семена выдерживали при постоянной температуре +22–+25°C. Через 12 дней провели подсчет. К всхожим относили семена, имеющие нормально развитый корешок размером не менее длины семени и росток, составляющий не менее длины семени. После завершения испытаний производили подсчет количества всходов и определили процент всхожести семян по формуле: (количество всходов / общее количество семян) * 100 %. Основные статистические показатели (среднее арифметическое, ошибка среднего, медиана, мода, минимальное и максимальное значение), полученные в результате проведенных исследований, обработаны с помощью приложения Microsoft Office Excel.

Нами было установлено, что в исследованной ценопопуляции на одном растении *O. pilosa* образуется от 0 до 70 плодов и в среднем составляет 43,4 на растении. Средняя масса 1000 семян – 0,28435 г., что существенно меньше, чем приводится в литературе (1,0447 г.) [5]. По-видимому, это обусловлено расположением ценопопуляции на северной границе ареала.

Из опубликованных данных известно, что семена *O. pilosa* обычно имеют нормальную всхожесть только после стратификации на протяжении 2-х месяцев [6]. В нашем случае для определения всхожести использовали 3 варианта эксперимента: 1) необработанные семена, 2) семена, прошедшие стратификацию в холодильнике на протяжении 2-х недель, 3) семена, скарифицированные наждачной бумагой. Всхожесть составила 6 %, 0 %, и 36 %, соответственно. После скарификации семена *O. pilosa* начинают прорастать значительно быстрее из-за улучшенного доступа к влаге и кислороду через поврежденную семенную кожуру.

Таким образом, скарификация позволяет существенно увеличить всхожесть семян и может быть рекомендована при трансплантации и реинтродукции этого редкого для республики вида. Низкая семенная продуктивность и всхожесть семян могут быть обусловлены условиями произрастания на северной границе ареала. Дальнейшие исследования по изучению факторов, влияющих на семенную продуктивность и всхожесть *O. pilosa*, а также разработка методов улучшения этих показателей, будут способствовать сохранению биоразнообразия и устойчивости этого вида. Полученные данные могут быть использованы для планирования мероприятий по восстановлению популяций редкого растения и мест его обитания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красная книга Республики Марий Эл. Растения. Грибы / Л. В. Рыжова, О. В. Жукова, Ю. Г. Суетина, Г. А. Богданов, Г. П. Урбанавичюс, М. В. Бекмансуров; под ред. О. Г. Барановой, Л. В. Рыжовой, Ю. Г. Суетиной. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2023. 352 с.
2. Энциклопедия растений [сайт]. URL: <https://lektrava.ru/encyclopedia/ostrolodochnik-volosistyy-l-dc/> (дата обращения 17.04.2024).
3. ГОСТ 12042-80. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.
4. ГОСТ 12038-84. Государственный стандарт Союза ССР. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.
5. Информационная система идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных [сайт]. URL: <http://botany-collection.bio.msu.ru/plant/view?id=877> (дата обращения: 17.04.2024).
6. Красная книга Томской области. Изд. 3-е, перераб. и доп. / сост.: А. М. Адам, В. П. Амельченко и др. Элиста : Процвет, 2023. 580 с.

Радиационная обстановка в г. Саранске спустя 38 лет после Чернобыльской катастрофы

Башмаков Д. И., Маленко В. И., Каршаева А. Д., Глухова А. Д., Орлова А. С.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, г. Саранск
dimabashmakov@yandex.ru

26 апреля 1986 г. на Чернобыльской АЭС произошла одна из самых крупных по своим масштабам и экологическим последствиям техногенная экологическая катастрофа, в результате которой в течение нескольких дней только в России подверглось радиоактивному загрязнению окружающей среды 19 субъектов с населением около 30 млн. человек. Общая площадь территорий, загрязненных цезием-137 с плотностью выше 1 Ки/км^2 составило более 56 тыс. км², на которой проживало около 3 млн человек [1].

Главной причиной радиоактивного загрязнения территории Республики Мордовии было выпадение радиоактивных осадков в конце апреля – начале мая 1986 г. Загрязнению с плотностью от 1 до 5 Ки/км^2 подверглось 6,3 % от общей площади республики. Доля опасно загрязненных участков составила 2,1 % территории республики (рис. 1).

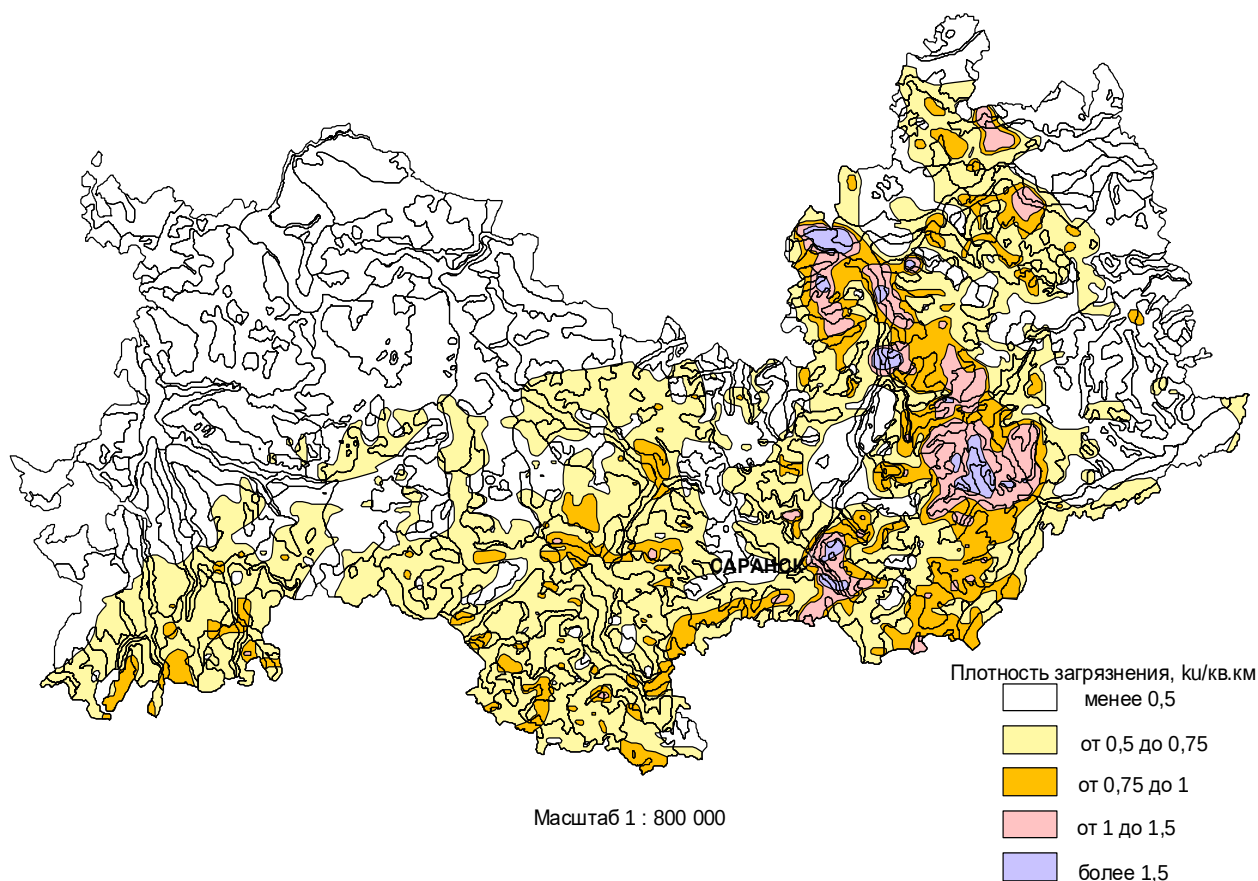


Рис. 1. Карта радиоактивного загрязнения Cs-137 ландшафтов Республики Мордовия [1]

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 18.12.97 г. № 1582 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах радиоактивного загрязнения, вследствие катастрофы на ЧАЭС» в республике определены 16 населенных пунктов, относящихся к зоне с льготным социально-экономическим статусом. В их числе часть улиц Октябрьского района г. Саранска и близлежащих населенных пунктов: п. Ялга, п. Николаевка, п. Луховка и др. Однако, до настоящего времени ни одно из профильных природоохранных учреждений Республики Мордовия не имеет аккредитации на радиационные исследования, и постоянный мониторинг радиационного фона на территории г. Саранска и Республики отсутствует [2].

В связи с этим целью настоящего исследования было определение мощности экспозиционной дозы облучения в г. Саранске ($54^{\circ}11' \text{ с. ш.}, 45^{\circ}11' \text{ в. д.}$, Республика Мордовия) и его ближайших окрестностях.

Общая исследованная площадь в 2024 г. составила около 250 км². В ходе исследований в различных по степени антропогенной нагрузки биотопах согласно рекомендациям [3] заложено 26 зон наблюдения. Функциональную принадлежность территории определяли в соответствии с правилами землепользования и застройки г. Саранска [4] (карта не приведена). Замеры мощности экспозиционной дозы облучения осуществляли пятикратно в каждой зоне наблюдения на уровне поверхности почвы (после схождения снежного покрова) при помощи дозиметра радиации Milerd HiStand со счетчиком Гейгер СБМ 20-1.

Статистический анализ полученных данных проводили по общепринятым формулам [5] в программе MS Excel. Значения в таблице и на рисунке 2 представлены в виде $\bar{S} \pm S_D$. Значимость различий средних оценивали по критерию Дункана при $p \leq 0,05$.

По некоторым данным, естественный радиационный фон в Мордовии еще до Чернобыльской катастрофы находился на уровне 8,5 мкР/ч (например, вследствие присутствия радоновых вод на севере республики). В октябре 1996 г. в ряде локаций города, где прошли радиоактивные выпадения, в непосредственной близости от водосточных труб радиационный фон на уровне почвы/асфальта составлял порядка 32–36 мкР/ч, однако, при удалении от них на 2–3 м он снижался до 20–26 мкР/ч. В овражно-балочной сети близ аэропорта радиационный фон составлял в среднем порядка 44–46 мкР/ч (личные наблюдения Башмакова Д. И., данные не опубликованы). Еще одним источником повышения радиационного фона в городе были единичные аварийные выбросы радиоактивных изотопов. Так, 4 октября 2017 г. в Саранске произошел выброс радиоактивного тория, уровень загрязнения которого в 12 раз превысил фон. Руководитель Мордовского центра гидрометеорологии Светлана Хлевина сообщила, что единичный выброс тория, вероятно, стал следствием какого-то эксперимента на одном из предприятий города [2]. Проводимые сравнительные измерения уровня радиации в городе показали, что самыми приемлемыми по уровню радиоактивного загрязнения являются следующие микрорайоны: «Светотехстрой» и «ТЭЦ – 2» [6].

В таблице 1 представлены результаты измерения радиационного фона в различных функциональных зонах г. Саранска и его окрестностей весной 2024 г.

Таблица 1

Радиационный фон по различным зонам наблюдения в г. Саранске в 2024 году, мкР/ч

№ п/п	Зона наблюдения	Зона функционального зонирования города	$\bar{S}$	S_D
1	Автовокзал «Саранск», посадочные площадки, асфальтовое покрытие	транспортная	14,8	2,3
2	Лесопарк Ленинского района, пешеходные дорожки	рекреационная	16,5	2,3
3	Село Берсенева, асфальтированная улица, малоэтажная застройка	селитебная	16,4	1,5
4	Железнодорожный вокзал «Саранск», асфальтированная площадь	транспортная	18,8	2,8
5	ул. Рабочая, склады, почва	транспортная	17,1	2,3
6	Больничный комплекс в юго-западном районе города, естественный газон	общественно-деловая	19,4	3,4
7	Лесной массив близ юго-западного района города, почва	рекреационная	18,8	2,8
8	Зона отдыха «Зеленая роща», грунтовая дорога, пляж	рекреационная	17,1	1,1
9	Рабочий поселок Луховка, пруд, песчаный пляж	рекреационная	13,0	1,1
10	Рабочий поселок Николаевка, малоэтажная застройка	селитебная	15,7	1,8
11	Завод «Орбита», асфальтированная парковка	промышленная	17,8	2,3
12	Парк Пушкина, пешеходные дорожки	рекреационная	17,1	3,1
13	Ботсад им. В. Н. Ржавитина, гранитные камни «альпийской горки»	рекреационная	55,9	1,1
14	Завод «Кристалл», стоянка-парковка большегрузных автомобилей	промышленная	15,0	1,9
15	село Пушкино, сельская улица, малоэтажная застройка	селитебная	17,7	2,3
16	Экопарк, пешеходные дорожки, почва	рекреационная	16,0	0,8
17	Октябрьский район города, транспортная развязка	транспортная	14,0	1,3
18	Больница №13, многоэтажная застройка, естественный газон	селитебная	13,5	1,1
19	Район «Светотехника», многоэтажная застройка, естественный газон	селитебная	17,1	0,8
20	Телевизионный завод, склады	промышленная	11,2	1,5
21	ул. Солнечная, многоэтажная застройка, естественный газон	селитебная	16,9	1,2
22	Тепличное хозяйство, обочина асфальтированной дороги	транспортная	13,7	1,1
23	поселок Чекаевский, малоэтажная застройка, сельская улица, почва	селитебная	15,3	3,4
24	Педуниверситет им. М.Е. Евсевьева, березовая аллея, почва	общественно-деловая	11,6	2,1

№ п/п	Зона наблюдения	Зона функционального зонирования города	$\bar{S}$	S_D
25	Мордовский госуниверситет им. Н. П. Огарёва, памятник Н. П. Огарёву, гранит	общественно-деловая	18,0	0,1
26	Советская площадь, гранитная облицовка постамента памятника В. И. Ленину	общественно-деловая	23,1	0,2

На сегодняшний день гамма-фон на исследованной территории в большинстве зон наблюдения не выходит за пределы допустимого уровня. Среднее значение мощности экспозиционной дозы облучения изменялось в различных локациях в пределах от 11 до 19 мкР/ч. Имеются субкритические аномалии радиационного фона близ таких источников излучения как гранитные памятники и декоративная облицовка их постаментов, основа и украшение альпийской горки в ботаническом саду им. В. Н. Ржавитина, мраморные лестницы и т.п. В подобных местах радиационный фон может быть повышен и достигать до 55,9 мкР/ч. Однако при удалении от объекта на 1–1,5 м уровень излучения снижается до приемлемого.

На рисунке 1 представлены средние уровни радиационного фона в различных типах функциональных зон г. Саранска, полученные в ходе исследования.

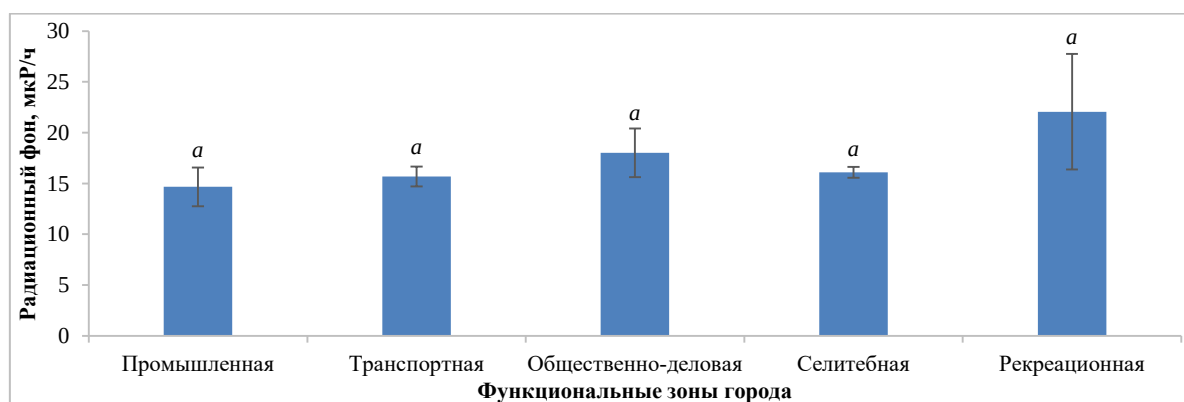


Рис. 1. Радиационный фон в различных функциональных зонах г. Саранска и его окрестностей, мкР/ч

Примечание: буквами над колонками обозначена существенность различий между усредненным по функциональным зонам уровням радиационного фона, оцененная по критерию Дункана при $p \leq 0,05$.

Как видно из рисунка 1, существенные различия по радиационной обстановке между функциональными зонами г. Саранска отсутствуют. Тем не менее, имеется тенденция к повышению радиационного фона от промышленных зон ($14,6 \pm 1,9$ мкР/ч) к рекреационным ($22,1 \pm 5,7$ мкР/ч). Согласно сведениям из Национального Атласа России [7], основными видами миграции радионуклидов в природных условиях средней полосы России считаются: их выщелачивание из верхнего горизонта почв в результате физико-химических и механических процессов, миграция их в растворенном состоянии в виде ионов и металлоорганических комплексов с растворенным органическим веществом, ветровая эрозия почв, переотложение верхних горизонтов почв, загрязненных радионуклидами, при плоскостном смыве и вертикальное перемещение загрязненного радионуклидами слоя почв при вспашке. Поскольку в г. Саранске промышленные зоны расположены в основном на возвышенностях, а рекреационные зоны, как правило – в пониженных частях рельефа, можно предположить, что на исследованной территории имеет место вторичное загрязнение почв радиоизотопами, которое могло произойти вследствие переноса и переотложения частиц загрязненной почвы водными потоками. Однако данное заключение требует специального исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казаков С. А., Масляев В. Н. Проблемы радиационного загрязнения природной среды Республики Мордовия : [презентация : Саранск, 2018]. URL: <https://ppt-online.org/374844> (дата обращения: 17.04.2024).
2. РИА «ФедералПресс»: В Саранске был зафиксирован выброс радиоактивного тория // «Рамблер» : [сайт]. 2017. 24 ноября. URL: https://news.rambler.ru/ecology/38503704/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink (дата обращения: 20.04.2024).
3. Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection. International Atomic Energy Agency (IAEA) Safety Standards for protecting people and the environment. Safety Guide No. RS-G-1.8, Vienna, 2005.
4. Официальный портал городского округа Саранск : Генеральный план городского округа Саранск. Карта использования территории. URL: https://old.adm-saransk.ru/upload/genplan/13_1_15.jpg (дата обращения: 20.04.2024).

5. Баврина А. П. Современные правила использования методов описательной статистики в медико-биологических исследованиях // Медицинский альманах. 2020. № 2. С. 95–104.
6. Природные ресурсы и экология Саранска: Радиационный фон города. URL: <https://greenologia.ru/eko-problemy/goroda/saransk.html#i-5> (дата обращения: 20.04.2024).
7. Национальный Атлас России. Т. 2: Состояние окружающей среды Ландшафтно-геохимические условия миграции радионуклидов. URL: <https://nationalatlas.ru/tom2/441-443.html> (дата обращения: 24.04.2024).

Влияние солёности среды на рост микроорганизмов-нефтедеструкторов в присутствии гумусовых кислот

Герцен М. М., Переломов Л. В.

Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, г. Тула
manigertsen@gmail.com

Наличие микроорганизмов, разлагающих нефтяные углеводороды в воде и почвах, привело к возникновению одного из наиболее эффективных методов удаления нефтяных загрязнений – биоремедиации, ускоряющей применение биологических систем для снижения содержания токсичных веществ [1]. Однако, одним из ограничений данного метода является невозможность деградировать все нефтяные фракции при высоком содержании. Известно, что бактерии-деструкторы нефти способны использовать в качестве источника углерода и питательных веществ гумусовые кислоты (ГК) [2; 3]. При этом, гумусовые кислоты сами по себе являются биологически чистыми и эффективными нефтесорбентами [4]. Присутствие ГК не только способствует росту как интродуцированных, так и аборигенных бактерий, но и обеспечивает диспергирование пленок нефтепродуктов для упрощения дальнейшей деградации микроорганизмами.

Целью данной работы является изучение роста бактерий-нефтедеструкторов *Pseudomonas fluorescens* 142 NF, предоставленных лабораторией биологии плазмид Института биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г. К. Скрябина РАН Пущино [5] в присутствии гумусовых кислот тростникового торфа Рязанской области [3] в условиях повышенной солёности среды (10 % NaCl).

Высокие концентрации солей нарушают осмотическое равновесие клетки, вызывают обезвоживание, ингибируют рост, замедляют жизненно важные процессы. Экстремофилия бактерий в отношении солёности или ионной силы раствора может выражаться в приуроченности организмов к оптимальному росту в пресных водах, и, наоборот, к развитию при высоких содержаниях солей [6]. Это зависит от принадлежности микроорганизмов к ряду групп по отношению к солёности среды как экологическому фактору: группе галофильных или галотолерантных бактерий. Микроорганизмы, которые существуют в средах, характеризующихся повышенной солёностью, классифицируют на галофильные (требуют присутствия соли для их выживания) и галотолерантные (способны расти как в отсутствие, так и в присутствии NaCl). Бактерии-нефтедеструкторы рода *Pseudomonas* относятся к умеренным галофилам, поэтому перспективны в качестве бактериальной составляющей биопрепаратов для ликвидации последствий нефтяных загрязнений.

Получены кривые роста бактерий *Pseudomonas fluorescens* 142 NF в среде Эванса в присутствии гуминовых кислот 50 мг/л (рис. 1).

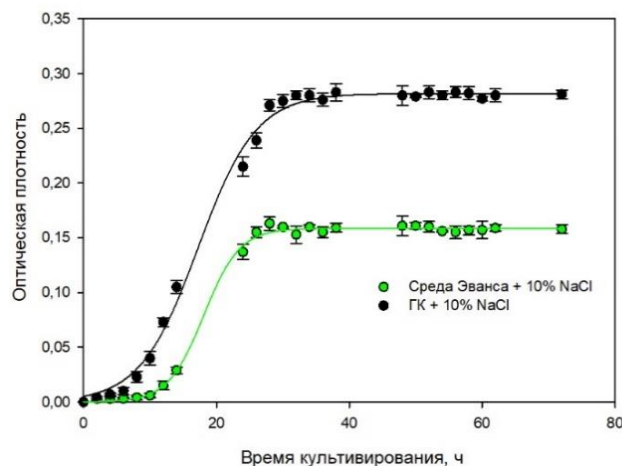


Рис. 1. Рост бактерий *Pseudomonas fluorescens* 142 NF в условиях повышенной солёности среды (10% NaCl)

Повышенное содержание соли в среде замедляет роста штамма. Однако, наличие гумусовых кислот в растворе приводит к более интенсивному росту бактерий и уменьшению длительности всех фаз. Гумусовые кислоты интенсифицируют наступление лаг-фазы. Стационарная фаза наступает через 25 часов культивирования. Экспоненциальная фаза роста наступает на 6-й час культивирования, а также пролонгирует стационарную фазу роста. Микроорганизмы *Pseudomonas* способны уравнивать осмотическое давление среды и противостоять денатурирующему воздействию даже высоких содержаний NaCl. Полученный анализ кривых роста бактерий рода *Pseudomonas* сопоставим с экспериментами на ГК торфов [6], в частности, ГК ТНТ и бактерий рода *Rhodococcus*, что подтверждает универсальность применения гумусовых кислот как поддерживающую среду для микроорганизмов разных родов и штаммов, нивелирующую воздействие агрессивных факторов среды.

Находили удельную скорость роста анализируемых бактерий в отсутствии и в присутствии ГК по аппроксимации экспоненциальной фазы роста (тангенс угла наклона [6]):

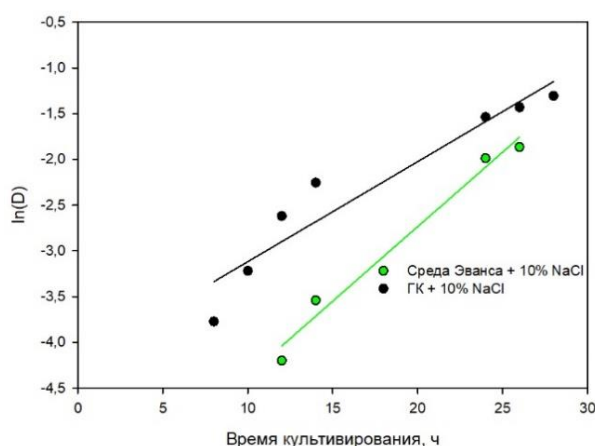


Рис. 2. Удельная скорость роста микроорганизмов *Pseudomonas fluorescens* 142 NF

Повышение солёности среды приводит к снижению удельной скорости роста микроорганизмов. Гумусовые кислоты способствуют увеличению удельной скорости роста бактерий в 2 раза. Механизм адаптации *Pseudomonas* к условиям повышенной солёности можно представить следующим образом (рис. 3):

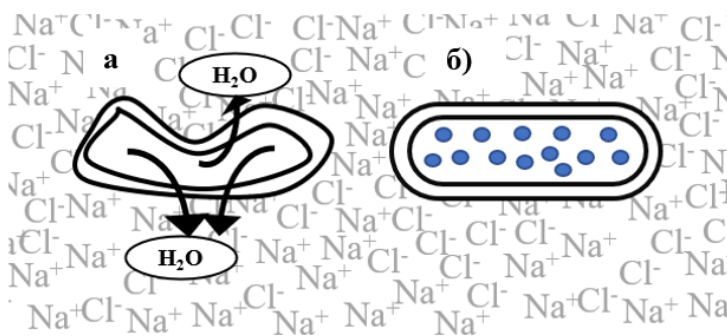


Рис. 3. Адаптация галофильных микроорганизмов к условиям повышенной солёности:
а – целостность негалофильных бактерий нарушается из-за потери воды;
б – умеренные галофилы *Pseudomonas* сохраняют свои структуры посредством синтеза осмолитов

Адаптация микроорганизмов к стрессовым условиям проявляется в способности поддерживать осмотический баланс цитоплазмы со средой путем аккумуляции высокой концентрации различных органических осмолитов [6], которые представлены аминокислотами и/или их производными, сахарами. Добавление в раствор гумусовых кислот увеличивает способность микроорганизмов адаптироваться к стрессовым условиям: стимулируя выработку экзополисахаридов, участвующих в защите клеток от высыхания.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания по теме: «Иммобилизация тяжелых металлов продуктами взаимодействий слоистых силикатов с почвенным органическим веществом и микроорганизмами» (Соглашение № 073-00033-24-01 от 9.02.2024, заключенное с Минпросвещения России).

ЛИТЕРАТУРА

1. Abdollahbeigi M., Choobineh M. J., Nasrollahzadeh B. Investigation of Molecular Structure in Gas Hydrate // Science road Journal. 2015. Vol. 3 (12). Pp. 74–79.
2. Фомичева Н. В., Смирнова Ю. Д., Рабинович Г. Ю. Влияние нового гуминового препарата на ремедиацию нефтезагрязненной почвы // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12. № 2 (41). С. 310–320.
3. Gertsen M. M., Perelomov L. V., Arlyapov V. A., Atroshchenko Y. M., Meshalkin V. P., Chistyakova T. B., Reverberi A. P. Degradation of oil and petroleum products in water by bioorganic compositions based on humic acids // Energies. 2023. Vol. 16 (14). P. 5320.
4. Гречищева Н. Ю., Перминова И. В., Холодов В. А., Мещеряков С. В. Стабилизация эмульсий нефти в воде высокодисперсными частицами: роль в процессах самоочищения и перспективы практического применения // Российский химический журнал. 2015. Т. 59. № 4. С. 34–50.
5. Биопрепарат для очистки почв от загрязнений нефтью и нефтепродуктами, способ его получения и применения : пат. 2378060 Рос. Федерация. №2007125403/13 ; заявл. 05.07.2007 ; опубл. 10.01.2010, Бюл. №1. 15 с.
6. Дмитриева Е. Д., Леонтьева М. М., Каримова В. Т. Влияние гуминовых веществ торфов на ростовые параметры микроорганизмов нефтеструктуров рода Rhodococcus в присутствии гексадекана // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2018. Т. 4. № 2. С. 43–56.

Оценка жизненного состояния липы сердцевидной в г. Йошкар-Ола

Желонкина О. Ю., студ.4 курса

Науч. рук. – Сарбаева Е. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
olga_zhelonkina00@mail.ru

В условиях города древесные растения испытывают воздействие мало изменяющихся во времени факторов природного происхождения (климат, ландшафт, рельеф и т. д.), и сильно варьирующих – техногенного происхождения (развитие промышленности, транспорта). В результате деревья и кустарники подвергаются постоянному стрессу, на фоне которого происходит сокращение продолжительности жизни растений, снижение устойчивости их к болезням и вредителям. В этих условиях важным свойством живых организмов является способность сочетать устойчивость (гомеостаз) и приспособление их строения и функций к изменяющимся условиям среды (адаптация), что дает возможность выжить в условиях нарастающего антропогенного экологического стресса [1].

Жизненное состояние древесных растений проявляется в морфомерических признаках развития и роста. Это мера устойчивости к неблагоприятным условиям произрастания [2]. В условиях антропогенного воздействия городской среды в растительном организме происходят неизбежные, в большинстве случаев необратимые, изменения и «перестойки» [3]. Городские зеленые насаждения испытывают комплексное негативное воздействие различных антропогенных факторов, из которых основными можно считать загрязнение атмосферы и почвы транспортными средствами. Отрицательное влияние этих факторов усиливается в весенне-летние засушливые периоды [4].

Весь спектр диагностических признаков, определяющих каждую категорию состояния, позволяет отнести конкретное дерево к той или иной категории по неполному набору признаков. Для разделения деревьев липы сердцевидной по категориям жизненности используется биоморфологический комплекс признаков: наличие и отсутствие отклонений в строении ствола, кроны и побегов, наличие и доля сухих побегов в кроне или суховершинность, целостность и состояние кроны и луба [5].

В исследовании участвовали насаждения липы сердцевидной в разных функциональных зонах города Йошкар-Олы. Оценка проводилась по шкале жизненного состояния [6] используя категории жизнеспособности деревьев, представленную в таблице 1.

Таблица 1

Критерии оценки категорий состояния древостоя

№ категории	Категория состояния (жизнеспособности) деревьев	Основные признаки категорий жизненности деревьев
1	Без признаков ослабления	Листья или хвоя зеленые нормальных размеров, крона густая нормальной формы и развития, прирост текущего года нормальный для данного вида, возраста, условий произрастания деревьев и сезонного периода, повреждения вредителями и поражение болезнями единичны или отсутствуют
2	Ослабленные	Листья или хвоя часто светлее обычного, крона слабо-ажурная, прирост ослаблен по сравнению с нормальным, в кроне менее 25 % сухих ветвей. Возможны признаки местного повреждения ствола и корневых лап, ветвей, механические повреждения, единичные водяные побеги

№ категории	Категория состояния (жизнеспособности) деревьев	Основные признаки категорий жизненности деревьев
3	Сильно ослабленные	Листья мельче или светлее обычной, хвоя светло-зеленая или сероватая матовая, крона изрежена, сухих ветвей от 25 до 50 %, прирост уменьшен более чем наполовину по сравнению с нормальным. Часто имеются признаки повреждения болезнями и вредителями ствола, корневых лап, ветвей, хвои и листьев, в том числе, попытки или местные поселения стволовых вредителей, у лиственных деревьев часто водяные побеги на стволе и ветвях
4	Усыхающие	Листья мельче, светлее или желтее обычной, хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая, часто преждевременно опадает или усыхает, крона сильно изрежена, в кроне более 50 % сухих ветвей, прирост текущего года сильно уменьшен или отсутствует. На стволе и ветвях часто имеются признаки заселения стволовыми вредителями (входные отверстия, насечки, сокоотечение, буровая мука и опилки, насекомые на коре, под корой и в древесине); у лиственных деревьев обильные водяные побеги иногда усохшие или усыхающие
5	Сухостой текущего года	Листья усохла, увяла или преждевременно опала, хвоя серая, желтая или бурая, крона усохла, но мелкие веточки и кора сохранились. На стволе, ветвях и корневых лапах часто признаки заселения стволовыми вредителями или их вылетные отверстия
6	Сухостой прошлых лет	Листья или хвоя осыпались, или сохранились лишь частично, мелкие веточки и часть ветвей опали, кора разрушена или опала на большей части ствола. На стволе и ветвях имеются вылетные отверстия насекомых, под корой – обильная буровая мука и грибница дереворазрушающих грибов

Для того, чтобы провести оценку относительного жизненного состояния всего насаждения, которая проводится после суммирования количества стволов деревьев по категориям, воспользовались следующей формулой: $L_n = (100 \cdot n_1 + 70 \cdot n_2 + 40 \cdot n_3 + 5 \cdot n_4) / N$,

где L_n – относительное жизненное состояние древостоя, рассчитанное по числу деревьев; n_1 – число здоровых деревьев; n_2 – число ослабленных; n_3 – сильно ослабленных; n_4 – количество отмирающих деревьев; N – общее число деревьев (включая сухостой) на пробной площади; 100, 70, 40, и 5 – коэффициенты, выражающие жизненное состояние здоровых, поврежденных, сильно поврежденных и отмирающих деревьев [6].

Оценку жизненного состояния проводили на площадках, расположенных в разных функциональных зонах г. Йошкар-Олы. В селитебной зоне был выбран участок с 20 липами сердцевидными, в рекреационной с 27, в промышленной с 16. На рисунке 1 показано распределение деревьев по категориям жизненного состояния. Из 6 категорий было обнаружено только две: без признаков ослабления и ослабленные.

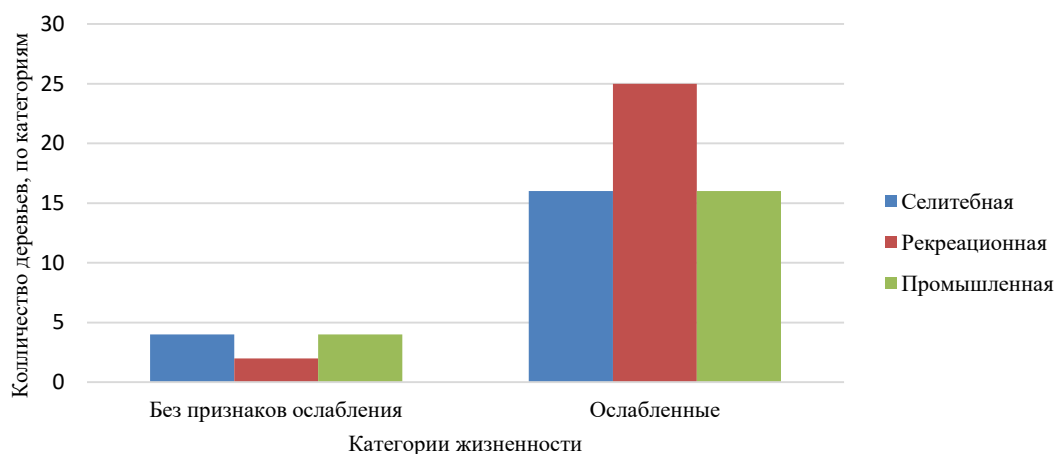


Рис. 1. Деление деревьев разных зон по категориям состояния, шт.

Суммировав количество исследованных деревьев по категориям, получили результат L_n в селитебной зоне – 76,0 %, рекреационной – 72,2 %, промышленной – 95,0 %.

Относительное жизненное состояние насаждений определяли по следующей шкале: здоровое насаждение (L_n от 100 до 80 %), ослабленное (79–50 %), сильно ослабленное (49–20 %) и полностью разрушенное (менее 19,0 %) [7].

Выяснили, что в селитебной и рекреационной зоне относительное жизненное состояние древостоя характеризуется как ослабленное. В промышленной – здоровое. Такие различия можно объяснить тем, что в выбранные для исследования деревья отличаются по своему генеративному состоянию. В селитебной и рекреационных зонах среди лип встречались средневозрастные и старые генеративные растения. В промышленной зоне больше средневозрастных и молодых генеративных растений.

Таким образом, из трех площадок на двух согласно индексу древостоя, объекты исследования были ослабленными, на одном участке – здоровые. Также ослабленное состояние деревьев в рекреационной зоне может быть вызвано стрессовым воздействием со стороны автомагистралей, рекреационных факторов и искусственного освящения. Именно данные факторы чаще всего угнетающе воздействуют на древесные растения в урбанизированной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисотова Е. В., Сунцова Л. Н., Инишаков Е. М. Использование морфометрических признаков для оценки состояния древесных растений в условиях г. Красноярск // Хвойные бореальной зоны. Т. 30. № 3–4. 2013. С. 59–62.
2. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
3. Беляева Ю. В. Особенности эколого-биологического состояния городских древесных насаждений (на примере *Betula pendula*) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 27. № 4–2. С. 66–68.
4. Кормилицына О. В. К вопросу о факторах, негативно влияющих на состояние городских насаждений // Лесной вестник. Forestry bulletin. 2000. № 6. С. 156–160.
5. Жизненное состояние зеленых насаждений. Русское географическое общество Воронежский государственный университет Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области Жизненное состояние зеленых насаждений [сайт]. URL: Бюллетень (vsu.ru).
6. Воскресенская О. Л., Скочилова Е. А., Копылова Т. И., Алябьева Е. А., Сарбаева Е. В. Организм и среда: факториальная экология : учебное пособие. Йошкар–Ола, 2005. 180 с.
7. Шамраев А. В., Байкарова А. А., Баталова Д. Н. Сравнительный анализ состояния посадок березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в предгорьях Южного Урала // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 8. С. 42–44.

Валовое содержание тяжелых металлов в почвах Советского района Республики Марий Эл

Загайнов И. Р., студ. 4 курса

Науч. рук. – Закамская Е. С., канд. биол. наук, доц.

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

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами в последние годы стало глобальной проблемой, поскольку оно влияет на здоровье населения. Особенно в связи с продолжающимся ростом антропогенной деятельности, такой как промышленность и урбанизация, которая приводит к выбросам загрязняющих веществ в окружающую среду. Тяжелые металлы естественным образом попадают в почву в результате геогенетических процессов выветривания исходных материалов и из антропогенных источников, таких как дорожные выбросы, промышленное и энергетическое производство, утилизация отходов, выхлопные газы транспортных средств, а также при сжигании угля и топлива [1]. Избыток металлических загрязнителей, оседающих на почвах, может трансформироваться и переноситься в растительность, а с растений они передаются животным и человека через пищевую цепочку. Избыточное содержание тяжелых металлов может нанести вред организму и растениям, нарушая метаболические функции жизненно важных органов и желез [7]. Кроме того, они вытесняют жизненно важные питательные минералы с их первоначального места, тем самым препятствуя их биологическому функционированию. Поэтому важно постоянно оценивать и контролировать уровни содержания тяжелых металлов в окружающей среде в связи с увеличением антропогенной деятельности для оценки воздействия на человека и обеспечения устойчивого состояния окружающей среды [10].

Целью данной статьи была оценка загрязнения почвы тяжелыми металлами на территории Советского района Республики Марий Эл.

В ходе работы были отобраны пробы почвы согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 [2] на 6 участках пгт. Советский, Республики Марий Эл и его окрестностях. 1. Гаражный кооператив (на одном из выездов). 2. СЗЗ АЗС «Лукойл» (около въезда на заправку). 3. Сельскохозяйственные угодья (поле рядом с поселком). 4. Частный сектор (ул. Чкалова, 47, придомовой участок). 5. СЗЗ «Акашево» (рядом с агрокомплексом). 6. Пометохранилище СЗЗ «Акашево» (за поселком). В почвенных образцах определяли валовое содержание Cu, Ni, Pb.

Измерение массовой доли элементов в пробах почв методом атомно-абсорбционной спектроскопии проводилось в соответствии с требованиями М-МВИ-80-2008 [4].

Медь относится к биогенным элементам и необходима в ряде физиологических процессов, но при высоких концентрациях она становится токсичной [5].

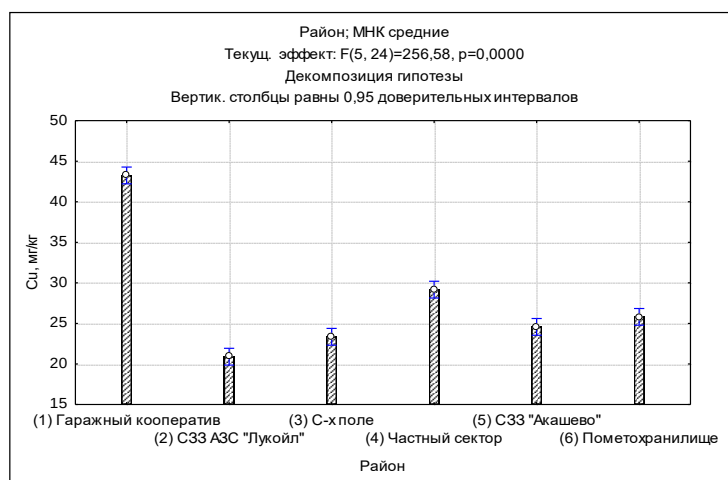


Рис. 1. Валовое содержание меди

Содержание меди в почве колеблется от 20,90 мг/кг на территории санитарно-защитной зоны АЗС «Лукойл» до 43,24 мг/кг на территории гаражного кооператива (рис. 1) и зависит от места отбора почвенного образца ($P < 0,0001$). Нет статистически значимой разницы по содержанию меди в пробах почв между образцами, взятыми на СЗЗ АЗС «Лукойл» и с-х поле, а также в пробах с с-х поля, СЗЗ «Акашево» и пометохранилища.

Никель является пятым по распространенности элементом на Земле и активно используется человеком. Повышение содержания никеля в среде может носить естественный характер в результате выветривание горных пород, эрозии почвы. В большинстве же случаев причиной загрязнения является антропогенная деятельность [3]. Источниками попадания никеля в окружающую среду является сжигания угля, производство металла, использование дизельного топлива и мазута, сжигание отходов, катализаторы сточные воды, электрические батареи, никель-содержащие удобрения [8].

Содержание никеля в почве пгт. Советский и его окрестностях варьирует от 3,92 мг/кг на территории частного сектора до 9,70 мг/кг на территории сельскохозяйственного поля (рис. 2). Валовое содержание никеля определяется территорией отбора почвенных проб ($P < 0,0001$) и во всех случаях разница статистически значима.

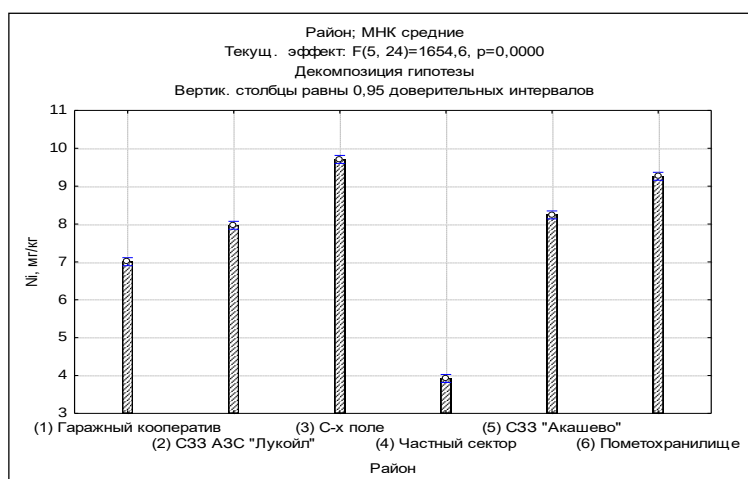


Рис. 2. Валовое содержание никеля

Известно, что свинец является одним из наиболее токсичных загрязнителей окружающей среды и промышленности и, в отличие от органических соединений, не поддается биологическому разложению

и имеет очень длительный биологический период полураспада [9]. При длительном воздействии свинца на организм человека может привести к болезням почек, сердечнососудистой системы, злокачественным образованиям [6].

Содержание свинца в почве колеблется от 3,19 мг/кг на территории частного сектора до 84,43 мг/кг на территории гаражного кооператива (рис. 3).

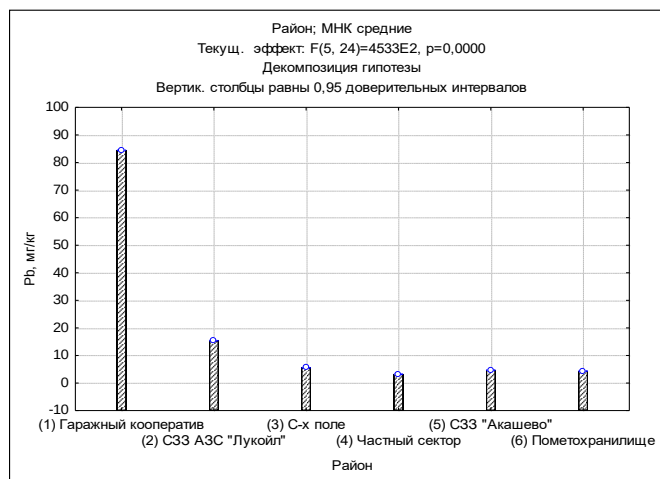


Рис. 2. Валовое содержание свинца

По результатам однофакторного дисперсионного анализа было что установлено, что место отбора проб является статистически значимым фактором ($P < 0,0001$). Влияющим на содержание свинца.

При загрязнении почв несколькими тяжелыми металлами степень загрязнения оценивается по величине суммарного показателя концентрации (Z_c). Для его расчета используется коэффициент концентрации (K_c), равный отношению концентрации элемента в загрязненной почве к его валовой предельно-допустимой концентрации (табл. 1).

Таблица 1

Значения коэффициента концентрации

Элемент	Район					
	Гаражн. коопер.	СЗЗ АЗС «Лукойл»	С-х поле	Частный сектор	СЗЗ «Акашево»	Пометохранил-е
Медь (Cu)	0,7862	0,38	0,4245	0,5302	0,4467	0,4693
Никель (Ni)	0,0824	0,0938	0,1141	0,0461	0,0969	0,1089
Свинец (Pb)	2,6384	0,4791	0,1728	0,0997	0,01459	0,135

Только в одном случае, около гаражного кооператива есть превышение предельно допустимой концентрации свинца, в остальных случаях все показатели в пределах нормы.

Суммарный показатель загрязнения почв меньше 16, исследуемые почвы по степени загрязнения относятся к категории допустимой.

Таким образом, валовое количество тяжелых металлов в почвах взятых на территории СЗЗ АЗС «Лукойл», с-х поля, частного сектора, СЗЗ «Акашево» и пометохранилища не превышает их установленный предельно допустимый уровень. Только на в образцах почв, взятых с территории гаражного кооператива, наблюдается превышение валовой предельной допустимой концентрации свинца в 2 раза. Уровень загрязнения почв тяжелыми металлами является допустимым, почвы полностью подходят для их использования под любые культуры, а также являются безопасными здоровья человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водяницкий Ю. Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах // Бюл. Почв. ин-та. 2011. № 68. С. 56-82.
2. ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб» 2017. URL: <https://protect.gost.ru/default.aspx/document1.aspx?control=31&baseC=6&page=0&month=8&year=-1&search=&id=230920> (дата обращения 14.11.2023)

3. Иванцев В. В. Никель в окружающей среде и его влияние на растения // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2021. № 2. С. 38–53.
4. М-МВИ-80-2008 Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. [сайт] 2008. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293824/4293824289.htm> (дата обращения 14.11.2023)
5. Определение оптимального содержания меди в почвах разнотипа на основании динамической модели ее накопления в наземной биомассе и корнях растений (на примере ячменя *Hordeum vulgare* L.) / П. Н. Цыгвинцев, Л. И. Гончарова, К. В. Манин, В. М. Рачкова // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53, № 3. С. 570–577.
6. Содержание свинца в почвах локального агроэкологического мониторинга и его влияние на качество растениеводческой продукции / В. Н. Воронаев, М. Б. Старкина, О. А. Дубровина // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. 2009. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-svintsa-v-pochvah-lokalnogo-agroekologicheskogo-monitoringa-i-ego-vliyanie-na-kachestvo-rastenievodcheskoj-produktsii> (дата обращения: 22.04.2024).
7. Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications / A. Alengebawy, S. T. Abdelkhalek, S. R. Qureshi, M. Q. Wang // Toxics. 2021. Vol. 9 (3). No. 42. URL: <https://doi.org/10.3390/toxics9030042> (дата обращения: 03.10.2024).
8. Hepatic oxidative stress and catalyst metals accumulation in goldfish exposed to carbon nanotubes under different pH levels / X. Wang, R. Qu, Q. Huang, Z. Wei, Z. Wang // Aquat Toxicol. 2015. Vol. 160. Pp. 142–150.
9. Sharma R., Mogra Sh. Lead as a developmental toxicant: a review // International journal of pharmaceutical sciences and research URL: <https://ijpsr.com/bft-article/lead-as-a-developmental-toxicant-a-review/?view=fulltext> (дата обращения 14.04.2024)
10. Timothy N., Williams E. T. Environmental Pollution by Heavy Metal: An Overview. International Journal of Environmental // Chemistry. Vol. 3. № 2. 2019. Pp. 72–82. DOI: 10.11648/j.ijec.20190302.14

Биоиндикация среды по качеству пыльцы цикория обыкновенного

Закамская Е. С., канд. биол. наук, доц.

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

При оценке экологической безопасности среды необходимо, кроме физико-химических методов экологического мониторинга, использовать показатели, дающие интегральную характеристику экологического состояния. Одним из таких методов является палиноиндикация, которая по реакции пыльцы высших растений на комплекс факторов, широко используется при экомониторинге окружающей среды [2; 3; 5; 6]. Пыльца дает очень важную информацию о воздействии загрязнения на взрослые растения, поскольку гаметы экспрессируют множество генов, которые коррелируют с адаптивностью спорофита [9]. При оценке качества среды определяется доля стерильных и фертильных пыльцевых зерен. Некоторые химические вещества оказывают мутагенное действие на растения, нарушают процесс микрогаметогенеза, что выражается в снижении фертильности пыльцы [10]. Стерильность микрогаметофита можно рассматривать как показатель мутагенного действия загрязняющих веществ [8]. Известно, что производство стерильной (абортивной) пыльцы растениями возрастает вблизи промышленных объектов, вблизи дорог с интенсивным движением транспорта [1].

В ходе работы была проведена биоиндикация атмосферного воздуха по качеству пыльцы цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) на территории г. Йошкар-Олы.

Сбор материала проводился во 2–3 декаде июня в 4 районах:

- ул. Строителей (ОКТБ «Кристалл») – промышленный район;
- ул. Комсомольская – жилая зона, многоэтажная застройка;
- ул. Некрасова – жилая зона, частный сектор;
- Медведевский район, опушка леса (контроль).

В каждом районе исследования было отобрано по 10 растений молодого и (g_1) и средневозрастного генеративного состояния (g_2) [7], с которых срезались цветки. Для определения фертильности пыльцы использовали йодный метод. Зрелые пыльники вскрывали двумя препаровальными иглами на предметном стекле, смачивали йодным раствором. Под микроскопом можно легко отличить фертильные пыльцевые зерна по темно-фиолетовому (почти черному) цвету. Стерильные пыльцевые зерна остаются неокрашенными, т.к. не содержат крахмала или имеют следы его.

При обработке данных было установлено, что доля фертильных пыльцевых зерен цикория обыкновенного в молодом генеративном состоянии колеблется от 95 до 99 %, в средневозрастном генеративном онтогенетическом состоянии – от 86 до 100 % (рис. 1). Статистически значимой разницы по доле фертильных пыльцевых зерен между молодыми и средневозрастными генеративными растениями *C. intybus* не обнаружено за исключением улицы Строителей.

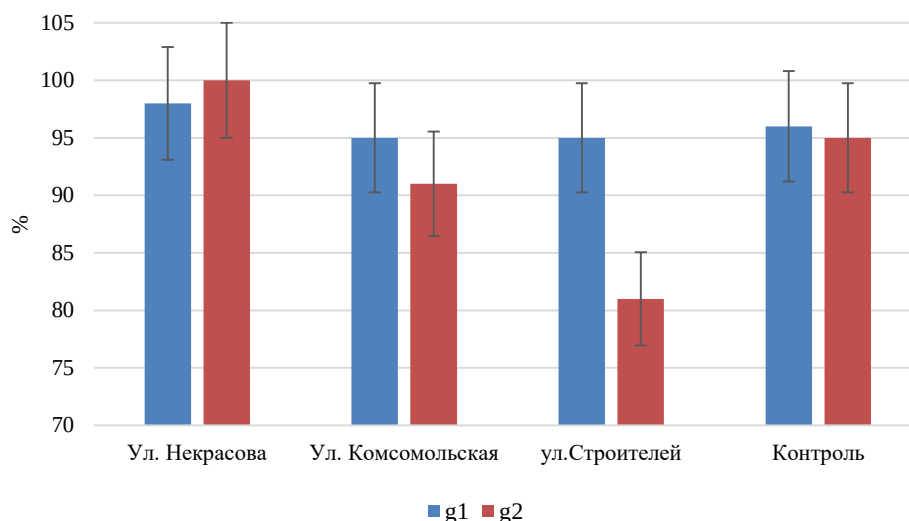


Рис. 1. Доля фертильных пыльцевых зерен цикория обыкновенного

Таблица 1

Множественные сравнения доли фертильных пыльцевых зерен цикория обыкновенного в средневозрастном генеративном онтогенетическом состоянии

Крит. Шеффе; перемен. Доля фертильных (Таблица данных1) Вероятности для апостер. критериев Ошибка: Межгр. MS = 251,05, сс = 236,00					
	Район	{1}	{2}	{3}	{4}
1	Ул. Некрасова		0,044327	0,684816	0,030231
2	Ул. Комсомольская	0,044327		0,054661	0,751855
3	ул.Строителей	0,030231	0,751855		0,001646
4	Контроль	0,684816	0,054661	0,001646	

Трехфакторный дисперсионный анализ показал, что доли фертильных пыльцевых зерен цикория обыкновенного зависит от района и от совместного действия факторов район состояние. Онтогенетическое состояние особей не оказывает влияние на фертильность пыльцы (табл. 2).

Таблица 1

Результаты дисперсионного анализа для доли фертильных пыльцевых зерен цикория обыкновенного

Одномерный критерий значимости для Доля фертильных (Таблица данных1) Сигма-ограниченная параметризация Декомпозиция гипотезы					
	SS	Степени	MS	F	p
Св. член	2113916	1	2113916	9230,111	0,000000
Район	4613	3	1538	6,714	0,000269
Состояние	150	1	150	0,656	0,419293
Растение	2600	9	289	1,262	0,261792
Район*Состояние	4285	3	1428	6,236	0,000496
Район*Растение	7050	27	261	1,140	0,301273
Состояние*Растение	2254	9	250	1,094	0,370428
Район*Состояние*Растение	6265	27	232	1,013	0,454577
Ошибка	36644	160	229		

Еще одним показателем, характеризующим чувствительность репродуктивных органов растений к техногенному загрязнению окружающей среды является отношение фертильных пыльцевых зерен к стерильным. Э. Э. Ибрагимовой [4] на разных представителях семейства Розовые было показано, что по мере увеличения

техногенного загрязнения этот показатель снижается. Мы получили аналогичные результаты. При невысокой антропогенной нагрузке отношение фертильной пыльцы к стерильной значимо выше в обоих онтогенетических состояниях (рис. 2).

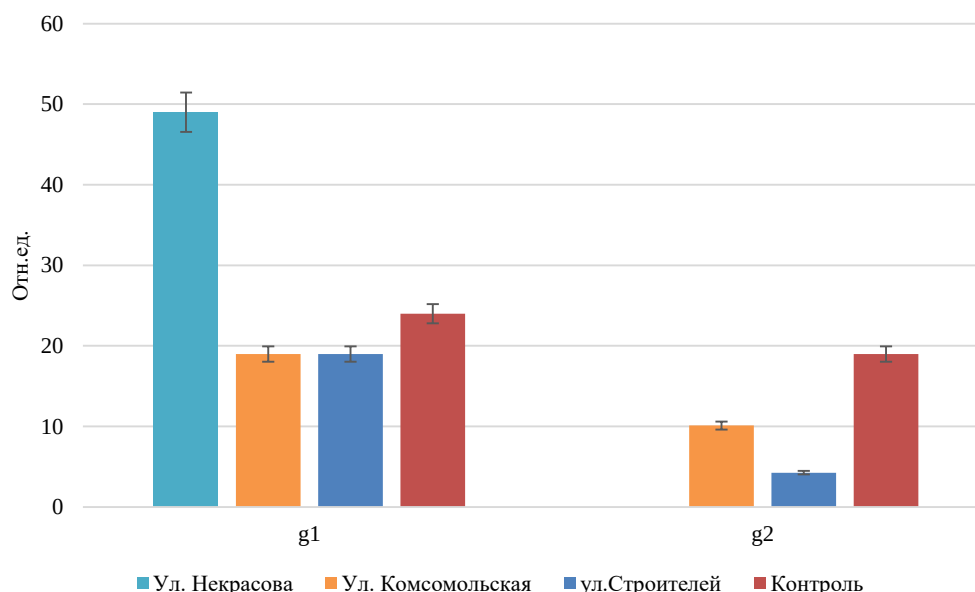


Рис. 2. Отношение фертильных пылевых зерен цикория обыкновенного к стерильным

Таким образом, доля фертильных пылевых зерен цикория обыкновенного в молодом генеративном состоянии колеблется от 95 до 99 %, стерильных – от 1 до 5 %; в средневозрастном генеративном онтогенетическом состоянии доля фертильной пыльцы составляет 86–100 %, стерильной – 0–14 %.

Статистически значимой разницы по доле фертильных пылевых зерен между молодыми и средневозрастными генеративными растениями *C. intybus* не обнаружено.

Фертильность пылевых зерен цикория обыкновенного зависит от района произрастания растений. Онтогенетическое состояние особей не оказывает влияние на фертильность пыльцы *C. intybus*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василевская Н. В., Сикалюк А. И. Биомониторинг окружающей среды арктической урбанизированной территории с использованием пыльцы *Sorbus gorodkovii* Pojark. // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2023. Т. 28. № 3. С. 425–434. DOI: <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2023-28-3-425-434>
2. Дубровский М. Л. Пыльца растений как биоиндикатор экологического состояния природных и антропогенных территорий // Наука и образование. 2022. Т. 5. № 4. С. 202.
3. Ерещенко О. В. Влияние экологических факторов на процесс формирования пыльцы березы повислой в условиях городской экосистемы // Известия АлтГУ. 2014. № 3 (83). С. 25–28.
4. Ибрагимов Э. Э., Эмирова Д. Э. Пыльца *Pinus sylvestris* L. как показатель неблагоприятной экологической обстановки // I Міжн. наук.-практ. конф. "Передові наукові розробки. Т. 6. Д. : Наука і освіта, 2006. С. 43–47.
5. Мирненко Н. С. Жизнеспособность пыльцы некоторых видов древесных растений Донецкой агломерации // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 6. С. 55–61. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-6-55-61>
6. Солдатова В. Ю., Самсонова А. П. Влияние урбосреды на изменчивость пылевых зерен березы повислой (*Betula pendula* Roth) (на примере г. Якутска) // Самарский научный вестник. Т. 8. №. 3 (28). 2019. С. 80–84. DOI: <https://doi.org/10.24411/2309-4370-2019-13113>
7. Онтогенез цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) / С. Я. Файзуллина, Л. Ю. Ганич, Г. И. Мухамадьянова, Л. З. Асанова // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Йошкар-Ола, 1997. С. 100–104.
8. Assessing the genotoxicity of traffic-related air pollutants by means of plant biomonitoring in cities of a Brazilian metropolitan area crossed by a major highway / Fleck, A. d. S., Moresco, M. B., & Rhoden, C. R. // Atmospheric Pollution Research, 2016. Vol. 7 (3). Pp.488–493. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.12.002>
9. Contaminants of Emerging Concern (CECs) and Male Reproductive Health: Challenging the Future with a Double-Edged Sword / D. Marcu, S. Keyser, L. Petrik, S. Fuhrmann, L. Maree // Toxics. 2023. № 11. P. 330. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics11040330>
10. Estimation of fertility variation in forest tree populations / K. S. Kang, A. D. Bila, A. M. Harju, D. Lindgren // Forestry, 2003. Vol. 76. P. 329. DOI: <https://doi.org/10.10>

Токсичность диклофенака натрия для ряски малой (*Lemna minor* L.)

Ипатов А. В., аспирант 3 курса

Науч. рук. – Яковлев И. Б., д-р фарм. наук, проф.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
aleksandr.ipatov.1997@mail.ru

Введение. Современный этап развития человеческого общества характеризуется постоянным увеличением производства и потребления лекарственных средств. Одновременно увеличивается проникновение фармацевтических соединений в естественные экосистемы [1]. Они могут мигрировать в виде метаболитов жизнедеятельности человека и сельскохозяйственных животных, а также вместе с лекарственными отходами. Фармацевтические соединения обладают выраженным физиологическим действием на живые организмы и могут оказывать влияние даже в незначительных количествах.

Диклофенак – популярное нестероидное противовоспалительное средство, производное фенилуксусной кислоты, относится к НПВП. Его широко применяют в различных лекарственных формах как в медицине, так и в ветеринарии. В результате, данный препарат все чаще обнаруживают в воде, почве, а также в тканях живых организмов [2].

Для оценки действия фармпollutantов на экосистемы мы сочли необходимым изучить влияние лекарственных средств на организмы разных трофических уровней. Так как основой большинства экосистем являются фотоавтотрофы, целесообразно начать исследовать токсичность лекарств на эти группы организмов. Одними из часто используемых объектов для биотестирования среди растений являются представители семейства Рясковые (*Lemnaceae*), в частности ряска малая (*Lemna minor* L.) и ряска горбатая (*L. gibba* L.) [3].

Материалы и методы. Образцы ряски малой были отобраны в пруду в 3 км от города Йошкар-Ола на территории СНТ «Энергетик» в июле 2023. Для создания материнской культуры отобрали 100 колоний состоящие из 2–4 фрондов без видимых повреждений и хлорозов. Колонии промывали дистиллированной водой, затем опускали на 3–4 секунды в 3 % раствор перекиси водорода, а затем снова промывали дистиллированной водой. Отобранные растения культивировались в течение 2 месяцев на питательной среде Штейнберга при стандартных условиях – искусственное освещение (освещенность) 10000 лк, температура 24 ± 2 °C.

В эксперименте использовались таблетки препарата Диклофенак-ретард дозой 100 мг, покрытые пленочной оболочкой, производства АО «Акрихин». Для получения раствора таблетки измельчали в ступке до состояния порошка, помещали в воронку с фильтровальной бумагой и заливали дистиллированной водой. Полученный фильтрат использовали для эксперимента.

Тест на токсичность диклофенака натрия проводился в соответствии с ГОСТом 32426-2013 [4]. Использовался статический тест в течение 7 дней. В эксперименте использовались растворы диклофенака натрия концентрациях 7,5 мг/л, 15 мг/л, 30 мг/л, 60 мг/л и 120 мг/л в трех повторениях каждый. Экспериментальными емкостями служили стеклянные стаканы объемом 250 мл, в которые добавляли 50 мл среды Штейнберга и раствор, содержащий определенные концентрации препарата. Емкости закрывали пищевой пленкой с отверстиями для предотвращения испарения и загрязнения.

По итогам эксперимента фиксировали морфологические изменения образцов ряски, а также вычисляли удельную скорость роста (μ_{i-j}), отношение площадей фрондов до и после эксперимента (S_2/S_1) и долю фрондов с хлорозами. Удельную скорость роста вычисляли как отношение разности десятичных логарифмов числа фрондов в начале и в конце эксперимента к количеству дней [4].

$$\mu_{i-j} = (\ln(N_j) - \ln(N_i))/t,$$

где μ_{i-j} – средняя удельная скорость роста от времени i до времени j ; N_j – переменная теста в опыте во время j ; N_i – переменная теста в контроле во время i ; t – период времени от i до j .

Для вычисления площади фрондов на изображении использовалась программа ImageJ. Для статистической обработки данных использовалась программа Statistica 10.0.

Результаты исследования.

Морфологические изменения. При концентрациях в 7,5, 15 и 30 мг/л заметных изменений фрондов не наблюдалось. При концентрации в 60 мг/л число фрондов визуально было меньше, чем в контроле. Появилось значительное число фрондов с повреждениями и отпадением корней. При концентрации 120 мг/л наблюдался распад материнских и дочерних фрондов и гибель некоторых из них. Также у большинства фрондов наблюдалось отмирание и отпадение корней.

Удельная скорость роста. Данный показатель, один из основных для оценки токсичности веществ для ряски. В ходе эксперимента обнаружено достоверное снижение скорости образования новых фрондов по сравнению с контролем при концентрациях диклофенака натрия 120 и 60 мг/л (рис. 1). Также обнаружено достоверное увеличение скорости образования новых фрондов при концентрации диклофенака в растворе 7,5 мг/л. Это может быть связано с увеличением количества питательных веществ, входящих в состав таблетки и поступивших вместе с раствором. При этом концентрация диклофенака натрия в 7,5 мг/л недостаточна для угнетения роста фрондов, что в итоге привело даже к увеличению числа фрондов.

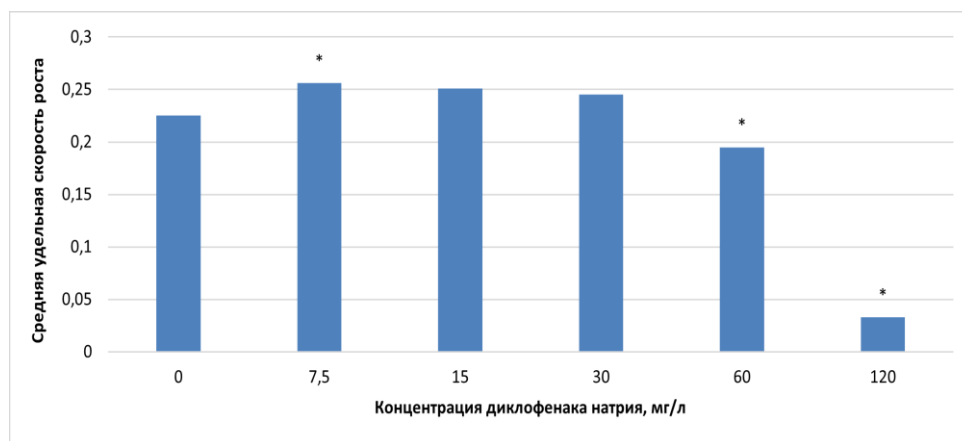


Рис. 1. Средняя удельная скорость роста ряски в зависимости от концентрации диклофенака натрия через 7 дней после воздействия (* отличия достоверны ($p \leq 0.01$), t-критерий Стьюдента)

Соотношение площади фрондов. Площадь фрондов в контроле увеличилась в среднем в 5,4 раза (рис. 2). Достоверное снижение роста площади покрытия по сравнению с контролем обнаружено при концентрациях 60 и 120 мг/л (рис. 1). Также обнаружено достоверное увеличение скорости образования новых фрондов при концентрации диклофенака в растворе 7,5 мг/л. Вероятно, изменение площадь покрытия является более достоверным показателем токсичности, т. к. при больших этот показатель изменяется динамичнее, по сравнению с удельной скоростью роста. Это связано с тем, что при изменении концентрации может образовываться сходное количество новых фрондов, но средний размер может меняться, что уменьшает или увеличивает общую площадь покрытия.

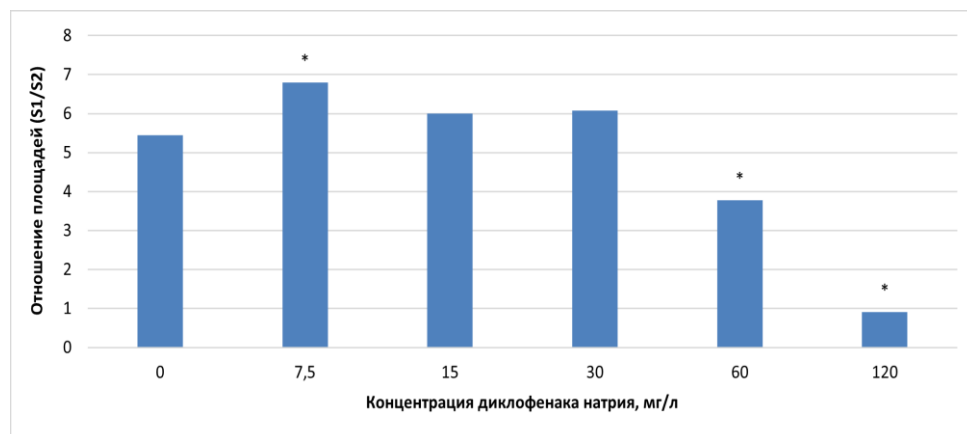


Рис. 2. Отношение средних площадей фрондов (S1/S2) до и через 7 дней после воздействия диклофенака натрия (* – отличия достоверны ($p \leq 0.01$), t-критерий Стьюдента)

Доля фрондов с хлорозами. Хлорозы – желтые или белые участки растения, образующиеся в результате повреждения фотосинтетического аппарата растений. В контроле средняя доля фрондов с хлорозами была около 2 %. При концентрациях в 7,5 и 15 мг/л их доля не изменилась и составила 3 и 2 % соответственно (рис. 3). Достоверные отличия обнаружены для концентраций 30, 60 и 120 мг/л. При этих концентрациях средняя доля фрондов с хлорозами составила в 7, 25 и 38 % соответственно. Таким образом, значительное

повреждение фотосинтетического аппарата растения, начинается с концентрации в 30 мг/л. Однако, при такой концентрации это явление еще не достаточно влияет на скорость роста и увеличение площади покрытия, как показано выше.

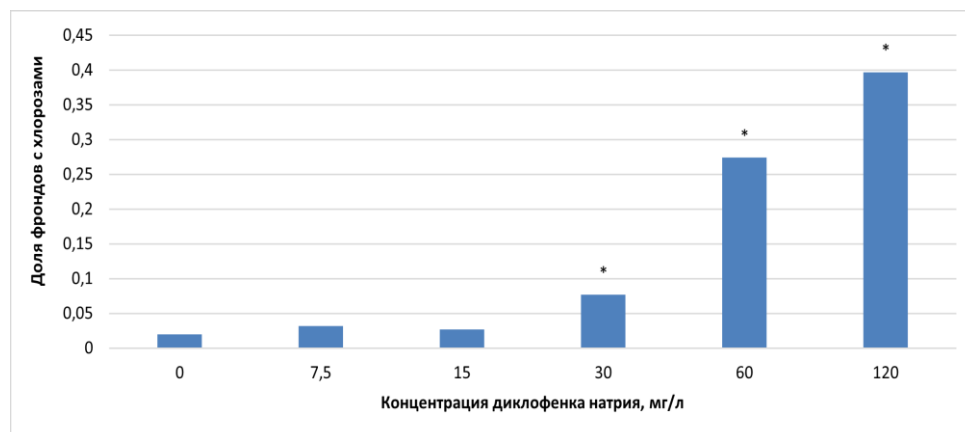


Рис. 3. Средняя доля поврежденных фрондов ряски малой через 7 дней после воздействия диклофенка натрия (* – отличия достоверны ($p \leq 0.01$), t-критерий Стьюдента)

Заключение. Диклофенак натрия, извлеченный из твердой лекарственной формы, оказывает токсическое действие на ряску малую. Оно заключается в подавлении образования новых фрондов (при концентрации диклофенка от 60 мг/л) и уменьшении их площади покрытия (при концентрации диклофенка от 60 мг/л). При концентрации 120 мг/л наблюдался распад материнских и дочерних фрондов, отпадение корней у фрондов. Также наблюдается увеличение доли растений с хлорозами в следствие повреждения фотосинтетического аппарата растений (при концентрации диклофенка от 30 мг/л). Таким образом, было показано, что диклофенак натрия оказывает токсическое действие на культуру ряски малой (*L. minor*) при минимальной концентрации от 30 мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баренбойм Г. М., Чиганова М. А., Березовская И. В. Особенности загрязнения поверхностных водных объектов компонентами лекарственных средств // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 3. С. 131–141.
2. Sathishkumar P., Meena R. A. A., Palanisami T., Ashokkumar V., Palvannan T., Gu F. L. Occurrence, interactive effects and ecological risk of diclofenac in environmental compartments and biota – a review // Science of The Total Environment. 2020. Vol. 698. P. 134057.
3. Цаценко Л. В., Пасхалиди В. Г. Рясковые как модельный объект в биотестировании водной и почвенной среды // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 4 (176). С. 146–151.
4. ГОСТ 32426-2013. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Испытание ряски на угнетение роста, 2013. С. 1–32.

Оценка применения древесных опилок с различными размерами частиц в качестве наполнителя для вермикомпостирования осадков сточных вод

Кислицына Е. В., магист. 2 курса

Окач М. А., аспир. 4 курса

Науч. рук. – Мухортов Д. И., д-р с-х. наук, доц.

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола
eva.kislitsyna.99@mail.ru

Утилизация осадков сточных (ОСВ) вод в наше время становится все большей проблемой. Количество отходов ежегодно увеличивается. Наиболее часто применяемые методы утилизации осадков сточных вод (захоронение, хранение в постоянных и полупостоянных прудах, засыпка осадков низинных болотистых мест, балок, удаление на свалку, различные способы сжигания) являются затратными и энергоемкими и не

могут полностью обеспечить экологическую безопасность их утилизации [1]. Поэтому все большее значение приобретает переработка отходов методом вермикомпостирования [2].

Для процесса вермикомпостирования очень важным является создание наиболее благоприятных условий для жизнедеятельности червей. Известно, что ОСВ имеют мелкую структуру и повышенную влажность [3], что создает неблагоприятные условия для червей из-за ограничения доступа воздуха в перерабатываемую массу. Устранить данную проблему можно путем введения в состав перерабатываемой смеси различных наполнителей [4].

Цель работы: установить наиболее оптимальные размеры частиц опилок в смеси с осадками сточных вод для создания наиболее благоприятных условий жизнедеятельности червей *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) и интенсификации процесса вермикомпостирования.

Методика выполнения. В опыте использовали осадки сточных вод (ОСВ) очистных сооружений канализации г. Йошкар-Олы и древесные опилки хвойных пород. Смешение компонентов осуществлялось в соотношении 30 % опилок и 70 % осадков сточных вод по объему. Опилки путем просеивания через сита с калиброванными отверстиями предварительно разделяли на 5 фракций по размерам частиц: менее 1 мм, 1–2 мм, 2–3 мм, 3–5 мм, более 5 мм. Смеси ОСВ и опилок с различными размерами частиц помещали пластиковые контейнеры объемом 1 дм³. Для проведения исследований использовали популяцию червей *Eisenia fetida*. По прошествии 7 дней в предварительно подготовленные и увлажненные смеси отходов, заселяли половозрелых червей из расчета 3 особи на одну емкость. Опыт проводился в трех повторностях. За повторность принимался один пластиковый контейнер. Через 91 день червей извлекали из субстратов и производили оценку количества червей и коконов, измеряли их длину. Результаты измерений были обработаны методами дисперсионного и регрессионного анализа.

Анализ результатов. Установлено, что при вермикомпостировании ОСВ применение опилок с различными размерами частиц оказывает существенное на 5 % уровне значимости влияние на основные показатели жизнедеятельности червей (табл. 1).

Таблица 1

Количество и длина червей, количество коконов после вермикомпостирования смеси ОСВ и опилок с различными размерами частиц (F_{табл.}=3,11)

Размеры частиц опилок	Средняя длина червей, см	Среднее количество, шт.	
		червей	коконов
Менее 1 мм	4,78	32,5	5,5
1–2 мм	4,36	29,5	4,5
2–3 мм	7,48	16,5	17
3–5 мм	4,66	34	4,5
3–5 мм	4,57	21	5
<i>HCP₀₅</i>	6,9	0,93	1,4
<i>F_{расч.}</i>	1,01	43,82	12,42

Максимальное количество червей после вермикомпостирования оказалось в субстрате с размером частиц опилок 3–5 мм, а коконов 2–3 мм. Лучшие результаты по длине червей оказались при использовании опилок с размерами частиц 2–3 мм. Минимальные значения количества червей установлено при использовании опилок с размерами частиц 2–3 мм, коконов – 3–5 мм. Наибольшая средняя длина червей после проведения эксперимента наблюдалась в субстрате с размером частиц древесных опилок 2–3 мм, а минимальная – 1–2 мм.

По результатам проведения регрессионного анализа были определен оптимальный размер частиц опилок для роста и развития червей (рис. 1).

Выявлено, что для достижения максимального количества червей после вермикомпостирования требуется использование опилок с размерами частиц 1,8 мм, а коконов – 2,6 мм. Максимальные размеры червей будут достигнуты при использовании опилок с размерами частиц 2,9 мм.

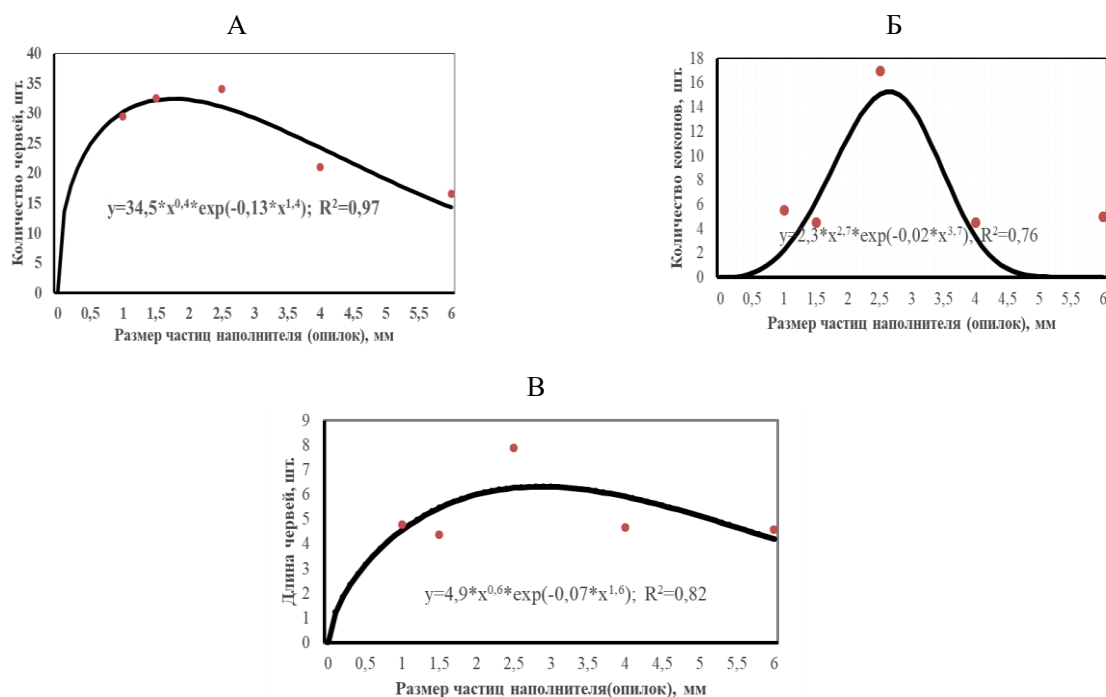


Рис. 1. Зависимости количества червей (А), коконов (Б) и длины червей (В) после вермокомпостирования от размеров частиц опилок в смеси с ОСВ

Вывод. Для достижения оптимальных для проведения вермипереработки осадков сточных вод показателей с применением червей *Eisenia fetida* необходимо вводить в состав перерабатываемой смеси опилки с размерами частиц 1,8-2,9 мм. В этом случае будет повышаться интенсивность роста и размножения червей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мерзлая Г. Е. Экологическая оценка осадка сточных вод // Химия в сельском хозяйстве. 1995. № 4. С. 38–42.
2. Цыганов А. Р. Технология приготовления и применения вермикомпоста (биогуруса). Горки : БГСХА, 2002. 40 с.
3. Межевова А. С., Новиков А. Е. Состав, структура и морфология осадка сточных вод // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 389–398.
4. Мухомтов Д. И., Ускова В. В. Оптимизация параметров вермикомпостирования осадков сточных вод, различающихся по токсичности // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2008. № 2. С. 60–71.

Семенная продуктивность астрагала серповидного на северном пределе ареала

Кугергина А. А., студ.3 курса

Науч. рук. – Бекмансуров М. В., канд. биол. наук, доц.

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

Астрагал серповидный (*Astragalus falcatus* Lam.) – многолетнее травянистое растение семейства *Fabaceae*, лесостепной вид, внесенный в Красную книгу Республики Марий Эл со статусом – редкий [1]. Ценопопуляции (ЦП) вида обнаружены только на востоке республики, в Мари-Турекском районе в составе разнотравных лугов и опушечных фитоценозов на песчано-известняковых осыпях по остепненным склонам останцевых возвышенностей. Это – многолетнее травянистое растение 55–85 см высотой. Стебли прямостоячие, мелкобороздчатые, опушенные прижатыми черными и белыми волосками. Листья непарноперистые длиной 116 см, с 9–18 парами продолговатых, остроконечных листочков. Прилистники ланцетные, острые. Соцветие – рыхлая кисть, цветонос равный длине листа или превышающий его. Цветки поникающие, на коротких ножках. Чашечка колокольчатая длиной до 5 мм. Венчик зеленовато-желтый. Плод – боб. Бобы повисающие, линейно-продолговатые, саблевидные или серповидные, молодые густоопушенные,

по созревании оголяющиеся, 17–22 мм длиной [2; 3] (рис. 1). Растение цветет – в июне-начале июля, плоды созревают в конце июля – в начале августа. Размножается вегетативно и семенами.

Вид распространен в Европе и Азии. В России встречается на востоке Европейской части, на Кавказе, на юго-западе Западной Сибири [2]. В Республике Марий Эл обнаружен в нескольких местообитаниях в Мари-Турекском районе [1; 4].

Целью нашего исследования является изучение семенной продуктивности и всхожести семян астрагала серповидного, собранных в окрестностях д. Лопово Мари-Турекского района летом 2023 г. В общей сложности было исследовано 267 плодов этого растения. При этом в 95 плодах семена отсутствовали. В среднем насчитывается 15 плодов на 1 растении. Длина плода, имеющего серповидную форму, составляет – 19 мм, ширина в средней части 4 мм. Форма семян почковидная. Их длина в среднем составляет 3 мм, а ширина 1,5 мм.

Из рисунка 2 видно, что число семян варьирует от 0 до 15 на 1 боб и в среднем составляет 6,9. Таким образом, семенная продуктивность 1 растения в исследованной ценопопуляции составляет 103,5, из них полновесных семян – 51,8. Соотношение полновесных и не сформировавшихся семян – примерно 1:1.



Рис. 1. Плоды и семена астрагала серповидного

Плоды *A. falcatus* были собраны в середине июля и в конце августа 2023 г. Мы определили массу 1000 семян астрагала серповидного, собранных в разные сроки по ГОСТ 12042–80 [5] с использованием аналитических весов AND HR-100AZ. Для этого отсчитали 2 пробы по 100 семян, взвесили их до 0,01 и перевели в массу 1000 семян. Установлено, что масса 1000 семян, собранных в июле, составляет 2,800 г, а в августе – 3,586 г. По литературным данным средняя масса 1000 семян астрагала серповидного составляет 4,4 г [6]. Очевидно, на северном пределе ареала меньшая масса семян обусловлена более суровыми для данного вида условиями произрастания.

Всхожесть семян астрагала серповидного оценивали с использованием ГОСТ 12422-80 [7]. Для посадки было использовано по 20 полновесных семян, собранных в разные сроки. Чашку Петри и кружки фильтровальной бумаги простерилизовали при температуре 250 °С. Семена продезинфицировали в 1 % растворе KMnO_4 . Перед закладкой фильтровальную бумагу увлажнили. Семена разложили на расстоянии 0,5–1 см друг от друга.

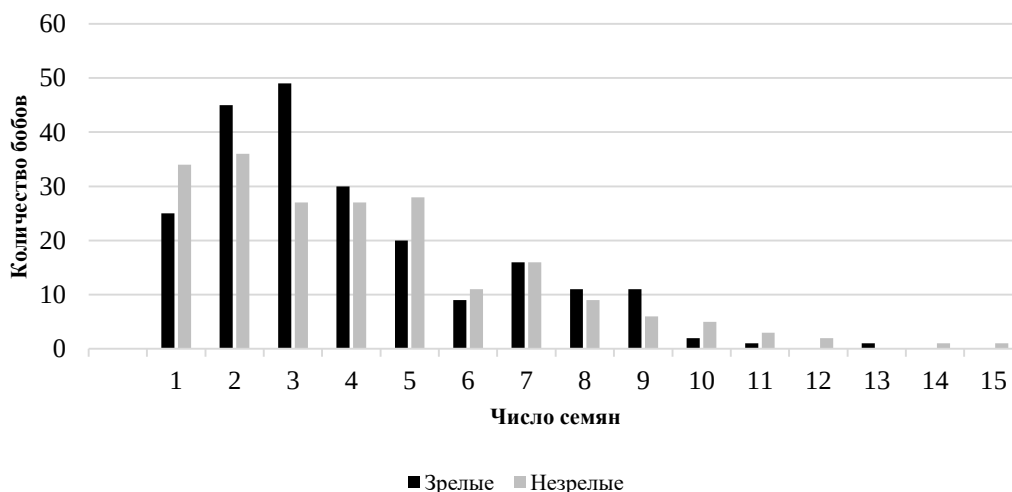


Рис. 2. Распределение числа семян в плодах астрагала серповидного

Семена, собранные в июле, не проросли. Всхожесть семян, собранных в августе составила 50 %, несмотря на то, что по опубликованным данным для данного вида характерна низкая всхожесть. Первые проростки появились уже на 3 день, большинство семян проросло на 10 день.

Таким образом, в ходе исследований было установлено, что с целью реинтродукции и трансплантации астрагала серповидного в условиях северного предела ареала следует использовать семена, собранные в августе, несмотря на то, что плоды уже в середине июля выглядят высохшими и вполне созревшими. В связи с меньшей массой семян в условиях республики Марий Эл (по сравнению с оптимальными условиями) для высадки предпочтительно использовать полновесные семена. В этом случае их всхожесть оказывается даже выше, чем по литературным данным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красная книга Республики Марий Эл. Растения. Грибы / Л. В. Рыжова, О. В. Жукова, Ю. Г. Суетина, Г. А. Богданов, Г. П. Урбанавичюс, М. В. Бекмансуров; под ред. О. Г. Барановой, Л. В. Рыжовой, Ю. Г. Суетиной. Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2023. 352 с.
2. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
3. Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2: Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М. : Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технолог. исследований, 2003. 665 с.
4. Абрамов Н. В. Флора Республики Марий Эл: справочное пособие. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2008. 195 с.
5. ГОСТ 12042-80. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.
6. Ларин И. В. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР: в 3 т. / под ред. И. В. Ларина. М.; Л.: Сельхозгиз, 1951. Т. 2: Двудольные (Хлорантовые – Бобовые). С. 700-701.
7. ГОСТ 12038-84. Государственный стандарт Союза ССР. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

Анализ выбросов оксида углерода автомобильным транспортом на некоторых улицах г. Йошкар-Олы

Леухин И. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Воскресенский В. С., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
legatevincy@mail.com

Актуальность. В текущее время доминирующим типом двигателя для легкового и средне-тоннажного транспорта остается бензиновый и дизельный двигатели внутреннего сгорания. По состоянию на 2023 год на дорогах России встречаются машины разных возрастов, типов топлива и объемов двигателя. Это значит, что если при расчетах придерживаться стандартов, не всегда получается достоверные результаты. Расчет общей массы автомобилей дает общее представление о загрязнении атмосферного воздуха. Эти данные помогают выстроить зависимость объемов загрязнения от количества машин, проезжающих через участок дороги [1].

Цель исследования: анализ некоторых выхлопных газов автомобильного транспорта.

Методы исследования. На выбранных участках улиц: 1) Герцена, 2) Красноармейской, 3) Осипенко в течение 1 часа производился подсчет проезжающих автомобилей (рис. 1).

Для наблюдения были выбраны два временных промежутка:

- 1) с 17-00 по 18-00 (максимальная загруженность по данным интернет-карт);
- 2) с 11-00 по 12-00 (когда наблюдается минимальная нагрузка на транспортную сеть).

После подсчета количества машин было произведено определение экологического класса токсичности и разделение общей массы автомобилей согласно этому классу [2; 3].

Результаты исследования. В ходе работы было рассчитано количество оксида углерода, выбрасываемого бензиновыми и дизельными автомобилями в атмосферный воздух на исследуемых участках дорог. Результаты обработаны статистически с использованием пакета прикладных программ STATISTICA.

Далее был рассчитан объем выбросов оксида углерода [4]. На рисунке 4 представлены результаты расчетов количества выбросов CO.

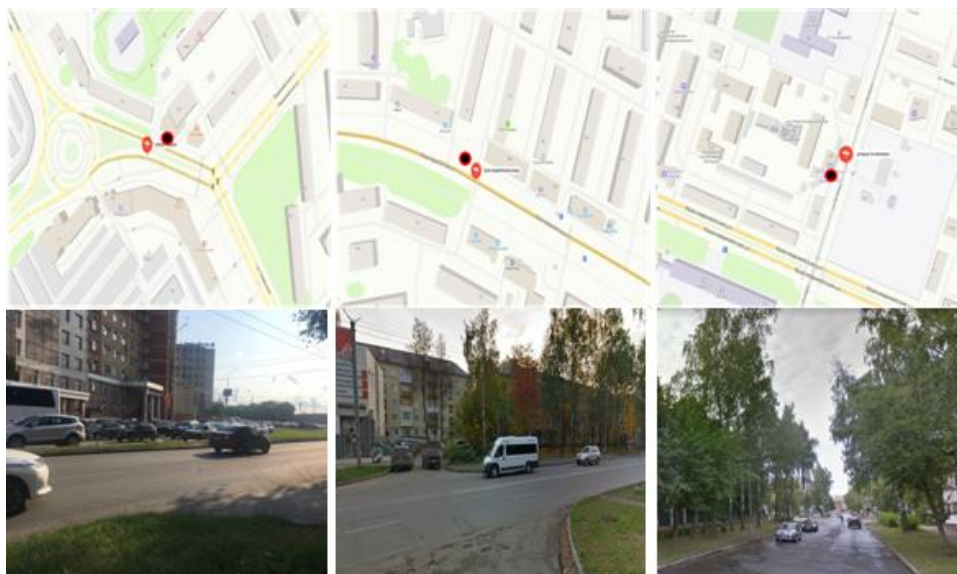


Рис. 1. Районы исследования

На основе проделанной работы, мы можем сделать следующий вывод, что максимальное количество автомобилей было зафиксировано в час пик по ул. Герцена – 770 шт./ч бензиновых и 164 шт./ч дизельных, это в 2,4–7,1 раза больше по сравнению с ул. Красноармейской. При сравнении улиц Герцена и Осипенко было обнаружено, что интенсивность транспортного потока на ул. Герцена в 4,4–55,0 раз была выше, что указывает на разную степень загруженности улиц автомобилями.

Максимальное количество выбросов CO было отмечено в воздухе по ул. Герцена в час пик: 0,01 т/ч, среднее - на ул. Красноармейской: 0,004 т/ч и минимальное 0,002 т/ч на ул. Осипенко. В спокойном потоке (с 11-00 по 12-00) эти значения были равны: 0,0036 т/ч - 0,0023 т/ч - 0,0011 т/ч, соответственно.

На основе полученных данных, были разработаны следующие рекомендации: водителям выбирать по возможности менее загруженные улицы в качестве маршрута, особенно в часы максимальной транспортной нагрузки.

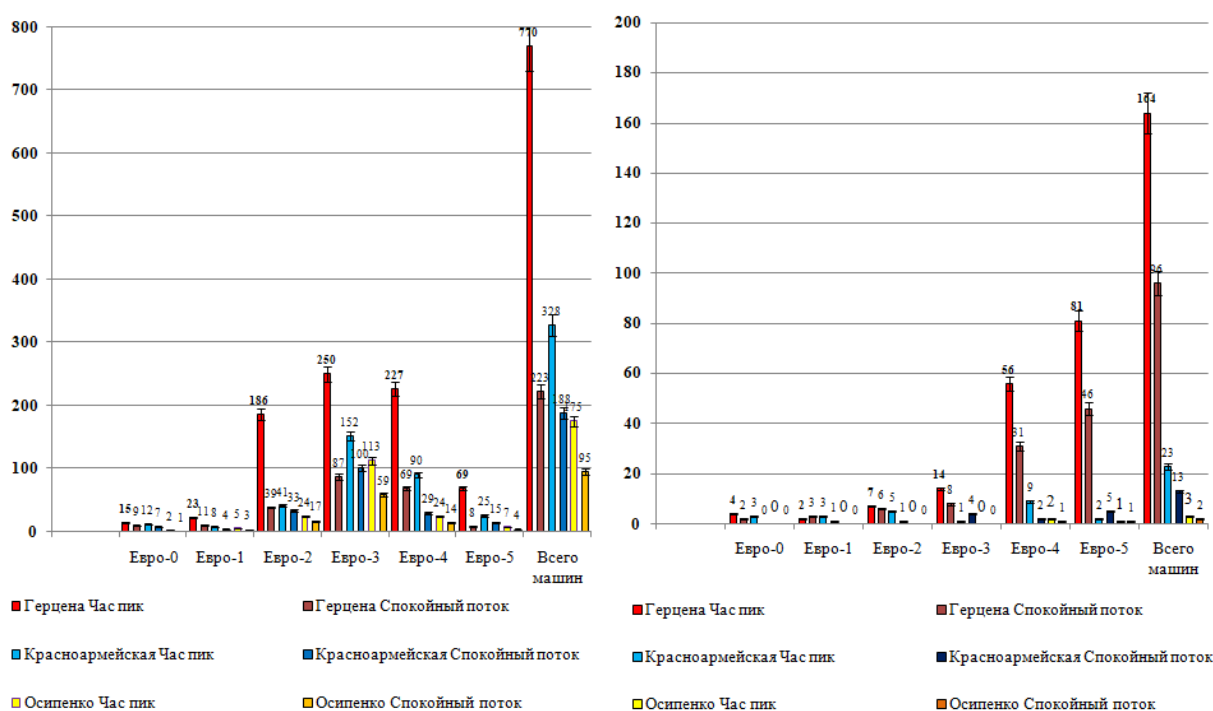


Рис. 2. Количество бензиновых и дизельных автомобилей на улицах г. Йошкар-Олы (шт./ч)

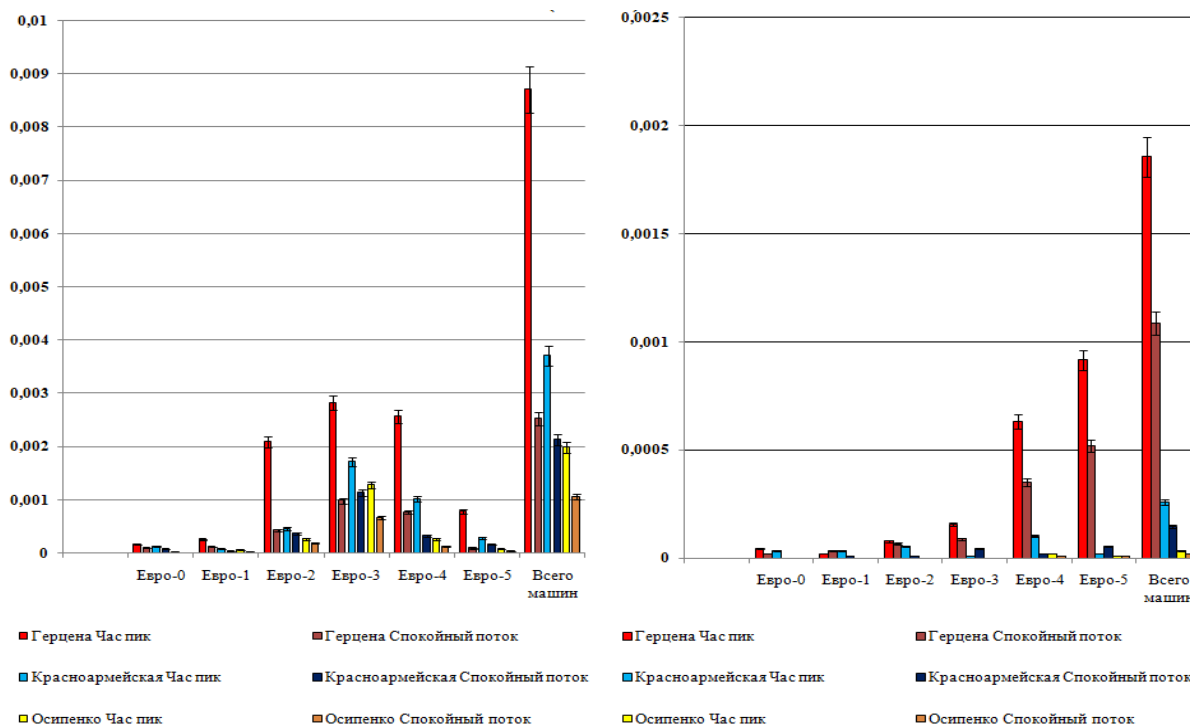


Рис. 3. Количество выбросов СО от бензиновых и дизельных автомобилей на улицах г. Йошкар-Олы (т/ч)

Таблица 1

Статистическая обработка результатов расчетов выбросов СО

Крит. Шеффе; перемен. СО (Расчеты курсовой) Вероятности для апостер. критериев Ошибка: Межгр. MS = 0,00000, сс = 60,000															
	Топливо	Время	Улица	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	Бензин	Час пик	Герцена		0,573226	0,129434	0,229143	0,152619	0,040747	0,111522	0,012113	0,00843	0,041393	0,010118	0,008277
2	Бензин	Час пик	Красноармейская	0,573226		0,999865	0,999997	0,999944	0,993132	0,999727	0,94387	0,913825	0,99338	0,929958	0,912086
3	Бензин	Час пик	Осипенко	0,129434	0,999865		1	1	1	0,999868	0,999559	1	0,999753	0,999534	
4	Бензин	Спокойный поток	Герцена	0,229143	0,999997	1		1	0,999977	1	0,99822	0,99582	0,999979	0,997232	0,99565
5	Бензин	Спокойный поток	Красноармейская	0,152619	0,999944	1	1		0,999999	1	0,999705	0,999121	0,999999	0,99948	0,999076
6	Бензин	Спокойный поток	Осипенко	0,040747	0,993132	1	0,999977	0,999999		1	1	0,999999	1	1	0,999999
7	Дизель	Час пик	Герцена	0,111522	0,999727	1	1	1	1		0,999939	0,999772	1	0,999879	0,999758
8	Дизель	Час пик	Красноармейская	0,012113	0,94387	0,999868	0,99822	0,999705	1	0,999939		1	1	1	1
9	Дизель	Час пик	Осипенко	0,00843	0,913825	0,999559	0,99582	0,999121	0,999999	0,999772	1		0,999999	1	1
10	Дизель	Спокойный поток	Герцена	0,041393	0,99338	1	0,999979	0,999999	1	1	1	0,999999		1	0,999999
11	Дизель	Спокойный поток	Красноармейская	0,010118	0,929958	0,999753	0,997232	0,99948	1	0,999879	1	1	1	1	1
12	Дизель	Спокойный поток	Осипенко	0,008277	0,912086	0,999534	0,99565	0,999076	0,999999	0,999758	1	1	0,999999	1	

На рисунке 4 указаны результаты статистической обработки данных с использованием пакета прикладных программ STATISTICA.

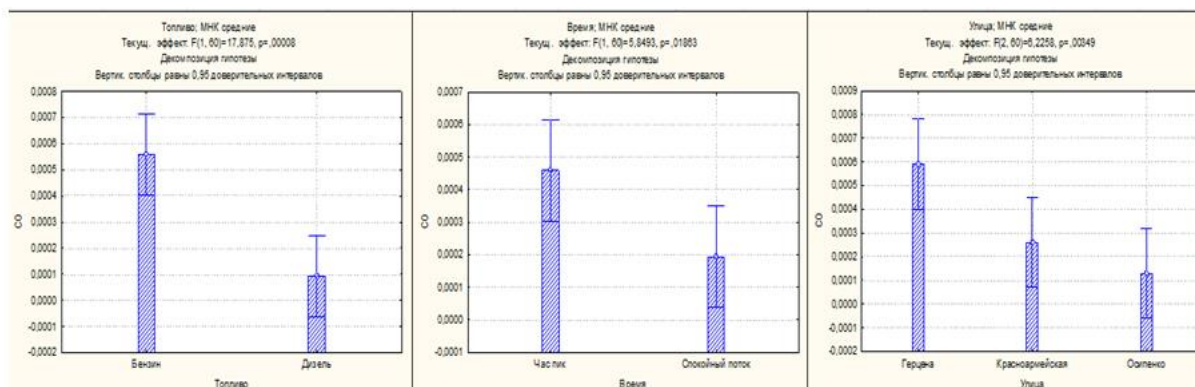


Рис. 4. Статистическая обработка данных

ЛИТЕРАТУРА

1. Воскресенская О. Л., Скочилова Е. А., Копылова Т. И., Алябьева Е. А., Сарбаева Е. В. Организм и среда: факториальная экология: учебное пособие / Мар. гос. ун-т. 2005. С. 127–132.
2. ГОСТ Р 54120-2010 Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования.
3. Ложкин В. Н., Ложкина О. В., Гавкалюк Б. В., Косовец М. А., Пенченков. О загрязнении воздуха тепловыми двигателями и их пожарной и экологической безопасности // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2019. № 3 (207). С. 80–87.
4. Матушевич О. В., Фадейкина Н. В. Мировой рынок новых легковых автомобилей: текущее состояние и тенденции развития // Экономические исследования и разработки. 2019. № 4. С. 46–62.
5. Сердюкова А. Ф., Барабанищев Д. А. Влияние автотранспорта на окружающую среду // Молодой ученый. 2018. № 25 (211). С. 31–33.

***Trifolium Pratense* в опытных посевах на золоотвале верхнетагильской ГРЭС**

Лукина Н. В., Глазырина М. А., Филимонова Е. И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург natalia.lukina@urfu.ru

Одним из видов нарушенных земель являются золоотвалы тепловых электростанций. Занимая огромные площади, они наносят существенный ущерб окружающей среде. Наиболее эффективным способом ликвидации вредного влияния золоотвалов в настоящее время является их озеленение, т. е. создание растительного покрова санитарно-гигиенического назначения с частичным хозяйственным использованием (сенокосные угодья). Для этой цели используются растения, устойчивые к условиям необычной для них среды и способные образовывать высокопродуктивные растительные сообщества [1; 2]. В связи с этим очень важным и актуальным является подбор видов для создания устойчивых хозяйственно ценных культурфитоценозов.

Целью наших исследований было оценка 4-летних опытных посевов *Trifolium pratense* L., созданных на золоотвале Верхнетагильской государственной районной электростанции (ВТГРЭС).

Trifolium pratense L. (клевер луговой) – многолетнее травянистое растение сем. Fabaceae Lindl. Вид имеет Евро-Западно-Азиатский ареал, в пределах которого широко распространен в составе луговых и опушечных сообществ, а также по сорным местам и у дорог. *T. pratense* способен расти на различных типах почв: дерново-подзолистых, серых лесных, выщелоченных и оподзоленных черноземах и т. д. Предпочитает слабокислые влажные суглинки, плохо развивается на песчаных, кислых и засоленных почвах [3]. Он отличается относительно высокой холодо- и морозостойкостью. *T. pratense* – ценное кормовое и пищевое, медоносное, красильное и лекарственное растение, используемое в народной медицине, а также является важнейшим сидератом [4; 5]. Виды рода Клевер (*Trifolium* L.) представляют особенный интерес для восстановления плодородия пашен, рекультивации техногенных экотопов, при создании газонов, кормовых угодий [6; 7].

Исследования проводили на золоотвале ВТГРЭС, расположенном в 5 км от г. Верхний Тагил, в 70 км к северо-западу от г. Екатеринбурга. Площадь золоотвала составляет 125 га. Зола содержит малое количество азота и калия, и достаточное фосфатов. Реакция среды зольного субстрата слабощелочная [8]. Основными факторами, лимитирующими рост и развитие растений на золоотвалах, являются ветровая эрозия, низкая влагоемкость, плохая теплопроводность и полное отсутствие органического вещества.

На золоотвале были проведены опытные посевы *T. pratense* одноукосного (позднеспелого) на золе с покрытием 3–4 см торфа. Было засеяно 5 опытных площадок по 50 м² каждая. Контрольные посевы были проведены на почве.

Различают два основных типа *T. pratense* – позднеспелый и раннеспелый. В составе позднеспелого клевера преобладают растения с озимым типом развития, которые в год посева образуют укороченные побеги в виде розетки. Только на второй или третий год, после прохождения стадии яровизации, позднеспелый клевер образует генеративные цветущие и плодоносящие побеги [9; 10].

Исследования показали, что в условиях золоотвала в первый год жизни *T. pratense* рос очень медленно. В целом развитие отставало на один год по сравнению с контролем. Только на третий год наблюдалось цветение и плодоношение. Такое запаздывание в развитии на зольном субстрате объясняется тем, что, являясь растением влаголюбивым, на золоотвале клевер испытывал недостаток воды.

На четвертый год в начале вегетации нарастание побегов в высоту проходило медленно. Но в период кущения прирост ускорялся, особенно со вступлением в фазу бутонизации. В начале фазы цветения прирост стеблей достигал своего максимума (рис. 1).

На опытных площадках максимальная высота растений *T. pratense* достигала 39,4 см. Средняя высота растений (25,3 см) была в 1,8 раз меньше, чем в контроле (46,0 см). В естественных условиях высота особей данного вида варьирует в среднем от 40 до 65 см, в травосмесях – до 2,0 м.

Жизненный цикл *T. pratense*, как и других бобовых трав, делится на шесть основных фенологических фаз: весеннее отрастание, ветвление, бутонизация, цветение, созревание семян, отмирание побегов. С фазы весеннего отрастания (стеблевания) до бутонизации включительно происходит интенсивный рост стеблей и увеличение надземной массы. В период от бутонизации до начала цветения и плодоношения рост стеблей несколько замедляется.

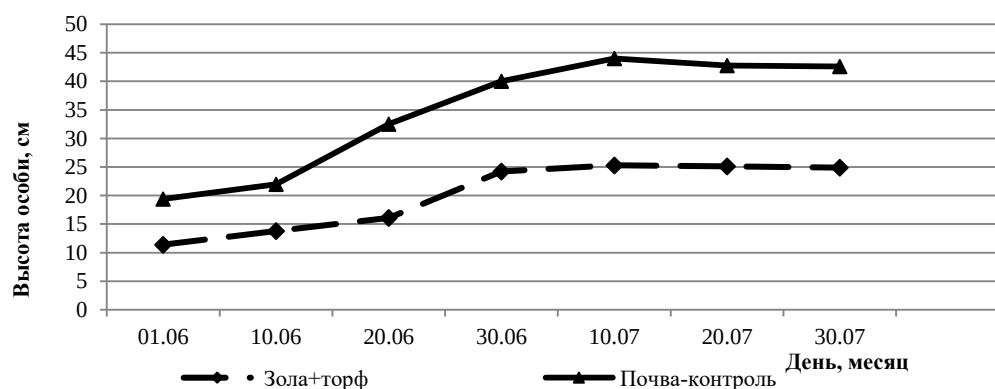


Рис. 1. Динамика роста *Trifolium pratense* в опыте на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС и в контроле

Изучение продолжительности фаз развития *T. pratense* показало, что в условиях золоотвала фаза бутонизации 4-летних особей началась на 3 дня раньше по сравнению с контролем (табл. 1). Фаза цветения началась на 4 дня раньше, по сравнению с контролем, и закончилась также раньше на 11 дней. Созревание семян началось на 5 дней раньше, чем на почве. Таким образом, у *T. pratense* в условиях золоотвала наблюдалось ускоренное прохождение фаз вегетации.

Всхожесть семян в опыте (61,0 %) была сопоставима со всхожестью в контроле (65,2 %).

Таблица 1

Продолжительность фаз развития *Trifolium pratense* на четвертый год жизни

Фазы развития	Опыт	Контроль
Вегетация	28 апреля	30 апреля
Бутонизация	16 июня – 28 июля	19 июня – 06 июля
Цветение	26 июня – 14 июля	30 июля – 25 июля
Начало созревания семян	10 июля	15 июля
Всхожесть семян, %	61,0	65,2

Известно, что на нарушенных промышленностью землях, развитие растений зависит от экологических условий среды обитания и от развития их корневой системы [11; 12].

У взрослых растений клевера корень стержневой с хорошо развитыми боковыми корнями. В первый год жизни растения корни быстро углубляются в почву на глубину до 20 см, в природных условиях подземные части могут проникать в почву на глубину до 2 м, однако основная их масса располагается на глубине до 30 см. На их долю приходится до 70 % подземной части [5].

Исследования показали, что в условиях золоотвала максимальная длина корней *T. pratense* составляла 25,7 см, а в контроле – 30,7 см (табл. 2). Накопление корневой массы *T. pratense* в опыте (2,93 г) было меньше, чем в контроле (7,54 г), но соотношение надземной к подземной массе на золоотвале (2,3) было значительно выше, чем на почве (0,3), что вероятно, связано с крайне малым содержанием элементов минерального питания и воды в зольном субстрате. Подобные особенности роста корневой системы в условиях золоотвалов были также отмечены другими авторами [13].

По данным [5] *T. pratense* хорошо кустится. В загущенных травостоях в кусте образуется в среднем 5–8 стеблей, в разреженных – 30–70. В опыте на золоотвале среднее количество стеблей (6,6 шт. на особь) и их облиственность (5,4 листа на побег) были ниже, чем в контроле (10,6 и 7,0 соответственно) (табл. 2).

T. pratense, как и другие бобовые растения, обладает способностью накапливать в корнях большое количество азотсодержащих веществ. Это биологическое свойство обусловлено симбиозом его корней с клубеньковыми бактериями, которые способны поглощать из воздуха свободный азот и синтезировать белковые вещества. По мере отмирания корней *T. pratense* в почве накапливается до 45 % азота, от его количества в наземной массе. На дерново-подзолистых почвах количество накопленного азота может составлять до 280 кг/га [6; 14].

Таблица 2

Некоторые морфологические параметры *Trifolium pratense* в опыте и контроле (четвертый год жизни)

Показатели	Опыт	Контроль
Высота особи, см	25,3±1,5	46,0±1,8
Число побегов, шт.	6,6±0,5	10,6±0,7
Число листьев на одну особь, шт.	5,4±1,1	7,0±1,3
Максимальная длина корней, см	25,7±2,3	30,7±2,8
Длина стержневого корня, см	24,0±2,1	30,7±2,5
Вес корней, г	2,93±0,6	7,54±0,8
Вес надземной массы, г	6,64±0,5	2,03±0,6
Соотношение надземной и подземной массы	2,3	0,3

Мелиоративное воздействие *T. pratense* на почву связано также с глубоко проникающей корневой системой, благодаря которой он использует труднодоступные для других растений почвенные соединения из глубоких горизонтов и, перенося их в корнеобитаемый слой, обогащает почву калием, кальцием, фосфором и другими элементами [7; 15].

Таким образом, проведенные исследования показали, что на золоотвале ВТГРЭС в опытных посевах с нанесением 3–4 см торфа у *T. pratense* происходит уменьшение высоты растений, числа и облиственности побегов по сравнению с посевами на почве. Способность развивать мощную корневую систему и обогащать субстрат азотом благодаря симбиозу с азотфиксирующими бактериями позволяют рекомендовать *T. pratense* в качестве фитомелиоранта при рекультивации золоотвалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема FEUZ-2023-0019.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ламанова Т. Г., Шеремет Н. В. Агрофитоценозы на отвалах в южной части Кузнецкой котловины. Новосибирск : Офсет, 2010. 226 с.
2. Bolshakov V., Chibrik T. Biological recultivation: ural approach // Science in Russia. 2007. № 3 (159). Pp. 106–112.
3. Руководство по удобрению многолетних бобовых трав (люцерна, клевер, донник, эспарцет) : метод. рекомендации / Е. И. Волошин, А. Т. Аветисян; Красноярск : Краснояр. гос. аграр. ун-т., 2017. 31 с.
4. Флора Европейской части СССР. Т. 6. Покрытосеменные. Двудольные. Л. : Наука, 1987. С. 195–208.
5. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 3. Семейства Fabaceae – Apiaceae. СПб. : М., 2010. 601 с.
6. Капустин Н. И., Медведева Н. А., Прозорова М. Л. Почвоулучшающее и продукционное значение клевера лугового в северо-западном регионе // Молочнохозяйственный вестник. 2015. № 2 (18). С. 20–28.
7. Борисова Е. Е. Роль клевера лугового в экологизации и биологизации земледелия // Символ науки. 2016. № 4. С. 56–61.
8. Lukina N. V., Filimonova E. I., Glazyrina M. A., Maleva M. G., Prasad M. N. V., Chibrik T. S. Chapter 19 – Biological recultivation of fly ash dumps strengthening bioeconomy and circular economy in the ural region of Russia // Bioremediation and Bioeconomy (Second Edition): A Circular Economy Approach. Elsevier BV, 2024. P. 499–527. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-16120-9.00003-05>
9. Медведев П. Ф. Сметанникова А. И. Кормовые растения европейской части СССР: Справочник. Л. : Колос. Ленинградское отд-е, 1981. 336 с.
10. Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М. : Товарищество научных изданий КМК, 2003. 667 с.
11. Волкова В. Г. Устойчивость растений в условиях техногенного воздействия щелочного типа // География и природные ресурсы. 1989. № 3. С. 34–39.
12. Чайка Н. И., Гурина И. В. Эколого-мелиоративная и биологическая характеристика корневых систем растений на породных отвалах угольных шахт Донбасса // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2 (26). С. 50–68.
13. Шеремет Н. В., Ламанова Т. Г., Доронькин В. М., Ветлужских Н. В. Формирование растительности при естественном зарастании золоотвалов на юге Западной Сибири // Растительный мир азиатской России. 2018. № 4 (32). С. 95–101. DOI: [https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2018-4\(95-101\)](https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2018-4(95-101))
14. Козлова Л. М. Влияние различных видов сидеральных удобрений на плодородие почвы. Каунас : Литовская СХА, 2001. С. 21–24.
15. Новоселов С. И., Кузьминых А. Н., Еремеев Р. В. Плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки и севооборота // Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 22–25.

Влияние силикатных PGP-ризобактерий на параметры роста *Spinacia oleracea* в зависимости от содержания азота

Малева М. Г., Авраменко А. В., Воропаева О. В., Борисова Г. Г.

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург
maria.maleva@mail.ru

В последние десятилетия площади пригодных для сельскохозяйственного использования земель активно сокращаются. При выращивании культур на малоплодородных и нарушенных почвах необходимо использовать экологически чистые препараты для восстановления педосферы и минимизации дальнейшего ущерба [1]. Для решения этой задачи особую актуальность представляет создание биоудобрений на основе бактерий, стимулирующих рост растений (PGP – «plant growth-promoting bacteria»). Они обладают способностью к солюбилизации недоступных соединений макро- и микроэлементов, продукции фитогормонов, сидерофоров и аммония и другими ростстимулирующими свойствами, что способствует повышению устойчивости культурных растений к неблагоприятным факторам среды и их продуктивности [2]. Более того, применение таких биоудобрений может быть эффективным при проведении биологической рекультивации и фиторемедиации нарушенных земель [3].

Целью работы являлась оценка влияния биоудобрения на основе силикатных PGP-ризобактерий на параметры роста (биомасса, длина побега и корня, количество и площадь листьев) *Spinacia oleracea* L. (шпинат) при разном содержании азота в субстрате. Шпинат был выбран как растение, способное к быстрому росту. При своей небольшой биомассе, по сравнению с другими культурами, шпинат обладает достаточно высоким количеством биологически важных веществ, таких как калий, железо, марганец, йод, антиоксиданты, витамины А, С, Е и т. д. [4]. Растения шпината выращивали на малоплодородном субстрате, инокулированном жидкой культурой силикатных ризобактерий *Bacillus* sp. штамм TO15c без и при добавлении аммонийной селитры. Штамм TO15c был ранее выделен из ризосферы одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.), произрастающего на глинистом грунте вблизи села Баженово (Свердловская обл.) [5]. Было показано, что эти ризобактерии образуют доступные формы важнейших макроэлементов (NPK), фиксируют атмосферный азот, а также продуцируют гормон роста (индолил-3-уксусную кислоту) для получения необходимых ресурсов растением [5]. Культуру PGP-ризобактерий (PGPR) выращивали до титра 10^8 КОЕ/мл на жидкой питательной среде Зака с добавлением азота глубинным методом при температуре 23 ± 2 °C и постоянной аэрации. Носителем штамма выступал нейтрализованный торфяной грунт (pH=6,0) из смеси верхового и низинного торфа. При этом грунт дважды автоклавировали на протяжении 2 ч при температуре 132 °C. После этого торф смешивали с бактериальной культурой в соотношении 1:2 (по объему) и высушивали при 40°C. Горшочки объемом 300 мл заполняли стерилизованной мелкодисперсной глиной, песком и биоудобрением в соотношении 6:1:3 (по объему). В контрольные емкости (С) вместо биопрепарата добавляли стерильный торфяной грунт. Дополнительно в некоторые варианты (табл. 1) вносили аммонийную селитру (10 г/м²). В каждый горшок высаживали по 10 семян.

Таблица 1

Схема эксперимента

Вариант опыта	Субстрат (глина:песок:торф, 6:1:3 по объему)	Силикатные бактерии (<i>Bacillus</i> sp. штамм TO15c)	Аммонийная селитра (10 г NH ₄ NO ₃ /м ²)
С	+	–	–
С+СБ	+	+	–
С+АС	+	–	+
С+СБ+АС	+	+	+

Растения шпината выращивали в течение 30 дней при естественном освещении и комнатной температуре. Эксперимент повторяли дважды в 7-кратной биологической повторности, полученные результаты усредняли. Были изучены такие параметры, как всхожесть семян, высота побегов и длина корней, количество и площадь листьев, сырой и сухой вес надземной и подземной биомассы. Произведен расчет таких характеристик, как процент всхожести семян и индекс жизненной энергии (vigor index) [6].

В результате проведения исследования были выявлены существенные различия между вариантами. Добавление аммонийной селитры к инокулированным проросткам положительно влияло как на индекс жизненной энергии, так и на сухую и сырую биомассу *S. oleracea* (рис. 1а, б), увеличивая ее в среднем в 2,5 раза. При этом отмечено также возрастание длины побега (рис. 2а), площади (рис. 2б) и количества листьев (рис. 3а). Использование одних силикатных PGPR стимулировало рост корней, увеличивая их ветвление, однако практически не влияло на их длину (рис. 3б) и другие параметры роста (рис. 1, 2).

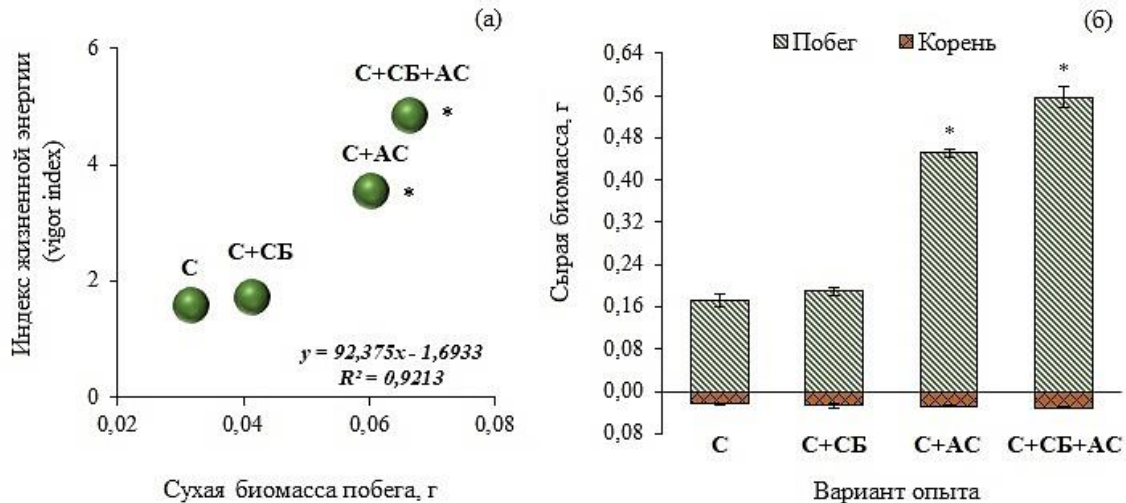


Рис. 1. Индекс жизненной энергии, сухая (а) и сырая (б) биомасса проростков *S. oleracea*, инокулированных штаммом *Bacillus* sp. TO15с (СБ), после 30-дневного выращивания на малопродуктивном субстрате (С) без/с добавлением аммонийной селитры (АС). Представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки ($n = 7$); * достоверные отличия от контроля (С) при $p < 0,05$ согласно критерию Тьюки

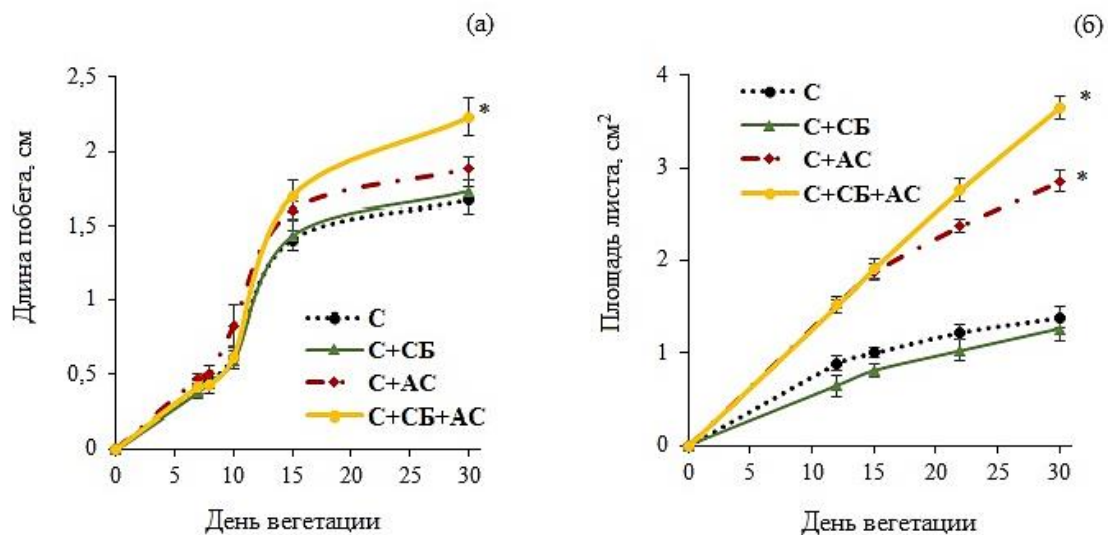


Рис. 2. Динамика изменения длины побега (а) и площади листа (б) *S. oleracea*, инокулированных штаммом *Bacillus* sp. TO15с (СБ), после 30-дневного выращивания на малопродуктивном субстрате (С) без/с добавлением аммонийной селитры (АС). Представлены среднеарифметические значения и их стандартные ошибки ($n = 7$); * достоверные отличия от контроля (С) при $p < 0,05$ согласно критерию Тьюки

Наибольший положительный эффект на растения шпината оказывали силикатные PGPR в совокупности с аммонийной селитрой, нежели при использовании бактериального и азотного удобрений по отдельности. Важным показателем при оценке морфометрических параметров растений является энергия семян, которая представляет собой сумму тех свойств, которые определяют уровень активности и производительность семян во время прорастания и появления всходов [6]. Индекс жизненной энергии при совместном использовании PGPR и азотного удобрения увеличивался в 2,5 раза по сравнению с контролем (С) и вариантом с инокуляцией

силикатными бактериями (С+СБ). При этом он был в 1,5 раза выше, чем при внесении только аммонийной селитры (рис. 1а), в то время как сырая надземная биомасса *S. oleracea* увеличивалась на 20 % (рис. 1б).

Длина побега, площадь и количество листьев также имели максимальные значения при совместном использовании силикатных РGPR и аммонийной селитры (рис. 2, 3). Подобные эффекты были получены и ранее, при изучении морфофизиологических показателей *Brassica napus*, пре-инокулированных *Bacillus* sp. TO15с, где было отмечено, что применение бактериального и азотного удобрений по отдельности оказывало меньший эффект на растения по сравнению с их совместным действием [5].

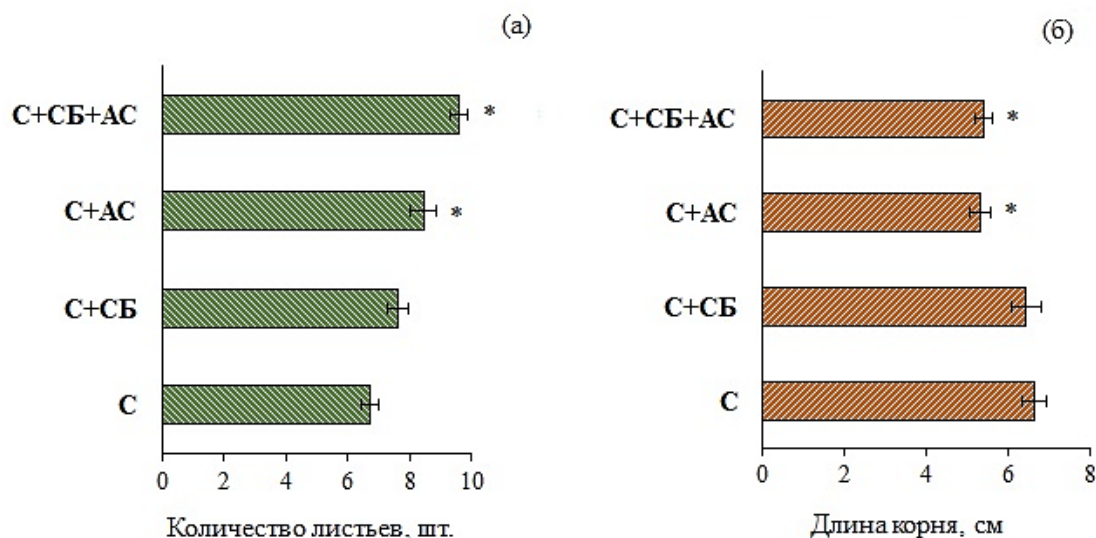


Рис. 3. Количество листьев (а) и длина корня (б) проростков *S. oleracea*, инокулированных штаммом *Bacillus* sp. TO15с (СБ), после 30-дневного выращивания на малопродуктивном субстрате (С) без/с добавлением аммонийной селитры (АС).

Представлены среднеарифметические значения и их стандартные ошибки (n = 7);

* достоверные отличия от контроля (С) при $p < 0,05$ согласно критерию Тьюки

Очевидно, дополнительное продуцирование РGPR-ризобактериями регуляторов роста растений способствовало более активному развитию корневой системы, что приводило к более интенсивному поглощению биогенных элементов из почв [5]. В результате растение претерпевает биохимические и морфологические изменения, приобретая устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам [2; 3].

Способность силикатных РGPR-ризобактерий солибилизировать нерастворимые соединения фосфора и калия открывает широкие перспективы для их использования при освоении малопродуктивных и нарушенных земель, фиторемедиации и в других отраслях агропромышленного комплекса. Однако биоудобрения на основе *Bacillus* sp. штамм TO15с способны оказывать положительный эффект на состояние почвы и продуктивность культурных растений только при дополнительном внесении азотного удобрения несмотря на то, что эти бактерии способны к фиксации азота.

Таким образом, на основании полученных результатов установлено, что инокуляция почвы РGPR-ризобактериями *Bacillus* sp. (штамм TO15с) способствовала росту и ветвлению корней у *S. oleracea*, в то время как внесение аммонийной селитры увеличивало его надземную биомассу. Однако максимальный положительный эффект достигался при совместном внесении *Bacillus* sp. TO15с и азотного удобрения. Следовательно, биоудобрение на основе изученного штамма целесообразно применять только совместно с дополнительным источником азота.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00292, URL: <https://rscf.ru/project/23-26-00292>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковченко М. А., Дрёмова М. С., Позднякова О. Г., Курбанова М. Г. Применение удобрений в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. 2013. № 8(114). С. 4–6.
2. Aloo B. N., Tripathi V., Makumba B. A., Mbega E. R. Plant-growth promoting rhizobacterial biofertilizers for crop production: The past, present, and future // Frontiers in Plant Science. 2022. No. 13. Article 1002448.
3. Chandran H., Meena M., Sharma K. Microbial biodiversity and bioremediation assessment through omics approaches // Frontiers of Environmental Chemistry. 2020. No. 1. Article 570326.
4. Волкова Е. Н. Влияние биопрепаратов на урожайность и качество шпината // Биотехнологические приемы производства и переработки сельскохозяйственной продукции. 2021. № 1. С. 194–198.

5. Борисова Г. Г., Воронаева О. В., Малева М. Г., Кумар А., Трипти. Оценка ростостимулирующих свойств ризобактерий *Bacillus* sp. и их влияние на морфофизиологические характеристики рапса // Аграрный вестник Урала. 2023. № 07(236). С. 2–13.
6. Kumar B., Verma S. K., Ram G., Singh H. P. Temperature relations for seed germination potential and seedling vigor in Palmarosa (*Cymbopogon martinii*) // Journal of Crop Improvement. 2012. No. 26. Article 791–801.

Оценка рекреационной нагрузки на территории городского лесопарка «Сосновая роща»

Мусаев Э. О., студ. 4 курса

Науч. рук. – Алябышева Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
elbekmusayev4@gmail.com

Актуальность. Рекреационная деятельность способствует интенсификации изменений ее природных комплексов. В связи с этим возникла проблема оптимизации рекреационных нагрузок на природные комплексы в целях предотвращения их деградации и сохранения комфортных условий рекреационной деятельности. Сущность этой проблемы сводится к обоснованию экологической нагрузки на природные комплексы, не превышающей пределов их естественных восстановительных способностей, путем установления нормативов рекреационного воздействия на них [1].

Природные комплексы в городских экосистемах имеют большое значение и выполняют ряд важнейших функций: средообразующую, санитарно-защитную, природоохранную, рекреационную и т.п. К ним относятся: городские и пригородные леса и лесопарки, парки, озелененные территории различного назначения, водные поверхности и долины рек [2].

С увеличением численности населения возрастают и рекреационные потребности жителей и требования к качеству окружающей среды. В то же самое время интенсивное социально-экономическое развитие сопровождается ростом антропогенного воздействия, сокращением природных территорий, нарушением экологической устойчивости и деградацией окружающей среды в целом [3].

Цель работы – оценить рекреационную нагрузку на территории городского лесопарка «Сосновая роща».

Лесопарк «Сосновая роща» расположен по адресу: Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пр. Ленина, в 60 м на юго-восток от д. 92, общей площадью 342,32 га. Протяженность территории занятой зелеными насаждениями с севера на юг – 3,6 км, с востока на запад – 2,9 км. Зеленые насаждения в границах лесопарка «Сосновая роща» представлены, в основном, одним лесным массивом.

Методы исследования. Исследования проводили в июне-августе 2023 г. на территории городского лесопарка «Сосновая роща». Оценка рекреационной нагрузки на территории городского лесопарка «Сосновая роща» проводили в следующих зонах: зона активного отдыха, прогулочной и зона тихого отдыха.

В ходе работы была проведена эстетическая оценка и комплексная рекреационная оценка лесопарка «Сосновая роща» согласно разработанной шкале эстетической оценки ландшафта [1; 4]. В работы оценено количество рекреантов (чел./ч/га), а также человеко-дней на единицу площади рекреационного объекта в определенный период времени [5].

Результаты исследования. Одно из малоизученных свойств ландшафтов – их способность удовлетворять духовно-эстетические потребности людей. В ходе исследования было выявлено, что лесопарк «Сосновая роща» характеризовался I и II классами эстетической оценки. В условиях более высокой рекреационной нагрузки на природные ландшафта лесопарка класс эстетической нагрузки снижался. Наибольшим пейзажно-эстетическим потенциалом обладала зона тихого отдыха (табл. 1).

Таблица 1

Эстетическая оценка ландшафта лесопарка «Сосновая роща»

Зона	Класс эстетической оценки
Прогулочная	II
Зона активного или массового отдыха	II
Зона тихого отдыха	I

Комплексная рекреационная оценка ландшафтов в трех функциональных зонах лесопарка показала, что наибольшие баллы были отмечены для зоны тихого отдыха (59,0 баллов), на втором месте была зона активного или массового отдыха (56,3 баллов), на третьем месте прогулочная зона (53,0 баллов). В зоне тихого

отдыха лесопарка было обнаружено высокое разнообразие древесных и травянистых растений, здесь встречались небольшие водные объекты, было обнаружено небольшое загрязнение территории, но без нарушения комфортности (рис. 1).

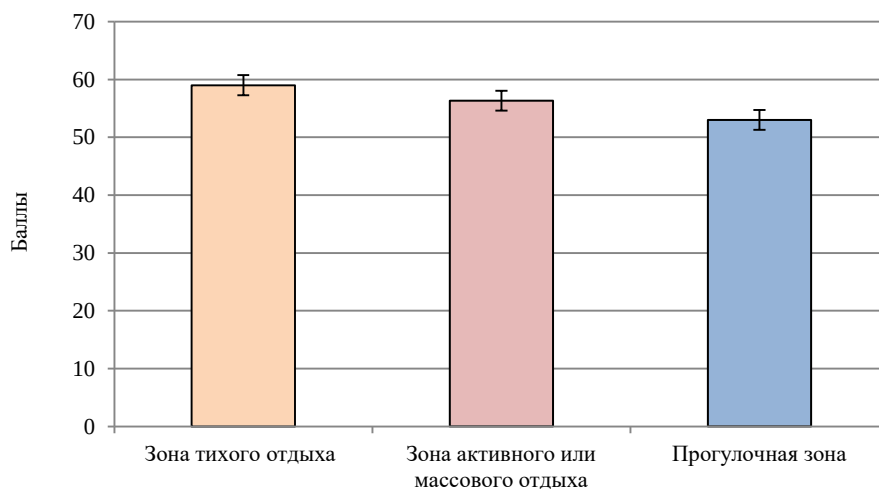


Рис. 1. Комплексная рекреационная оценка зон лесопарка «Сосновая роща»

В настоящее время особенно актуальна оценка рекреационной нагрузки на территорию. В летний период 2023 г. количество рекреантов лесопарка «Сосновая роща» составило в среднем 26,3 чел./ч/га и зависило от функциональной зоны. Наибольшая посещаемость была отмечена в прогулочной зоне. В выходные дни количество рекреантов лесопарка увеличивалось в 1,5–4,7 раз по сравнению с буднями. При этом было отмечено увеличение посещений в вечерние часы с 17,00 до 19,00 часов (рис. 2).

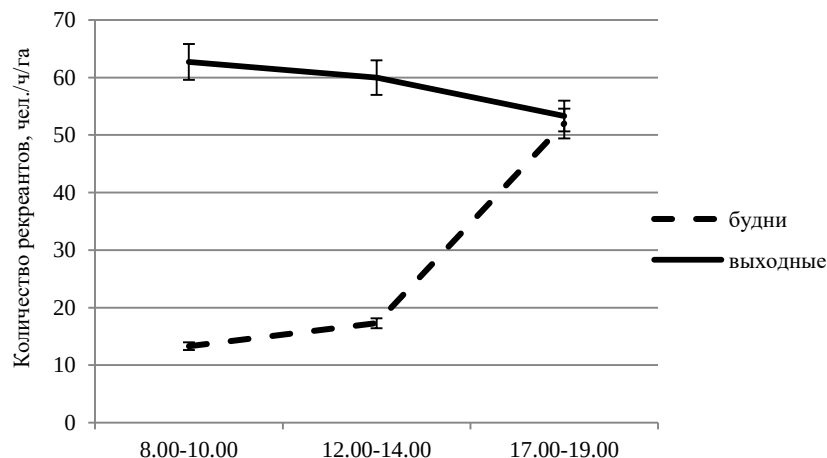


Рис. 2. Средняя посещаемость прогулочной зоны лесопарка в летний период

Количество посещений территории лесопарка в летний период 2023 г. было довольно высоким, что говорит о постоянно возрастающей антропогенной нагрузке на природный комплекс. Это связано с ростом городского населения и его рекреационных потребностях, благосостоянием (так как значительно увеличивается посещение именно на личном автотранспорте), развитием городской инфраструктуры и инфраструктуры самого лесопарка «Сосновая роща».

Таким образом, в работе проведена оценка экологического состояния и рекреационного природопользования городского, проанализированы результаты оценки рекреационной нагрузки. Анализируя, структуру и рекреационное значение, было установлено, что в настоящее время их активное использование, чаще всего в стихийной рекреации, что приводит к негативным последствиям. В результате этого возникает потребность в регулировании рекреационного природопользования, разработке специальной программы, позволяющей совместить благоприятные условия отдыха населения и сохранить лесные ландшафты исследуемой территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агальцова В. А. Основы лесопаркового хозяйства. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 40 с.
2. Серова О. В., Кулагин А. Ю. Рекреационные технологии. Уфа : Изд-во БГПУ, 2017. 170 с.
3. Фомина Н. В. Основы лесопаркового хозяйства. Красноярск, 2017. 45 с.
4. Отчет на выполнение работ по инвентаризации зеленых насаждений и проектирование мероприятий в границах ООПТ «Сосновая роща». Йошкар-Ола, 2013. 55 с.
5. Спесивый О. В., Щербинина С. В., Севрюков, С. Т. Оценка экологического состояния и рекреационного природопользования городского природного комплекса лесопарка «Олимпик». Воронеж : Изд-во ВГУ, 2019. 108 с.

Особенности накопления витаминов мелколепестником однолетним в разных условия произрастания

Николаева Ю. М., Воскресенская О. Л.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
yuiya2511-1990@mail.com

Основным показателем качества растительного сырья является содержание биологически активных веществ. В конечном итоге именно содержание биологически активных веществ определяет ценность растения. Химический состав растительного организма в значительной степени подвержен влиянию разнообразных внутренних и внешних факторов. Он меняется в процессе онтогенеза растений, их сезонного развития и под влиянием многочисленных факторов окружающей среды (климатических, орографических, эдафических, биотических и т. д.). Содержание биологически активных веществ в растениях весьма незначительно, и к тому же подвержено изменениям в зависимости от вида, сорта и стадии вегетации растений; типа почвы, ее физических свойств и химического состояния, а также антропогенного воздействия [1; 2].

Как одним из перспективных источников биологически активных веществ можно считать растения рода *Erigeron* L. (мелколепестник), который включает в себя около 200 видов растений, произрастающих в самых разнообразных условиях. На территории Республики Марий Эл распространен мелколепестник однолетний.

Образцами для исследований служили листья и соцветия, разделенные на язычковые и трубчатые цветки. Анализ образцов мелколепестника однолетнего проводился в лаборатории фармакогнозии Института естественных наук и фармации по фармакопейным статьям [3]. В образцах определялось содержание аскорбиновой кислоты, суммы флавоноидных соединений в пересчете на рутин, органических кислот в пересчете на яблочную кислоту и содержание дубильных веществ.

Сбор растительного материала проводили в трех районах республики, отличающихся по экологическим, эдафическим, фитоценологическим условиям: ЦП-1 – расположен в Моркинском районе, вблизи памятника природы Карман Курык. Относится к злаково-разнотравному растительному сообществу, преобладающий вид антропогенной нагрузки – рекреационное и сенокосное угодье. Почвы – дерновоподзолистые, песчаные. ЦП-2 – расположен в Медведевском районе, вдоль автомобильной дороги республиканского значения. Относится к полынно-разнотравному луку. Почвы – дерновоподзолистые, суглинистые. ЦП-3 – расположен в Килемарском районе, вблизи с.Арда. Относится к злаково-разнотравному растительному сообществу, преобладающий вид антропогенной нагрузки – используется как сенокосное и пастбищное угодье, почвы – торфяно-глеевые.

Полученные результаты обработаны методами математической статистики с помощью программ STATISTICA 13 и Microsoft Excel. В работе использовались следующие статистические характеристики: среднее арифметическое, ошибка среднего арифметического, минимальные и максимальные значения в выборке, двухфакторный дисперсионный анализ, а также были проведены множественные сравнения с помощью критерия Шеффе. За статистически значимые различия принимали значения $p < 0,05$.

Содержание некоторых биологически активных веществ в образцах листьев и соцветий мелколепестника однолетнего, собранной на изучаемых территориях, представлено в таблице 1.

Таблица 1

Содержание некоторых биологически активных веществ в мелколепестнике однолетнем

Районы исследования	язычковые цветки	трубчатые цветки	листья
	аскорбиновая кислота, мг%		
ЦП-1 (Моркинский Район)	163,2±6,25	63,2±2,08	91,6±3,48
ЦП-2 (Медведевский район)	95,6±7,13	41,0±2,46	80,3±1,61
ЦП-3 (Килемарский район)	102,1±7,68	55,8±3,54	86,2±4,66

Районы исследования	язычковые цветки	трубчатые цветки	листья
	аскорбиновая кислота, мг%		
	рутин, мг%		
ЦП-1 (Моркинский Район)	1,02±0,020	0,98±0,011	1,29±0,130
ЦП-2 (Медведевский район)	0,88±0,009	0,73±0,022	0,96±0,002
ЦП-3 (Килемарский район)	0,71±0,043	0,90±0,034	1,25±0,035

Аскорбиновая кислота (витамин С) относится к группе водорастворимых витаминов. Аскорбиновая кислота является мощным восстановителем, который предохраняет от окисления ряд биологически активных соединений, участвует в транспорте электронов в окислительно-восстановительных процессах, является восстановителем и легко переходит в дигидроаскорбиновую кислоту [4].

Наиболее высокое содержание аскорбиновой кислоты было обнаружено в листьях мелколепестника однолетнего, произрастающего в ЦП-1 (91,6 мг%). Наименьшим содержанием аскорбиновой кислоты отличались растения произрастающие в Медведевском районе (ЦП-2), где разница в содержании составляла 11 %. Однофакторный дисперсионный анализ не выявил статистически значимых различий по содержанию аскорбиновой кислоты в листьях мелколепестника однолетнего в разных районах произрастания ($p > 0,05$).

Язычковые цветки – один из пяти характерных типов цветков в соцветиях растений семейства Астровые. Язычковые цветки имеют обычно пять тычинок и один пестик, венчик представляет собой короткую трубку, от которой в виде лопасти или язычка отходят сросшиеся лепестки [5].

Наибольшим содержанием аскорбиновой кислоты в язычковых цветках, как и в листьях, характеризовались растения мелколепестника однолетнего, произрастающего в ЦП-1 (162,23 мг%). В ЦП-3 и ЦП-2 количество витамина С в язычковых цветках снижалось в 1,5–1,7 раза по сравнению с Моркинским районом. Однофакторный дисперсионный анализ показал значимость фактора район произрастания на содержание аскорбиновой кислоты в язычковых цветках мелколепестника однолетнего ($p < 0,05$).

В составе соцветий мелколепестника однолетнего выделяют и еще один вид цветков – трубчатые. Трубчатые цветки актиноморфные, имеют длинную трубку, сверху образующую расширение, или же имеют короткий пятизубчатый отгиб, сформированный свободными верхушками лепестков [5]. Трубчатые цветки во всех трех районах исследования содержат меньшее количество аскорбиновой кислоты. Аналогично листьям и язычковым цветкам, наибольшим содержанием аскорбиновой кислоты в трубчатых цветках обладали особи мелколепестника однолетнего, произрастающего в Моркинском районе, наименьшим – в Медведевском. Статистически значимые различия по содержанию витамина С в трубчатых цветках были выявлены между растениями, собранными в Моркинском и Медведевском районах ($p < 0,05$).

Несомненно, аскорбиновая кислота является одним из самых изученных витаминов. Интерес к ней объясняется той важной ролью, какую она играет в организме, но не маловажно ее совместное действие с биофлавоноидами, к которому относится рутин. Исследователями доказано, что рутин и другие флавоноиды, предохраняя аскорбиновую кислоту от окисления, совместно с ней участвуют в процессах окисления и восстановления, дополняя друг друга [6].

Мелколепестник однолетний в своих листьях содержат от 0,96 мг% до 1,29 мг% рутина в зависимости от района произрастания. Самое высокое количество рутина в листьях накапливали особи мелколепестника однолетнего, произрастающего в Моркинском и Килемарском районах. В Медведевском районе этот показатель был ниже на 25 %. Статистически значимые различия по содержанию рутина в листьях мелколепестника однолетнего наблюдались между растениями, произрастающими в Медведевском и Моркинском и Килемарском районах ($p < 0,05$).

Язычковые цветки мелколепестника однолетнего содержат на 8–40 % меньше рутина, чем листья. При этом максимальное содержание рутина в язычковых цветках наблюдалось у растений, собранных в Моркинском районе, в Медведевском районе – снижался на 15 % ($p < 0,05$). Количество рутина в язычковых цветках мелколепестника однолетнего, произрастающего в Килемарском районе составляло 0,709 мг%, что на 20–31 % меньше, двух предыдущих районов ($p < 0,05$).

В трубчатых цветках, аналогично листьям, максимальное содержание рутина наблюдалось у особей мелколепестника однолетнего, произрастающего в Моркинском районе, незначительно снижалось его содержание в Килемарском районе ($p > 0,05$). У растений, собранных в медведевском районе содержание рутина в трубчатых цветках снижалось в 1,3 раза ($p < 0,05$).

В работах М. Г. Половниковой, О. Л. Воскресенской [7] и др. отмечается, что у неустойчивых видов с повышением степени загрязнения окружающей среды, снижается содержание аскорбиновой кислоты и рутина. Таким образом, можно предположить, что более низкое содержание аскорбиновой кислоты и рутина

в мелколепестнике однолетнем в Медведевском районе, обусловлено наибольшим уровнем загрязнения окружающей среды, в то время как Моркинский район можно считать условно чистым.

Таким образом, по степени накопления аскорбиновой кислоты рутина и орагами мелколепестника однолетнего можно составить следующий ряд (по убыванию): листья → язычковые цветки → трубчатые цветки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пасеиниченко В. А. Растения продуценты биологически активных веществ // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. № 8. С. 13–19.
2. Ботов А. Ю., Яцук В. Я., Сиплиев Г. В., Сиплиев Л. Е. Перспективы применения в медицине растений рода мелколепестник // Традиционная медицина. 2013. № 2 (33). С. 43–49.
3. Государственная фармакопея Российской Федерации. Изд. XIV (14). Т. 2. М.: ФЭМБ, 2018. 1449 с. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopoea.php> (дата обращения: 30.04.24).
4. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области: монография / Г. Н. Чупахина, П. В. Масленников, Л. Н. Скрыпник, Н. Ю. Чупахина, П. В. Федурев. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. 145 с.
5. Андреев И. И., Родман Л. С. Ботаника. М.: КолосС, 2010. 488 с.
6. Ковов В. П., Шведова В. Н. Биохимия: учеб. для вузов. М.: Дрофа, 2004. 638 с.
7. Половникова М. Г., Воскресенская О. Л. Активность компонентов антиоксидантной защиты и полифенолоксидазы у газонных растений в онтогенезе в условиях городской среды // Физиология растений. 2008. Т. 55. № 5. С. 777–785.

Потенциальные возможности некоторых видов рода *Aconitum*

Павлова С. В., студ. 3 курса

Науч. рук. – Османова Г. О., д-р биол. наук, проф.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
sonap952@gmail.com

Семейство Лютиковые (*Ranunculaceae*) насчитывает около 50 родов и свыше 2000 видов, представленных преимущественно в умеренных и холодных областях земного шара [2]. Практически все виды этого семейства ядовиты.

Виды рода *Aconitum* – многолетние стержнекорневые травянистые растения. Все они содержат сильнодействующие алкалоиды, в первую очередь аконитин [1]. В связи с этим использование аконитов в традиционной медицине является недопустимым, хотя имеются сведения применения аконитов в народной медицине.

Морфологической особенностью надземных частей всех видов аконита является наличие шлемовидного верхнего чашелистика. Цветки имеют разную окраску фиолетовую, синюю, голубую, желтую и переходные между ними тона. Описаны также белоцветные экземпляры [2].

В Республике Марий Эл произрастает борец северный (*Aconitum septentrionale* Koelle.), который преимущественно растет в хвойных, хвойно-широколиственных, ольховых и смешанных лесах, а также на полянах, вырубках, в зарослях кустарников, предпочитая умеренно увлажненные богатые почвы [1]. Также он широко распространен в Пермском крае, Московской и Челябинской областях, Республике Татарстан и Башкортостан [2].

A. septentrionale – многолетнее травянистое растение семейства высотой до 2 м со стержневым корнем. Цветки неправильные, шлемовидные, грязно фиолетовые, собраны в верхушечную рыхлую ветвящуюся многоцветковую кисть. Цветоносный побег – полурозеточный. Стебель высокий, ребристый, вместе с черешками листьев и цветоножками покрыт отстоящими или слегка спутанными простыми волосками. Листья – крупные, в очертании сердцевидно- или почковидно-округлые, густоопушенные. Соцветие – длинное, терминальное, рыхлое, разветвленное, многоцветковая брактеозная кисть. Плоды – трехлистовки [4] голые или редковолосистые, многосеменные (до 9), 10–15 мм длиной, 3–4 мм шириной. Семена – темно-коричневые, трехгранные, около 4 мм длиной, 2–2,5 мм шириной, поперечно-морщинистые, по морщинкам обыкновенно усаженные прозрачно перепончатыми чешуйками [2]. Борец северный – лесной мезофит, принадлежит к числу заметных компонентов травяного яруса широколиственных лесов. Цветет с июня по август, плоды созревают в июле – сентябре. Семена распространяются ветром и полыми водами. Семена хорошо прорастают, поэтому в природе всходы встречаются довольно часто. Скопления молодых растений *A. septentrionale* можно обнаружить недалеко от материнского растения.

Все части растения содержат алкалоиды, особенно много их накапливается в подземной части. Корневища с корнями борца северного разрешены в научной медицине России для получения медицинского препарата «аллапинин», обладающего противораковым действием.

Цель работы – проанализировать экологическую валентность и толерантность у некоторых видов аконитов.

Объектом исследования послужили 7 видов рода *Aconitum* – аконит противоядный (*Aconitum anthora* L.), борец Флерова (*Aconitum flerovii* Steinb.), борец каракольский (*Aconitum karakolicum* Rapaics.), борец шерстистоустый (*Aconitum lasiostomum* Rchb.), борец клобучковый (*Aconitum napeluss* L.), борец северный (*Aconitum septentrionale* Koelle.), борец джунгарский (*Aconitum soongaricum* Stapf.). Для анализа мы использовали только почвенные экологические шкалы Д. Н. Цыганова (1983) – увлажнения почв (Hd), солевого режима (Tr), богатства почв азотом (Nt), кислотности почв (Rc) и шкалу освещенности-затенения (Lc) [5].

Потенциальная экологическая валентность (PEV) есть мера приспособленности популяций конкретного вида к изменению только одного экологического фактора. Тогда потенциально возможную экологическую позицию вида можно оценивать диапазоном значений конкретного экологического фактора, в пределах которого популяции вида могут существовать. Для градации шкалы каждого фактора используются не его конкретные значения, а баллы (или ступени). Потенциальная экологическая валентность рассчитывается как отношение числа баллов конкретной шкалы, занятой данным видом, к общей протяженности шкалы в баллах [3].

В основе распределения видов по фракциям валентности лежит экспертная оценка, согласно которой стеновалентными считаются виды, занимающие менее 1/3 шкалы, эвривалентными – более 2/3 шкалы, остальные виды – мезовалентные. Последние могут быть разделены на гемистено-, мезо- и гемиевривалентные фракции.

Соотнесение суммы потенциальных экологических валентностей конкретного вида с числом шкал с учетом того, что вклад каждой шкалы равен единице, дает меру стеноэврибионтности или индекс толерантности этого вида (It).

Значения потенциальных валентностей 7 видов аконитов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Потенциальная экологическая валентность (PEV) и индекс толерантности (It) некоторых видов рода *Aconitum* по почвенным шкалам Д. Н. Цыганова

Название вида	Экологические шкалы				Lc	It
	Hd	Tr	Nt	Rc		
<i>A. anthora</i>	0,22 СВ	0,21 СВ	-	-	0,78 ЭВ	0,21 СБ
<i>A. flerovii</i>	0,22 СВ	0,16 СВ	0,27 СВ	0,23 СВ	0,56 МВ	0,22 СБ
<i>A. karakolicum</i>	0,13 СВ	0,16 СВ	-	-	0,67 ЭВ	0,14 СБ
<i>A. lasiostomum</i>	0,13 СВ	0,21 СВ	-	-	0,89 ЭВ	0,17 СБ
<i>A. napeluss</i>	0,22 СВ	0,21 СВ	0,36 ГСВ	0,38 ГСВ	0,67 ЭВ	0,29 СБ
<i>A. septentrionale</i>	0,35 ГСВ	0,42 СВ	-	-	0,67 ЭВ	0,38 ГСБ
<i>A. soongaricum</i>	0,13 СВ	0,21 СВ	-	-	0,78 ЭВ	0,17 СБ

Примечание: Hd – шкала увлажнения почв, Tr – шкала солевого режима, Nt – шкала богатства почв азотом, Rc – шкала кислотности почв, Lc – шкала освещенности-затенения; СВ – стеновалентный, МВ – мезовалентный, ГСВ – гемистеновалентный, ЭВ – эвривалентный, СБ – стенобионтный, ГСБ – гемистенобионтный, It – индекс толерантности

Согласно данным (табл. 1) все 7 видов аконитов по всем почвенным шкалам занимают стеновалентную позицию. Одинаковые значения PEV по фактору увлажнения почвы имеют: 0,22 – *A. anthora*, *A. flerovii* и *A. napeluss*; 0,13 – *A. karakolicum*, *A. lasiostomum* и *A. soongaricum*. По фактору солевого режима почв: 0,21 – *A. anthora*, *A. lasiostomum*, *A. napeluss* и *A. soongaricum*; 0,16 – *A. flerovii* и *A. karakolicum*. Для всех 7 видов аконитов фактор освещенности имеет широкие диапазоны. Это свидетельствует о том, что эти виды способны произрастать как условиях открытых, полуоткрытых пространств, так и светлых и тенистых лесов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаммерман А. Ф., Гром И. И. Дикорастущие лекарственные растения СССР. М. : Медицина, 1976. 288 с.
2. Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2003. Т. 2. С. 75.
3. Жукова Л. А., Дорогова Ю. А., Турмухаметова Н. В., Гаврилова М. Н., Полянская Т. А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2010. 368 с.
4. Каден Н. Н. Плоды и семена среднерусских лютикоцветных // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1950. Т. 55. Вып. 6. С. 71–90.
5. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М. : Наука, 1983. 197 с.

Изучение адсорбирующих свойств отходов скошенной травы

Романова Е. Н., студ. 4 курса

Науч. рук. – Алябышева Е. А., канд. биол. наук, доц.

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

Актуальность. В настоящий момент органический мусор вывозится на полигоны либо сжигается, что оказывает пагубное воздействие на природную среду и здоровье человека, а также не решает проблему рационального использования подобных отходов. Исходя из вышеперечисленного, скошенную траву и другие виды растительного мусора необходимо использовать как вторичные ресурсы, учитывая их уникальные адсорбционные свойства [1; 2].

Цель исследования: изучение адсорбирующих свойств отходов скошенной травы.

Методы исследования. Исследования были проведены в июне-августе 2023 г., в ходе которых были собраны растительные отходы на трех участках г. Йошкар-Олы: 1) на территории парка Республиканской больницы; 2) на придомовой территории жилого дома по ул. Архипова, д.6; 3) на территории санитарно-защитной зоны АО «Завод полупроводниковых приборов» (рис. 1).

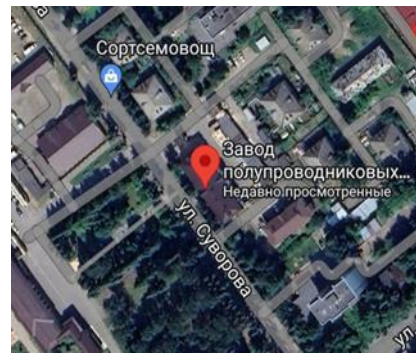
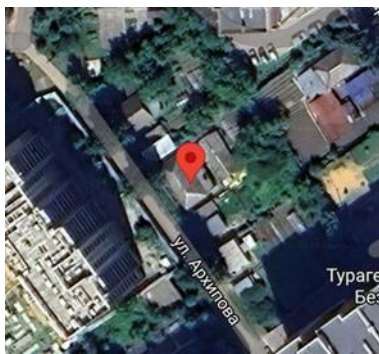
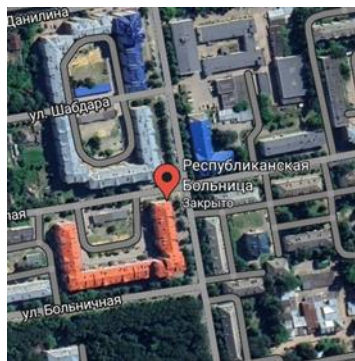


Рис. 1. Районы исследования

В каждом районе случайным образом было заложено по 3 учетных площадки размером 0,25 м² каждая. С каждой площадки была собрана скошенная трава. В дальнейшем была исследована общая сырая и сухая масса растительных отходов и фитомасса отдельных видов травянистой растительности, а также были изучены адсорбирующие свойства активированного угля и различных травянистых растений, входящих в состав растительных отходов. Результаты обработаны статистически с использованием пакета прикладных программ STATISTICA.

Результаты исследования. В ходе работы проводилась оценка адсорбирующей способности активированного угля марки БАУ-А ГОСТ 6217-74. В результате проведенного эксперимента, было установлено, что адсорбционная активность активированного угля составила 252,3±0,98 мг/г.

Величина адсорбции также была определена и у растительных остатков, которые могут послужить хорошими сорбентами, так как они обладают низкой стоимостью и легкой технологией получения, а также считаются экологически безопасными в процессе переработки [3].

В дальнейшем нами была исследована адсорбционная активность растений, входящих в состав растительных отходов (табл. 1).

Таблица 1

Адсорбционная активность травянистых растений, входящих в состав растительных отходов

Название вида	Адсорбирующие свойства продукта, мг/г	Адсорбирующие свойства продукта по сравнению с активированным углем, %
будра плющевидная	202,3±1,86	-19,8
горец птичий	171,6±0,66	-31,8
гравилат городской	146,6±0,66	-41,9

Название вида	Адсорбирующие свойства продукта, мг/г	Адсорбирующие свойства продукта по сравнению с активированным углем, %
ежа сборная	156,8±0,01	-37,8
звездчатка ланцетовидная	186,9±1,64	-25,9
звездчатка средняя	202,3±1,31	-19,8
клевер ползучий	179,5±1,31	-28,8
крапива двудомная	181,1±0,92	-28,2
лютик ползучий	100,0±1,31	-60,4
марь белая	261,1±0,00	+3,5
мать-и-мачеха	210,2±0,65	-16,6
мятлик однолетний	140,9±2,62	-44,2
одуванчик лекарственный	258,5±0,98	+2,5
осока колосистая	120,5±2,62	-52,2
осот огородный	201,1±0,66	-20,3
подорожник большой	201,1±0,66	-20,3
подорожник ланцетовидный	250,8±2,42	-0,6
фиалка удивительная	179,5±1,31	-28,8
черноголовка обыкновенная	170,5±0,02	-32,4
чистотел большой	185,8±2,29	-26,3
ястребинка зонтичная	394,6±1,03	+56,4
уголь активированный	252,3±0,98	-

Для сравнения средних значений адсорбционной активности растительного материала был применен однофакторный дисперсионный анализ (табл. 2). Оказалось, что фактор «вид растения» оказывал статистически значимое влияние на величину адсорбционной активности ($P < 10^{-4}$).

Таблица 2

Результаты однофакторного дисперсионного анализа

Источник вариации	SS	df	MS	F	P	F критическое
между группами	225177,90	20	11258,89	1910,76	10^{-4}	1,83
внутри групп	247,48	42	5,89			
Итого	225425,40	62				

По величине адсорбционной активности виды располагались следующим образом: *Hieracium umbellatum* L. < *Chenopodium album* L. < *Taraxacum officinale* L. < *Plantago lanceolata* L. < *Tussilago farfara* L. < *Stellaria media* L. = *Glechoma hederacea* L. < *Sonchus oleraceus* L. = *Plantago major* L. < *Stellaria holostea* L. < *Chelidonium majus* L. < *Urtica dioica* L. < *Trifolium repens* L. = *Viola mirabilis* L. < *Polygonum aviculare* L. < *Prunella vulgaris* L. < *Dactylis glomerata* L. < *Geum urbanum* L. < *Poa annua* L. < *Carex spicata* L. < *Ranunculus repens* L. Лишь у ястребинки зонтичной, мари белой и одуванчика лекарственного величина сорбции превышала адсорбционную способность активного угля на 2,5–56,4 %.

Таким образом, использование растительного материала является одним из приоритетных направлений развития современной технологии адсорбционной очистки от вредных веществ. Однако адсорбционная емкость необработанных отходов будет низкой, поэтому предварительная обработка растительных отходов позволяет извлечь растворимые органические соединения и повысить адсорбирующую способность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пирожков Д. Н., Лапин П. Н. Измельчители древесных отходов и растительных остатков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 8 (226). С. 84–89.
2. Осокин В. М., Сомин В. А. Исследования по получению новых сорбентов из растительного сырья для очистки воды // Ползуновский вестник. 2013. № 1. С. 180–182.
3. Пирузян А. В., Боковикова Т. Н., Найденов Ю. В. Перспективный сорбент на основе отходов растительного сырья для очистки жиросодержащих сточных вод // Современные проблемы науки и образования. 2008. № 10. С. 62–62.
4. Белов А. Н., Рети Н. В., Хилькова М. К. Рудеральные растения как индикаторы атмосферного загрязнения урбаноэко-стемы // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 8 (98). С. 71–74.
5. Суслов С. А. Кластерный анализ: сущность, преимущества и недостатки // Вестник НГИЭИ. 2010. Т. 1. № 1. 6 с.

Рекреационная дигрессия и биоразнообразие прибрежных фитоценозов

Саидов Ю. С., студ. 4 курса

Науч. рук. – Бекмансуров М. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет
yusuf_sayidov@mail.ru

Исследование проводили в окрестностях пруда на р. Манага в Советском районе Республики Марий Эл. Территория располагается между двумя поселками: Юбилейный (население 1192 чел.) и Алексеевский (население 1820 чел.) [1] и является местом отдыха населения. Здесь устраиваются пикники, осуществляется рыбная ловля. На исследованных участках отмечаются кострища, бытовой мусор, механические повреждения деревьев и кустарников, вытаптывание напочвенного покрова.

Цель работы – оценить состояние растительного покрова лесных фитоценозов в условиях рекреационного воздействия.

Задачи: 1) охарактеризовать ярусную структуру фитоценозов и оценить параметры альфа- и бета разнообразия; 2) выявить структурное разнообразие фитоценозов с использованием спектров эколого-ценотических групп сосудистых растений; 3) оценить экологические параметры местообитаний; 4) определить стадии рекреационной дигрессии на исследованных участках.

В процессе работы были использованы общепринятые методы геоботанических и сравнительно-флористических исследований. На исследуемых участках оценивали показатели таксономического, инвентаризационного и структурного разнообразия: число видов и семейств, средняя видовая насыщенность, эколого-ценотический состав, коэффициент сходства видового состава Серенсена [2; 3]. Оценку экологических параметров местообитаний проводили с использованием фитоиндикационного метода (почвенные экологические шкалы Д. Н. Цыганова) [4; 5].

Структуру видового разнообразия участков сравнивали с использованием спектров эколого-ценотических групп (ЭЦГ) сосудистых растений. При этом под ЭЦГ понимаются крупные группы экологически близких видов, в своем генезисе связанные с разными типами сообществ. Нами использована классификация эколого-ценотических групп сосудистых растений Европейской России, составленная О. В. Смирновой и Л. Б. Заугольной [2; 3].

Стадии рекреационной дигрессии выделяли на основе методики Н. С. Казанской [6].

Первый участок располагается в 80 м от правого берега пруда в сосняке кисличном, не затронут антропогенным воздействием (1 стадия рекреационной дигрессии). Второй участок находится на правом берегу пруда и является местом проведения пикников.

Подлесок и подрост отсутствует, напочвенный покров уничтожен почти полностью, на пристволовых возвышениях деревьев и вблизи них произрастают, в основном, луговые виды. Здесь имеются кострища и бытовой мусор. На стволах деревьев имеются повреждения, сделанные топором. Некоторые стволы в основании обгоревшие. Стадия рекреационной дигрессии – V (рис. 1).

Антропогенный пресс отмечается на расстоянии 20-30 м от берега и практически отсутствует на расстоянии 50 м.

Третий исследованный участок – сосняк злаково-разнотравный – располагается на левом берегу пруда (рис. 2). Данный участок активно используется рыбаками, следствием чего является уничтожение подроста и подлеска и, как следствие, осветление напочвенного покрова. Это способствует внедрению под полог леса луговых видов (стадия рекреационной дигрессии – IV, рис. 2).

Четвертый участок – сосняк крапивно-чистотеловый – расположен в 50 м от левого берега пруда и не подвержен антропогенному воздействию. Мощно развитый ярус подроста и подлеска создает сильное затенение напочвенного покрова и, как следствие, снижает разнообразие флористического состава (стадия рекреационной дигрессии – I).

В таблице 1 представлены показатели альфа-разнообразия исследованных участков.

Для оценки альфа-разнообразия использовали такие показатели как видовое богатство (общее число сосудистых растений на участке) видовая насыщенность травяно-кустарничкового яруса (среднее число видов на 1 м²) и индекс Шеннона. Эти показатели приведены в таблице 1.



Рис. 1. Участок 2 – место пикников

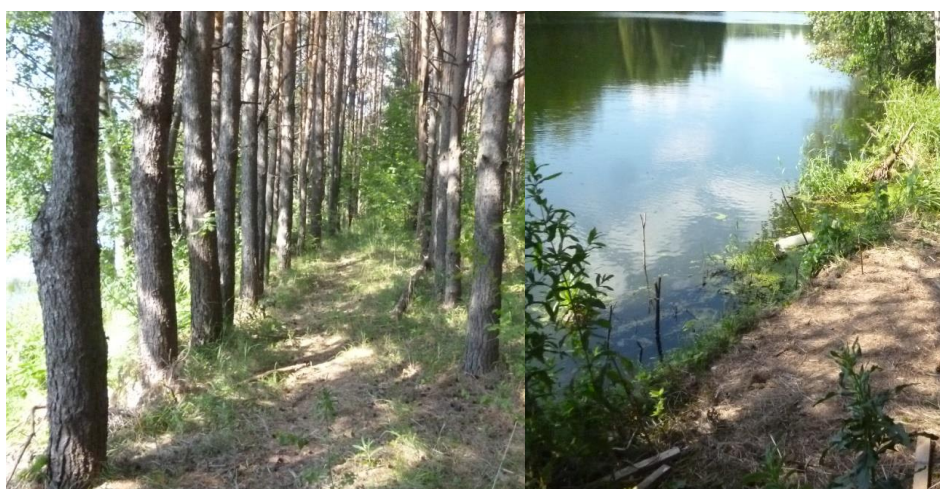


Рис. 2. Участок 3 – левый берег пруда

Таблица 1

Альфа-разнообразие исследованных участков

Участки	Стадия рекреационной дигрессии	Число видов	Проективное покрытие С-яруса, %	Средняя видовая насыщенность С-яруса на 1 м ²	Индекс Шеннона
1 – Сосняк кисличный	I	17	75	3,8	2,47
2 – Березняк разнотравный	V	34	20	3,5	2,75
3 – Сосняк злаково-разнотравный	IV	34	20	7,1	2,34
4 – Сосняк крапивно-чистотеловый	I	12	40	1,7	1,55

Эколого-ценотический состав флоры исследуемых участков представлен в таблице 2.

Таблица 2

Структурное разнообразие исследованных фитоценозов (спектр эколого-ценотических групп)

Участки	Эколого-ценотические группы				
	Боровая	Бореальная	Нитрофильная	Неморальная	Лугово-степная
1 – Сосняк кисличный	1	7	2	5	2
2 – Березняк разнотравный	1	5	4	5	19
3 – Сосняк злаково-разнотравный	4	7	4	3	16
4 – Сосняк крапивно-чистотеловый	1	5	2	3	1

Анализ таблиц 1, 2 свидетельствует, что с ростом рекреационной нагрузки на фитоценозы возрастает видовое богатство фитоценозов, но снижается проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса. Не столь однозначны изменения средней видовой насыщенности. По этому показателю из всех участков выделяются сосняки на левом берегу. Увеличение числа видов здесь обусловлено хорошей освещенностью прибрежного участка вследствие отсутствия затенения со стороны пруда и повреждением яруса подроста и подлеска рыбаками. Как следствие, здесь и на противоположном берегу абсолютными доминантами С-яруса являются луговые виды. В то же время на участках лесных фитоценозов, не затронутых рекреационно нагрузкой, насчитывается всего лишь 1–2 вида этой эколого-ценотической группы. Всего на исследованных участках произрастают виды 5 эколого-ценотических групп, среди которых доминируют лугово-степная и бореальная. Также на всех участках присутствуют неморальные, нитрофильные и боровые виды.

Бета разнообразие исследованной территории оценивали по сходству-различию флористического состава участков (табл. 3). Из таблицы видно, что высокое сходство наблюдается при сравнении участков, подверженных рекреационной дигрессией (2–3) и участков, не затронутых рекреацией (1–4).

Таблица 3

Сходство флористического состава исследованных фитоценозов

Участки	1	2	3	4
1 – Сосняк кисличный	×	0,35	0,20	0,50
2 –Березняк разнотравный		×	0,50	0,25
3 – Сосняк злаково-разнотравный			×	0,29
4 – Сосняк крапивно-чистотеловый				×

Результаты фитоиндикационной оценки экологических параметров местообитаний показали, что все местообитания характеризуются сухолесолуговым слабопеременным увлажнением. Почвы фитоценозов слабокислые, по общему содержанию элементов довольно богатые, а на участке 1 – богатые. В то же время, по содержанию азота почвы участков, не затронутых антропогенным воздействием и участков, характеризующихся высокой степенью рекреационной дигрессии, отличаются. В первом случае они достаточно обеспечены азотом, а во втором – бедные азотом.

Таким образом, высокий уровень рекреационной дигрессии на прибрежных участках оказывает существенное влияние на флористический состав фитоценозов и величину проективного покрытия напочвенного покрова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Численность население Республики Марий Эл : [сайт]. URL <https://12.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/> Режим доступа свободный (дата обращения: 03.04 2024).
2. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках европейской России. М. : Научный мир, 2000. 196 с.
3. Сохранение и восстановление биоразнообразия. М. : Изд. научного и учебно-методического центра, 2002. 286 с.
4. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М., 1983. 196 с.
5. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin : учебное пособие / Е. В. Зубкова, Л. Г. Ханина, Т. И. Грохлина, Ю. А. Дорогова; Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2008. 96 с.
6. Казанская Н. С. Изменение экосистем под воздействием рекреации // Социально-экономические и географические аспекты исследования территории рекреационных систем. М., 1980. С. 94–105.

Изменение оводненности тканей ряда древесных растений в условиях урбанизированной среды

Сарбаева Е. В.

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

Роль растений в городах существенна: зеленые насаждения позволяют снижать концентрацию пыли и других взвешенных частиц в воздухе городов, при этом процесс транспирации способствует задержанию даже мелких частиц пыли; растения способны очищать воздушный бассейн от вредных выбросов и в рамках собственного метаболизма трансформировать ряд поллютантов до безвредных веществ, улавливая и трансформируя часть поллютантов, ограничивают их проникновение в почву, что позволяет озелененным территориям сохранять в городе функции самоочищения почвы от дождевых стоков, несущих с собой загрязненные вещества, вследствие этого снижается уровень загрязнения вод в канализационной системе и местные водоемы меньше страдают от загрязнения. Древесные растения в массивах способны снижать температуру

воздуха в жаркий период, увеличивать влажность воздуха, снижать уровень шума. Помимо того, что растения выполняют важнейшие санитарно-гигиенические функции (защита от пыли и загазованности, шума, ионизация воздуха и т. д.) в последние годы все чаще речь заходит о дополнительных экосистемных услугах озелененных территорий [4], к которым относят депонирование углерода, продуцирование кислорода, выделение фитонцидов, повышение безопасности движения автотранспорта, снегозадержание, увеличение плодородия почвы, стимуляцию творческой активности и социокультурную функцию зеленых насаждений и другие. Однако древесные виды, как источники обеспечения экосистемных благ, остаются недостаточно изученными с позиций комплексной их оценки, учитывающей разнообразие факторов урбанизированной среды. Известно, что они отрицательно реагируют на наличие в воздухе даже в малых дозах токсических соединений и гораздо чувствительнее к тем концентрациям вредных веществ, которые у людей и животных не оставляют видимых явлений отравлений, таким образом, они выполняют так же индикаторную функцию.

В условиях урбанизированной среды растения, сохраняя внешне неизменный вид, претерпевают значительные изменения биохимического состава и физиологических процессов. Для оценки и прогноза их состояния необходима ранняя диагностика нарушения жизнедеятельности особей, подвергнутых воздействию токсикантов. В первую очередь повреждения проявляются на физиолого-биохимическом уровне, затем распространяются на ультраструктурный и клеточный уровни и лишь после этого развиваются видимые признаки повреждения – хлорозы и некрозы тканей листа, опадание листьев, торможение роста [2]. Величина содержания общей воды (общая оводненность тканей) используется как интегральный показатель эколого-физиологических особенностей водного режима растений, механизмов их адаптации к условиям среды. Ее применяют при определении и расчете многих других параметров водного обмена растительного организма. Считается, что токсические вещества, поступающие в листья растений, вызывают, с одной стороны, торможение поглощения воды корнями, с другой – первоначальное снижение интенсивности транспирации сменяется усилением ее, что ведет к нарушению оводненности клеток и тканей листа, иссушению и гибели [1].

Целью данной работы стала оценка влияния урбанизированной среды (на примере города Йошкар-Олы) на оводненность тканей некоторых древесных растений.

Объекты исследования – распространенные в озеленении городской среды кустарники и деревья: шиповник майский (*Rosa majalis* Herm.), карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.) и береза повислая (*Betula pendula* Roth.). *B. pendula* и *T. cordata* растения со средним уровнем устойчивости к загазованности воздуха, *R. majalis* считается устойчивым к техногенным воздействиям видом, а *C. arborescens* – напротив, к отдельным загрязнителям весьма чувствительна; в этой связи особый интерес представляет выявление ранних реакций в изменении водного режима растений данных видов в различных условиях произрастания. На территории г. Йошкар-Олы в этих целях выбраны три района исследования: рекреационная зона города (парк им. XXX-летия ВЛКСМ), селитебная зона (ул. Осипенко) и промышленная зона (около заводов ОАО «Биомашприбор», ГУП «Маргострансигнал» (ул. Строителей).

Одним из важнейших показателей жизнеспособности растений является степень оводненности их тканей. Снижение или повышение содержания воды в клетках растений по отношению к норме, которое может происходить в результате воздействия, как внешних неблагоприятных факторов, так и внутренних причин, приводит к подавлению важнейших физиологических процессов и снижению жизнеспособности особей. Водобмен растений был и остается главным элементом продукционного процесса, издавна привлекает внимание физиологов растений, поскольку этот процесс обусловлен важностью и многогранностью функций, которые он выполняет. Водобмен как важный регулятор гомеостаза клеток, является ведущим звеном во взаимодействии растения с водной фазой атмосферы и почвы. Более того, данный процесс является прямым индуктором водообеспеченности и жизнедеятельности растений [6].

Стабильность показателей водного режима растений является одним из адаптационных механизмов, включающихся при воздействии на растения стрессоров техногенной природы. В городской среде огромное влияние на водобмен растений оказывают газообразные загрязнители. Экспериментальные данные свидетельствуют, что токсичные газообразные вещества, поступающие в листья растений, вызывают, с одной стороны, торможение поглощения воды корнями, с другой – первоначально снижают интенсивность транспирации, а затем усиливают ее, что ведет к нарушению оводненности клеток и тканей листа, их иссушению и гибели [1].

Как показали результаты нашей работы, содержание общей воды в листьях *R. majalis* у растений в разных районах исследования колебалось от 84,20 до 88,13 % (рис. 1). Самое высокое содержание общей воды наблюдалось у растений, произрастающих в рекреационной зоне – 88,13 %. У растений, исследованных в селитебной зоне, оводненность тканей была несколько ниже (87,61 %). Минимальное содержание воды было обнаружено в листьях особей *R. majalis*, произрастающих в промышленной зоне города и составляло 84,20 %. Проведенный дисперсионный анализ изменения содержания общей воды в листьях *R. majalis* выявил статистически значимые различия между особями, произрастающими в исследуемых районах ($p < 10^{-6}$).

Результаты множественного сравнения показали, что содержание общей воды в листьях *R. majalis* с рекреационной зоны отличалось от растений, произрастающих в промышленной части города ($p < 10^{-6}$). Оводненность листьев у растений, произрастающих в селитебной зоне, не отличалась от данного признака у растений рекреационной зоны г. Йошкар-Олы ($p = 0,835$).

При изучении содержания воды в листьях *C. arborescens*, наблюдалась тенденция, аналогичная *R. majalis*. Минимальное количество общей воды содержалось в листьях растений промышленной зоны (82,03 %), в рекреационной и селитебной зонах города отмечена более высокая оводненность тканей, которая достигала 85,43–88,10 % (рис. 1). Статистический анализ выявил значимые различия по изученному параметру в листьях растений *C. arborescens*, произрастающих в рекреационной и промышленной зонах ($p < 10^{-6}$), а также в промышленной и селитебной зонах ($p = 0,00018$).

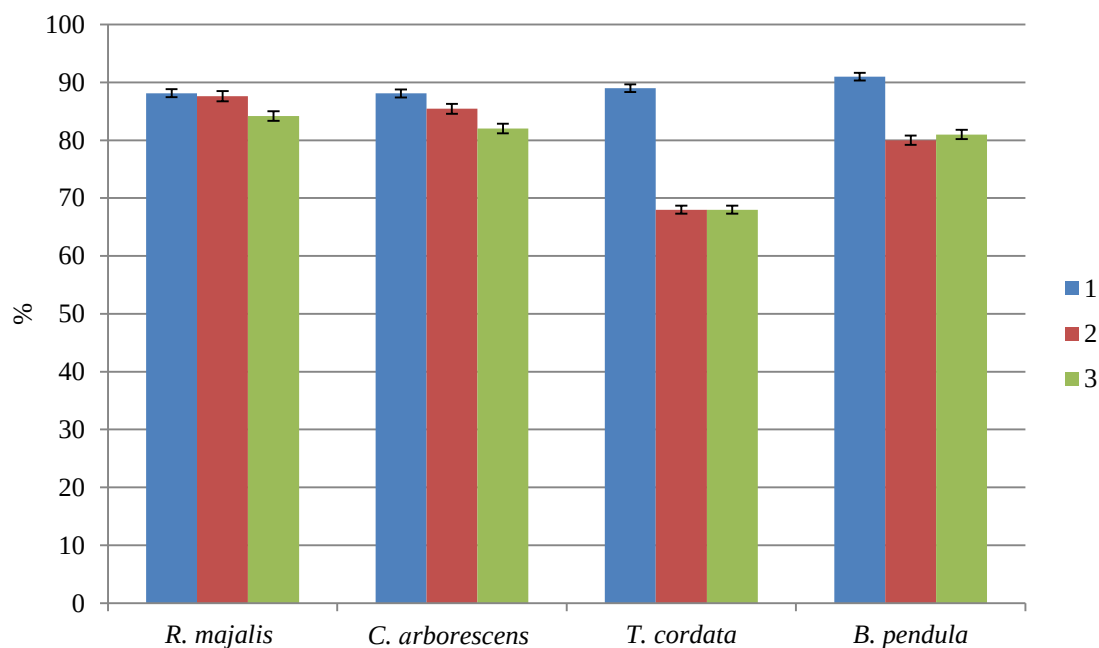


Рис. 1. Содержание общей воды в листьях древесных растений различных районов города Йошкар-Олы
1 – рекреационная зона; 2 – селитебная зона; 3 – промышленная зона

Более вариабельной была оводненность тканей *T. cordata*, исследуемый показатель находился в пределах 68,0–89,0 %. Высокое содержание общей воды было в тканях растений, произраставших в рекреационной зоне, растения селитебной и промышленной зон не имели между собой статистически значимых различий, но отличались от растений рекреационной зоны ($p < 0,001$). У *B. pendula* в исследуемых районах содержание общей воды изменялось от 80,0–91,0 %, обнаружена тенденция, аналогичная с *T. cordata*, но снижение оводненности тканей было не на 24,0 %, а на 12,0 %. Различия были так же статистически значимы ($p = 0,000013$).

Поддержание в клетках и тканях определенного уровня водного баланса является обязательным условием не только нормального роста и развития растений, но и их устойчивости к факторам внешней среды. Тем не менее, почти любые изменения в окружающей среде тем или иным образом отражаются на водообмене растений [5]. Из литературных данных следует, что в результате воздействия неблагоприятных факторов среды может происходить значительное снижение или увеличение оводненности тканей, что приводит к нарушению важнейших физиологических процессов. По данным В. С. Николаевского [3], под воздействием NO , SO_2 , CO и других газов происходит разрушение биомембран клеток растений и, как следствие, более быстрая потеря свободной воды, особенно у видов, наиболее чувствительных к действию токсических газов. Более газоустойчивые деревья отличаются большим содержанием воды в листьях, они не значительно реагируют на воздействие токсикантов изменением оводненности тканей.

По результатам проведенных исследований установлено, что самое высокое содержание воды в листьях всех изученных растений наблюдалось в рекреационной зоне города Йошкар-Олы, а минимальное соответственно в промышленной зоне. По-видимому, это может быть обусловлено тем, что воздействие загрязняющих веществ на структуру мембран листьев исследуемых растений привело к потерям свободной воды побегами и, соответственно, к снижению содержания общей воды. Наиболее существенным снижением

изучаемого показателя (на 24,0 %) характеризовались особи *T. cordata*, что позволяет предположить, что данный вид оказался более чувствительным к тем незначительным атмосферным загрязнителям, которые по литературным данным обнаруживаются на территории г. Йошкар-Олы. Несмотря на статистически значимые изменения исследуемых признаков, общее снижение оводненности тканей отмечалось в условиях воздействия на растения промышленности и автотранспорта в пределах 4,0–24,0 %. Таким образом, в исследованных районах виды с различной степенью газоустойчивости проявили сходную тенденцию к снижению оводненности тканей, но у деревьев (*B. pendula* и *T. cordata*) эти изменения были более выражены, чем у кустарников (*R. majalis* и *C. arborescens*).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бухарина И. Л., Двоеглазова А. А. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях: монография. Ижевск : Удмуртский университет, 2010. 184 с.
2. Горышина Т. К. Растения в городе. Л. : Издательство Ленинградского университета, 1991. 152 с.
3. Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М. : МГУЛ, 1998. 191 с.
4. Румянцев Д. Е., Фролова В. А. Методологические подходы к изучению разнообразия экосистемных услуг зеленых насаждений в мегаполисе // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 10 (88). Ч. 2. С. 28–34.
5. Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам : учебное пособие; Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. 77 с.
6. Chaumont F., Tyerman SD. Aquaporins: highly regulated channels controlling plant water relations. Plant Physiol. 2014 Apr. Vol. 164. No. 4. Pp. 1600–1618.

Оценка фитотоксичности почвы в рамках пересадки редких видов растений с зоны реконструкции магистрального нефтепровода Холмогоры-Клин

Томилов А. В., студ. 4 курса

Науч. рук. – Воскресенская О. Л., д-р биол. наук, проф.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
alex.tomilov_01@icloud.com

Актуальность. Актуальность данной работы обусловлена тем, что растения, особенно краснокнижные виды, являясь средой обитания животных, источником питательных веществ и выполняя многочисленный ряд функций, в том числе и эстетических, требуются в охране. В настоящее время антропогенное воздействие растет, следовательно растет и негативное влияние на биоразнообразие. В рамках пересадки краснокнижных растений (астрагала серпоплодного и остролодочника волоситого) из зоны реконструкции магистрального нефтепровода Холмогоры-Клин в места, схожие с естественным, где произрастают данные виды, была выполнена оценка почвы на фитотоксичность [1].

Цель исследования: Оценка и анализ почвы на фитотоксичность с места произрастания редких видов растений (астрагала серпоплодного и остролодочника волоситого) и с места реинтродукции данных видов.

Методы исследования. Для оценки были отобраны пробы почв с места произрастания и реинтродукции данных видов (рис. 1).



Рис. 1. Место произрастания редких видов (1) и место посадки (2)

В качестве тест-объектов использовались однодольные и двудольные растения, обладающие быстрым прорастанием семян и высокой всхожестью (овес посевной и горчица белая). В качестве показателей, характеризующих токсичность почвы, использовались как энергия прорастания и всхожесть, так и показатели роста (длина корней и проростков). Опыт проводился в чашках Петри на почвенной вытяжке [2; 3; 4].

Результаты исследования. Взятые образцы почв высушивали при комнатной температуре, растирали в ступке и просеивали через сито. Затем полученную воздушно-сухую почву разбавляли в колбе с дистиллированной не содержащей углекислого газа водой и фильтровали. Полученную почвенную вытяжку использовали для биотестирования. Результаты измерений приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Изменение энергии прорастания, всхожести и морфологических показателей овса посевного

Исследуемый субстрат	Энергия прорастания, %	Всхожесть семян, %	Средняя длина корней проростков, мм	Средняя длина проростка (без учета корней), мм
Результаты на почвенной вытяжке с места произрастания редких видов растений (магистральный нефтепровод Холмогоры-Клин)				
Образец 1	15,0	15,0	18,0	20,0
Образец 2	32,5	32,5	33,0	14,0
Образец 3	32,5	32,5	10,0	13,0
Образец 4	25,0	32,5	66,0	22,0
Образец 5	37,5	37,5	14,0	9,0
Образец 6	30,0	30,0	19,0	9,3
Среднее ариф.	28,8	30,5	27,0	15,0
Контроль	25,0	27,5	9,0	14,0
Результаты на почвенной вытяжке с места посадки данных видов				
Образец 7	27,5	30,0	25,0	16,0
Образец 8	32,5	37,5	28,0	35,0
Образец 9	32,5	35,0	17,0	19,0
Образец 10	37,5	40,0	24,0	19,0
Образец 11	17,5	22,5	15,0	16,0
Образец 12	45,0	52,5	59,0	58,0
	32,1	36,3	28,0	27,0
Контроль	25,0	27,5	9,0	14,0

Образцы под номером 1–6 – на почвенной вытяжке с места произрастания редких видов растений, 7–12 – с места посадки данных видов.

На рисунке 2 и приведены семена овса посевного по окончании эксперимента по сравнению с контролем:



Рис. 2. Семена овса (контроль (1), почвенная вытяжка с места произрастания редких видов(2) и посадки данных видов(3))

Как показали результаты (табл. 1), средняя длина корней овса посевного в контроле – 9 мм, в почвенной вытяжке с места произрастания редких видов растений – 27 мм, в почвенной вытяжке с места посадки – 28 мм. Средняя длина проростка в контроле – 14 мм, в почвенной вытяжке с места произрастания – 15 мм, посадки – 27 мм.

Таблица 2

Изменение энергии прорастания, всхожести и морфологических показателей горчицы белой

Исследуемый субстрат	Энергия прорастания, %	Всхожесть семян, %	Средняя длина главного корня проростков, мм	Средняя длина проростка (без учета корней), мм
Результаты на почвенной вытяжке с места произрастания редких видов растений (магистральный нефтепровод Холмого-ры-Клин)				
Образец 1	67,5	75,0	40,0	17,0
Образец 2	75,0	75,0	48,0	17,0
Образец 3	85,0	85,0	50,0	16,0
Образец 4	75,0	75,0	46,0	18,0
Образец 5	75,0	75,0	48,0	17,0
Образец 6	85,0	85,0	43,0	18,0
Среднее ариф.	77,0	78,3	46,0	17,0
Контроль	75,0	75,0	39,0	16,0
Результаты на почвенной вытяжке с места посадки данных видов				
Образец 7	82,5	85,0	53,0	20,0
Образец 8	75,0	80,0	46,0	17,0
Образец 9	80,0	80,0	56,0	17,0
Образец 10	72,5	75,0	42,0	17,0
Образец 11	85,0	85,0	77,0	17,0
Образец 12	85,0	85,0	67,0	15,0
Среднее ариф.	80,0	81,7	57,0	17,0
Контроль	75,0	75,0	39,0	16,0

Образцы под номером 1–6 – на почвенной вытяжке с места произрастания редких видов растений, 7-12 – с места посадки данных видов.

На рисунке 3 приведены семена горчицы белой по окончании эксперимента по сравнению с контролем:



Рис. 3. Семена горчицы белой (контроль (1), почвенная вытяжка с места произрастания редких видов (2) и посадки данных видов(3))

Средняя длина главного корня проростка горчицы белой в контроле – 39 мм, с места произрастания редких видов – 46 мм, с места посадки – 57 мм. Средняя длина стеблей – 16 мм, 16 мм и 17 мм соответственно.

На основе эксперимента можно сделать вывод, что исследуемая почва не фитотоксична и обладает стимулирующими свойствами, средняя всхожесть и энергия прорастания в субстратах выше по сравнению с контролем. Проростки нормальной длины, крепкие и ровные, в почвенной вытяжке – большей длины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трифонова Т. А., Марцев А. А., Селиванов О. Г. Опыт пересадки популяции краснокнижного вида растения в условиях начала реконструкционных работ в охранной зоне нефтепровода // Популяционная экология. 2021. № 3. С. 140–146.
2. ГОСТ Р ИСО 18763–2019 Качество почвы. Определение токсического воздействия загрязняющих веществ на всхожесть и рост на ранних стадиях высших растений.
3. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.
4. Лопатина Д. Н. Фитотоксичность городских почв Иркутска и Ангарска // Региональные геосистемы. 2024. № 48 (1). С. 106–117.

Экологическая характеристика местообитаний астрагала нутового (*Astragalus cicer* L.)

Хлыбов Д. С., студ. 4 курса

Науч. рук. – Османова Г. О., д-р биол. наук, доц.

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

Проблема сохранения биоразнообразия на Земле существует и остается актуальной на протяжении десятков или даже сотен лет. Из-за возрастающего антропогенного воздействия на окружающую среду сокращаются или полностью вымирают целые виды живых организмов. Именно такие организмы год за годом пополняют Красные книги разных регионов мира.

На территории Республики Марий Эл произрастает более сотни редких видов растений [3; 4]. К таким видам относится и выбранный нами объект исследования – астрагал нутовый (*Astragalus cicer* L.) – представитель семейства Бобовые. Во флоре России Бобовые – одно из ведущих семейств, насчитывающие 70 рода и около 733 видов растений. В средней полосе Европейской части России семейство представлено 37 родов и более 100 видами [7].

На территории Республики Марий Эл по данным Н. В. Абрамова [1] произрастает 5 видов астрагалов: песчаный, нутовый, датский, серповидный и солодколистный. В 2013 г. астрагал нутовый имел статус редкого вида [3], однако был исключен из нее в 2023 г. [4].

Цель работы – охарактеризовать местообитание ценопопуляции астрагала нутового.

Задачи:

1. Провести оценку местообитания астрагала нутового по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова [4].
2. Рассчитать экологические валентности и бионтность, а также оценить эффективность освоения экологического пространства астрагала нутового.

Астрагал нутовый – многолетнее травянистое растение со стелющимися или восходящими стеблями длиной 20–80 см, ксеромезофит. Корневище ветвящееся, у взрослых растений деревенеющее. Листья непарноперистые длиной до 15 см. Цветки вверх торчащие, длиной 12–15 мм. Венчик светло-желтый. Плоды – бобы, пузыревидно вздутые, шаровидные. Растет по склонам и долинам крупных рек и их притоков, на глинисто-мергелистой, известняковой почве. Встречается как на открытых луговых сообществах, так и под пологом разреженного древостоя, на опушках, полянах, реже вдоль дорог. Цветет – в июне-июле, плодоносит – с июля [3].

Нами обработаны и проанализированы первичные данные, любезно предоставленные с.н.с. ГПЗ «Большая Кокшага» Г. А. Богдановым. Ценопопуляция (ЦП) астрагала нутового была обнаружена им в Медведевском районе Республики Марий Эл, около п. Старожильск в ассоциации вербейниково-горошково-злаковом луту.

В работе использован геоботанический метод. Флористический список был обработан с применением программного комплекса «EcoscaleWin» по 10 экологическим шкалам Д. Н. Цыганова методом средневзвешенной середины интервала [2].

Для обработки данных была использована экологическая валентность (РЕV) определяемая Л. А. Жуковой как мера приспособления популяций определенного вида к изменению не более одного фактора [6].

С использованием подходов Л. А. Жуковой [6] нами рассчитаны:

1. Потенциальная экологическая валентность вида (РЕV) – 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 (Ке.эфф) – эффективность освоения экологического пространства вида конкретными ЦП.
4. Индекс толерантности (It) – мера приспособленности ЦП вида к комплексу экологических факторов.

Результаты обработки флористических списков по шкалам Д. Н. Цыганова [4] показали, что по термоклиматической шкале местообитание исследуемого вида относится к суббореальным ландшафтам, по шкале континентальности климата – к материковому климату, по фактору омброклиматической шкалы – субаридным, по криоклиматическому фактору – умеренным зимам (табл. 1). Увлажнение данной зоны характеризуется как сухолесолуговое/влажно-лесолуговое, а по переменной увлажнения соответствует почвам слабо-переменного увлажнения. Согласно полученным результатам почвы исследуемого экотопа бедны азотом, не богаты минеральными солями и имеют нейтральную кислотную среду. По шкале освещенности-затенения местообитание астрагала нутового соответствует освещенности полуткрытых пространств.

Таблица 1

Экологическая характеристика местообитаний астрагала нутового

Экологические шкалы*	Экологическая позиция вида по шкале фактора	PEV	Реализованная экологическая позиция	REV	Ke.eff.,%	It
Tm(1–17)	7–12	0,35 ГСВ	8	0,05	14,3	0,47 МБ
Kn(1–15)	3–12	0,67 ЭВ	9	0,06	8,95	
Om(1–15)	5–11	0,47 МБ	7	0,06	12,8	
Cr(1–15)	7–12	0,40 ГСВ	7	0,06	15,0	
Hd(1–23)	7–13	0,30 СВ	12	0,04	13,3	0,42 ГСБ
Tr(1–19)	5–13	0,47 МБ	6	0,05	10,6	
Nt(1–11)	4–10	0,64 ГЭВ	5	0,09	14,1	
Rc(1–13)	5–13	0,69 ЭВ	9	0,07	10,1	
fH(1–9)	-	-	5	0,11	-	
Lc(1–11)	1–5	0,56 МБ	3	0,27	48,2	0,56 МБ

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 переменной увлажнения почв, Lc – шкала освещенности-затенения. СВ – стеновалентный, МБ – мезовалентный, ГСВ – гемистеновалентный, ГЭВ – гемизэввалентный, ЭВ – эввалентный, МБ – мезобионтный, ГСБ – гемистенобионтный, PEV – потенциальная экологическая валентность, REV – реализованная экологическая валентность, Ke.eff.,% – коэффициент экологической эффективности, It – индекс толерантности.

Результаты исследований показали, что по трем шкалам (Om, Tr и Lc) астрагал нутовый характеризуется как мезовалент; по факторам двух шкал (Kn и Rc) – эввалент, по двум климатическим факторам (Tm и Cr) – гемистеновалент, по шкале богатства почв азотом отнесен нами к гемизэввалентам, а по фактору увлажнения данный вид четко занимает стеновалентную позицию. Очевидно, это и объясняет редкость астрагала нутового на территории Республики Марий Эл и его принадлежность к группе ксерофитов. Данные по фактору шкалы переменной увлажнения почв для астрагала нутового у Д. Н. Цыганова [5] отсутствуют, поэтому приводятся нами впервые.

Показатели реализованной экологической валентности имеют низкие значения (табл. 1). Коэффициент экологической эффективности варьирует от 8,95 до 15,00. Согласно значениям индекса толерантности астрагал нутовый по фактору четырех климатических шкал является стенобионтным видом (It = 0,47), а по почвенным шкалам – гемистенобионтным (It = 0,42). Значения реализованной экологической валентности (рис. 1) укладываются в диапазоны, приводимые Д. Н. Цыгановым [5] для астрагала нутового.

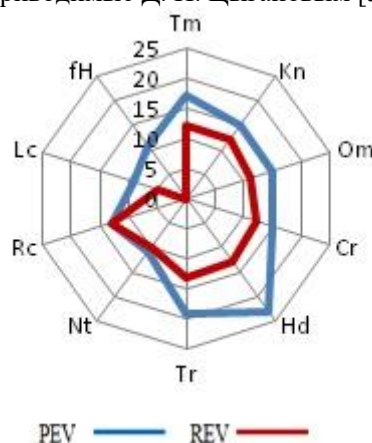


Рис. 1. Потенциальные (PEV) и реализованные (REV) экологические валентности ЦП астрагала нутового

Таким образом, видом охвачен незначительный диапазон амплитуд по всем экологическим факторам (для климатических факторов Ke.eff. от 9,0 до 15,0 %; для почвенных факторов Ke.eff. варьирует от 10,0 % до 14,0 %; по фактору освещенности-затенения – 48,0 %). По большинству экологических факторов астрагал нутовый охарактеризован нами как мезовалентный вид. В Республике Марий Эл астрагал нутовый находится на северной границе своего ареала и в настоящее время [4] включен в перечень растений, нуждающихся в особом контроле за их состоянием в природной среде на территории Республики Марий Эл. В последнее время астрагал нутовый можно обнаружить по обочинам шоссе дорог в Медведевском, Моркинском, Килемарском районах республики. Его присутствие в столь необычном местообитании еще одно доказательство того, что данный вид, несмотря на свою редкость, часто распространяется в разные сообщества автотранспортом. Поэтому, на территории этих районов он является заносным видом. Очевидно, по этой причине его исключили из последнего издания Красной книги [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Н. В. Флора республики Марий Эл: инвентаризация, районирование, охрана и проблемы рационального использования ее ресурсов. Йошкар-Ола: МарГУ, 2000. 163 с.
2. Зубкова Е. В., Ханина 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. Красная книга Республики Марий Эл. Растения. Грибы / Л. В. Рыжова, О. В. Жукова, Ю. Г. Суетина, Г. А. Богданов, Г. П. Урбанавичюс, М. В. Бекмансуров; под ред. О. Г. Барановой, Л. В. Рыжовой, Ю. Г. Суетиной. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2023. 352 с.
5. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.
6. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография / Л. А. Жукова, Ю. А. Дорогова, Н. В. Турмухаметова, М. Н. Гаврилова, Т. А. Полянская; под общ. ред. проф. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2010. 368 с.
7. Гельтман Д. В., Антонова Н. Н., Бялт В. В., Грабовская А. Е., Дорофеев В. И., Золкина Л. А., Конечная Г. Ю., Красовская Л. С., Крупкина Л. И., Левичев И. Г., Медведева Н. А., Портеннир Н. Н., Соколова И. В. Состав флоры сосудистых растений Российской Федерации // Известия РАН. Сер. биол. 1998. № 1. С. 93–97.

Рекреационная нагрузка эколого-познавательных троп заповедника «Большая Кокшага»

Черных В. В., студ. 4 курса

Науч. рук. – Сарбаева Е. В., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
vchernyh234@gmail.com

Республика Марий Эл богата уникальными, яркими природными объектами. Она входит в «Список регионов Приволжского федерального округа с наиболее хорошо сохранившейся природой». Поэтому особую актуальность приобретает на территории Республики Марий Эл экологический туризм на территории ООПТ [5]. По состоянию на 1 января 2024 года в республике действуют 3 ООПТ федерального значения – это национальный парк «Марий Чодра», ботанический сад-институт ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» и государственный природный заповедник «Большая Кокшага» [4].

Заповедник «Большая Кокшага» был создан в 14 марта 1993 году Постановлением Совета Министров Российской Федерации № 220 «О создании государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Он расположен на территории Килемарского и Медведевского административных районов Республики Марий Эл. Его площадь 21428 га [2]. Познавательный туризм является важнейшим компонентом эколого-просветительской деятельности заповедника. Он позволяет не только насладиться красотой природы, но и получить знания об уникальности заповедника, биологическом разнообразии, экосистемах и экологических процессах. На 2023 год функционировали восемь эколого-познавательных троп: «Деревья заповедного леса», «Охотничий путь», «Аллея памяти», Велотропа «Озеро Кошеер», «Водный маршрут на каноэ по реке Большая Кокшага»; «Сказки заповедного леса», «Травы заповедного леса», «Царство животных» [7].

В настоящее время уделяется огромное внимание проблемам организации рекреационного природопользования на охраняемых природных территориях. Современные исследования показывают, что рекреационная деятельность является одним из главных факторов трансформации природных ландшафтов, влияние этого фактора растет в геометрической прогрессии, в результате увеличения плотности рекреантов на

территории природных ландшафтов. Возникает проблема оптимизации рекреационных нагрузок на природные объекты [1]. Присутствие значительного количества отдыхающих и исследователей на ООПТ – даже при соблюдении всех экологических требований – зачастую приводит к необратимому снижению ее природной ценности. Потенциальным способом снижения неблагоприятного антропогенного воздействия является нормирование нагрузок на экологические маршруты и тропы [6].

В связи с этим вышло Постановление Правительства РФ от 31 октября 2023 г. № 1809 «Об утверждении Типовых правил расчета предельно допустимой рекреационной емкости особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения при осуществлении туризма», в котором приведены формулы для расчета предельно допустимой рекреационной емкости ООПТ и ее отдельных частей [3].

Каждая эколого-познавательная тропа уникальна и необычна сама по себе, но они так же имеют схожие черты, так как находятся в одном заповеднике. Изучая рекреационную емкость, мы убедились, что данная тенденция прослеживается и в этом критерии оценки.

Несмотря на то, что все исследуемые тропы из одного заповедника, который по своей площади относительно небольшой, разница рекреационной емкости хорошо заметна (рис. 1, 2). Так, например, тропа «Деревья заповедного леса» имеет высокий показатель базовой рекреационной емкости – 78 чел./сут. (4758 чел./сезон), у тропы «Велотропа озеро Кошеер» самый низкий показатель – 26 чел./сут. (1586 чел./сезон), тропа «Водный маршрут на каноэ по реке Большая Кокшага» имеет показатель базовой рекреационной емкости лишь на немного выше – 31 чел./сут. (1891 чел./сезон). Но величина их потенциальной и предельно допустимой рекреационной емкости отличаются лишь несколькими единицами: 20 чел./сут. (1220 чел./сезон), 15 чел./сут. (915 чел./сезон), 18 чел./сут. (1098 чел./сезон) соответственно. При этом тропа «Охотничий путик» имеет значения базовой рекреационной емкости 53 чел./сут. (3355 чел./сезон), а значения потенциальной и предельно допустимой – 32 чел./сут. (1952 чел./сезон).

Это объясняется разницей технических характеристик троп, а именно: длина туристского маршрута, оптимальное расстояние между группами на участке, длина светового дня, среднее время прохождения участка туристского маршрута, среднее количество человек в группе, количество дней пребывания посетителей на туристском маршруте; и поправочных коэффициентов, которые учитывают определенные для туристского маршрута лимитирующие факторы развития туризма (экологического, социального и социокультурного характера) и установленные режимы использования туристских объектов.

Однако есть и абсолютно схожие тропы по базовой, потенциальной и предельно допустимой рекреационной емкости: «Аллея памяти», «Сказки заповедного леса», «Травы заповедного леса» и «Царство животных». Это возможно, во-первых, потому что они имеют одинаковые поправочные коэффициенты, во-вторых, имеют одинаковые технические характеристики.

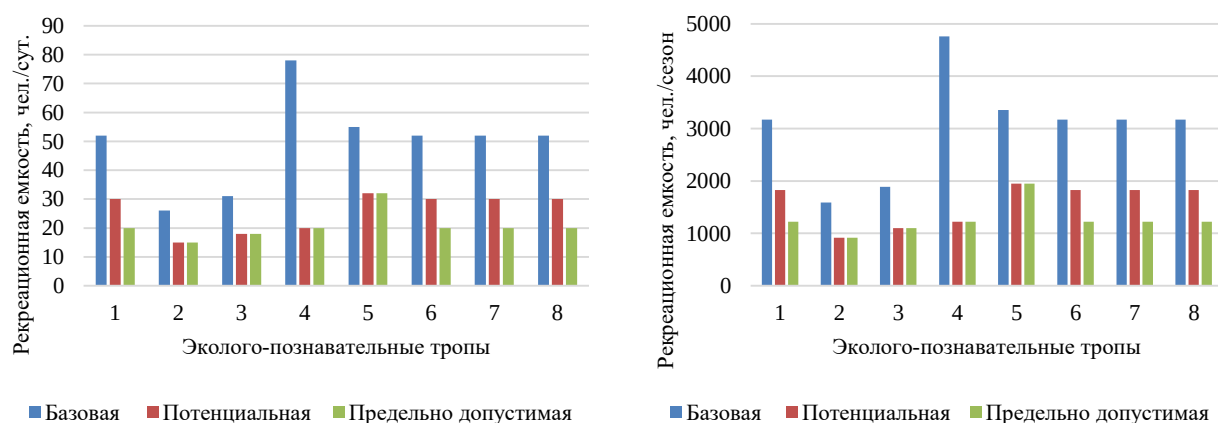


Рис. 1. Рекреационная емкость эколого-познавательных троп заповедника: 1 – Аллея памяти; 2 – Велотропа озеро Кошеер; 3 – Водный маршрут на каноэ по реке Большая Кокшага; 4 – Деревья заповедного леса; 5 – Охотничий путик; 6 – Сказки заповедного леса; 7 – Травы заповедного леса; 8 – Царство животных

Стоит обратить внимание на то, что у одних троп разные потенциальная и предельно допустимая рекреационная емкость, а у других они равны. На их разность влияет коэффициент управленческой емкости, который учитывает текущие управленческие показатели (имеющиеся ресурсы) и оптимальные (потребности). Если они равны, то и разницы между потенциальной и предельно допустимой рекреационной емкости не будет, как у троп «Велотропа озеро Кошеер», «Водный маршрут на каноэ по реке Большая Кокшага», «Деревья заповедного леса», «Охотничий путик».

Имея данные предельно допустимой рекреационно емкости каждой эколого-познавательной тропы заповедника, сравним их с посещаемостью за 2023 год (рис. 2).

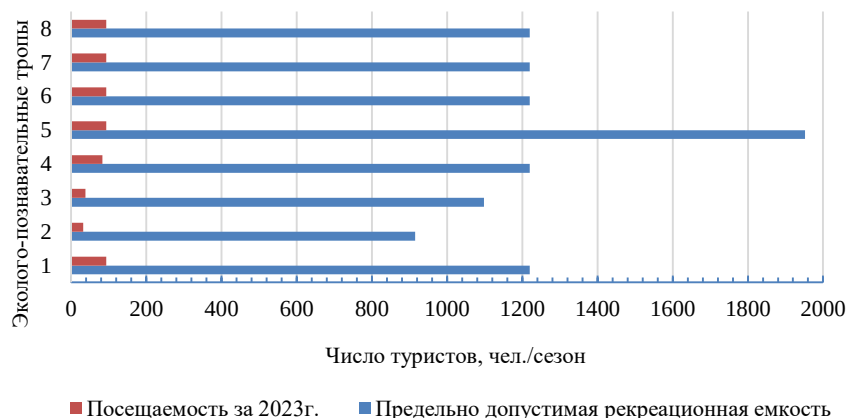


Рис. 2. Предельно допустимая рекреационная емкость эколого-познавательных троп и их посещаемость в 2023 году:
 1 – Аллея памяти; 2 – Велотропа озеро Кошеер; 3 – Водный маршрут на каноэ по реке Большая Кокшага;
 4 – Деревья заповедного леса; 5 – Охотничий путь; 6 – Сказки заповедного леса; 7 – Травы заповедного леса;
 8 – Царство животных

Посещаемость троп в сезон значительно меньше предельно допустимой рекреационной емкости, то есть антропогенное воздействие на территорию заповедника очень низкое. Но также можно отметить, что посещаемость не превышает предельно допустимую рекреационную емкость, а значит, есть возможность увеличивать число туристов в сезон без ущерба для заповедной территории.

Посещаемость за сутки тоже не превышает предельно допустимую рекреационную емкость троп (табл. 1).

Таблица 1

Посещаемость эколого-познавательных троп заповедника «Большая Кокшага»

Дата	Аллея памяти	Велотропа озеро Кошеер	Водный маршрут на каноэ по реке Большая Кокшага	Деревья заповедного леса	Охотничий путь	Сказки заповедного леса	Травы заповедного леса	Царство животных
	Число туристов в сутки							
2 августа	5	-	-	5	5	5	5	5
3 августа	5	-	-	5	5	5	5	5
5 августа	6	6	6	6	6	6	6	6
9 августа	10	-	-	-	10	10	10	10
10 августа	-	-	6	-	-	-	-	-
12 августа	7	7	7	7	7	7	7	7
13 августа	7	-	-	7	7	7	7	7
19 августа	4	4	4	4	4	4	4	4
26 августа	6	6	6	6	6	6	6	6
29 августа	6	-	-	6	6	6	6	6
9 сентября	5	5	5	5	5	5	5	5
16 сентября	6	-	-	6	6	6	6	6
17 сентября	12	-	-	12	12	12	12	12
21 сентября	4	-	-	4	4	4	4	4
30 сентября	4	4	4	4	4	4	4	4
1 октября	6	-	-	6	6	6	6	6
Всего	93	32	38	83	93	93	93	93

Таким образом, можно сделать вывод, что предельно допустимая рекреационную емкость троп заповедника варьирует от 15 до 32 чел./сут. (от 915 до 1952 чел./сезон). Число туристов за 2023 год значительно ниже и не превышает данный показатель, следовательно, рекреационная нагрузка на территории заповедника минимальна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриянова Ю. М., Сергеева И. В., Мохонько Ю. М., Гусакова Н. Н. Оценка рекреационного использования особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. № 2. С. 117-127.
2. Летопись природы Государственный природный заповедник «Большая Кокшага». Йошкар-Ола, 2023. С. 263.
3. Типовые правила расчета предельно допустимой рекреационной емкости особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения при осуществлении туризма (утверждены Постановлением Правительства РФ от 31 октября 2023 г. № 1809).
4. Перечень особо охраняемых природных территорий, расположенных на территории Республики Марий Эл, по состоянию на 01.01.2024 // Министерство природных ресурсов, экологии и охраны окружающей Республики Марий Эл : [сайт]. – URL: <https://mar-el.gov.ru/ministries/minles/pages/osobo-okhranyaemye-prirodnye-territorii/> (дата обращения: 15.09.2024).
5. Полевщиков А. В. Страницы истории территории заповедника // Науч. труды гос. прир. заповедника Большая Кокшага. Вып. 1. Йошкар-Ола, 2005. С. 5–22.
6. Терещенко О. В. Методы оценки рекреационной нагрузки на примере экологических троп валдайского национального парка // Современные подходы к развитию агропромышленного, химического и лесного комплексов. проблемы, тенденции, перспективы. Великий Новгород, 2021. С. 466–471.
7. Черных В. В. Оценка экологических троп заповедника Большая Кокшага // Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России: III Всероссийская научно-практическая конференция: сборник материалов. Комсомольск-на-Амуре, 2023. С. 177–183.

Изучение видового состава базидиальных грибов на территории СЗЗ АО «Марийский машиностроительный завод»

Яндыганова Р. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Алябышева Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
x23012002@gmail.com

Актуальность. Значительный вклад для поддержания стабильности природных сообществ в окружающей среде вносят грибы. Грибы являются важным звеном в экосистеме, осуществляющие процессы биодеструкции и возврата органических веществ в природный круговорот. Грибы выполняют разнообразные функции в биогеоценозах, занимают различные эколого-трофические уровни, их видовой состав отличается огромным многообразием [1]. Необходимость изучения базидиальных дереворазрушающих грибов в г. Йошкар-Оле вызвана тем, что подобные исследования ранее не проводились, а также остается малоизученной их экология и география. Специфика структуры сообществ этих грибов может быть использована для оценки видового состава и их состояния [2; 3].

Целью исследования был анализ видового состава базидиальных грибов на территории СЗЗ АО «Марийский машиностроительный завод».

Методы исследования. Исследования проводили в июне-августе 2023 г. на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) промышленной площадки АО «Марийский машиностроительный завод», расположенной в г. Йошкар-Оле. Изучение состава и распространения паразитических и полупаразитических базидиальных грибов было выполнено методом визуального осмотра деревьев, без учета скрытых гнилей, позволяющих определить фаутистность древостоя [4]. Производился сбор плодовых тел грибов-макромицетов, обнаруженных на живых стволах, сухостое, пнях и валеже деревьев, образующих зеленые насаждения СЗЗ предприятия. Оценка поврежденности древесных насаждений вычисляли в процентах от общего числа деревьев [5]. Развитие болезни деревьев устанавливали визуально по общему состоянию растений, доле пораженной поверхности органов растений, интенсивности спорующий патогенов и другим признакам [6].

Результаты исследования. В ходе анализа было выявлено, что общее количество деревьев составило 500 шт. По результатам натурных исследований можно отметить, что преобладающим древесным растением была: липа сердцелистная (40,6% от общего кол-ва растений). На втором месте по численности был клен ясенелистный (21,4% от общего кол-ва растений). А минимальными значениями данного параметра характеризовалась ива козья (0,2% от общего количества растений) (рис. 1).

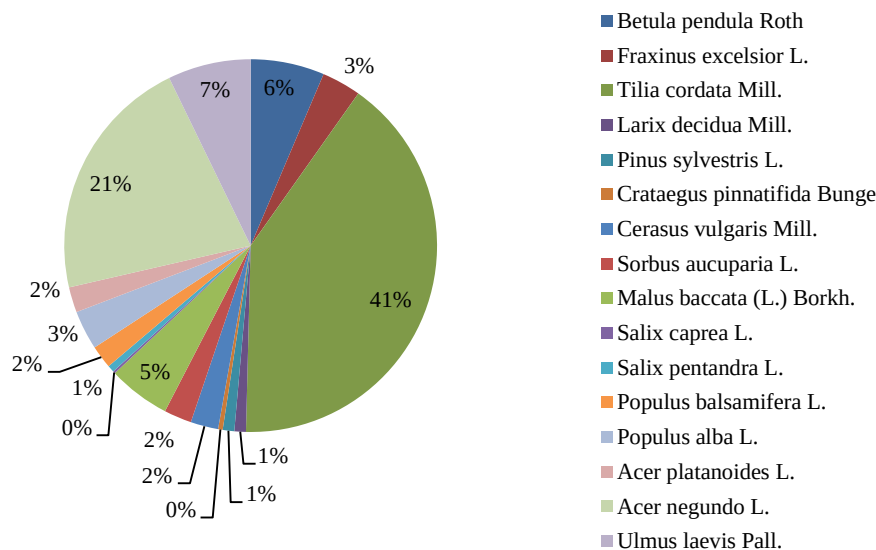


Рис. 1. Соотношение доминирующих видов по численности по отношению к другим растениям

Пораженность деревьев грибами была незначительной – 1,4 % от общего количества деревьев. Наибольшую пораженность базидиомицетами имела липа сердцелистная – 0,8 % от общего количества деревьев (рис. 2). Базидиальные макромицеты были обнаружены на таких деревьях, как рябина обыкновенная, вяз гладкий, клен ясенелистный и липа сердцелистная.

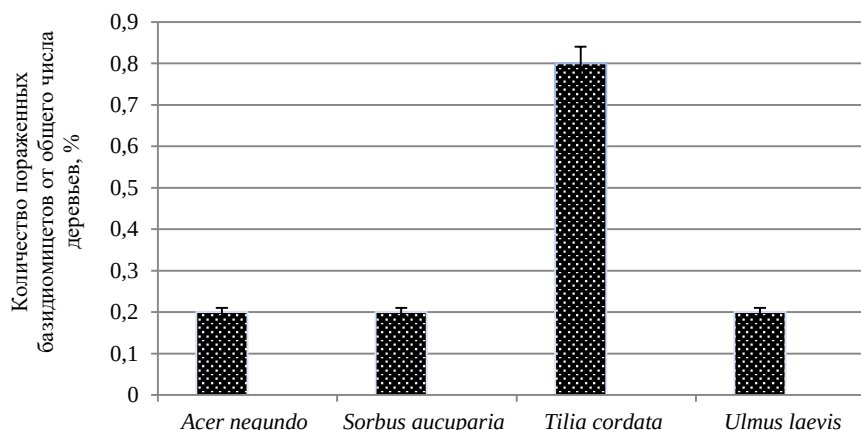


Рис. 2. Количество деревьев, пораженных базидиальными макромицетами

Всего было идентифицировано 4 вида базидиальных макромицетов: вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.), трутовик настоящий (*Fomes fomentarius* (L.) Fr.), трутовик чешуйчатый (*Ceriporus squamosus* (Huds.) Quel.) и щелелистник обыкновенный (*Schizophyllum commune* Fr.). Все выявленные виды грибов относятся к 2 порядкам, 3 семействам и 3 родам отдела Basidiomycota, а также относятся к классу Agaricomycetes. По количеству видов грибов доминирует семейство Polyporaceae – 2 вида. По 1 виду насчитывают семейства Schizophyllaceae и Pleurotaceae. Вешенка обыкновенная была выявлена на 1 древесном растении – рябине обыкновенной, трутовик настоящий произрастал на вязе гладком, трутовик чешуйчатый на клене ясенелистном, а щелелистник обыкновенный на липе сердцелистной. Щелелистник обыкновенный был наиболее многочисленным видом, произрастающим на территории санитарно-защитной зоны промышленного предприятия (3 шт., 50 %).

Также нами была проведена оценка развития болезни зеленых насаждений вблизи АО «Марийский машиностроительный завод» базидиомицетами (рис. 3). Развитие болезни устанавливали визуально по общему состоянию растений, доле пораженной поверхности органов растений, интенсивности споруляций патогенов и другим признакам.

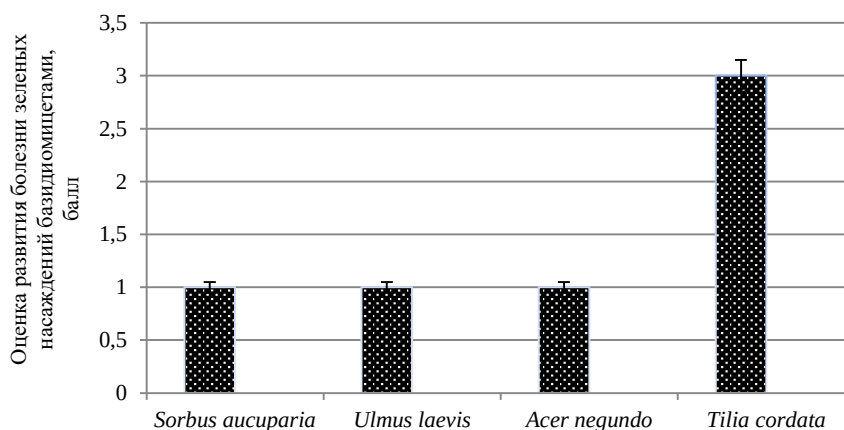


Рис. 3. Оценка развития болезни зеленых насаждений базидиомицетами

В ходе работы не были отмечены растения с 4 и 5 баллами болезней. Оказалось, что растения рябины обыкновенной, вяза гладкого и клена ясенелистного имели слабую пораженность базидиомицетами, которая охватывала менее 10 % поверхности дерева. На липе сердцелистной поражение было сильное, болезнью было охвачено 26–50 % поверхности деревьев.

Таким образом, пораженность деревьев, произрастающих на территории санитарно-защитной зоны, базидиомицетами была незначительной. На деревьях было обнаружено 4 вида базидиомицетов: вешенка обыкновенная, трутовик настоящий, трутовик чешуйчатый и щелелистник обыкновенный. Наибольшая численность была отмечена у щелелистника обыкновенного (50 % от общего количества).

Данные по изучению видового состава и численности базидиомицетов могут быть использованы для разработки мероприятий, направленных на повышение продуктивности и устойчивости фитоценоза на территории промпредприятия санитарно-защитной зоны АО «Марийский машиностроительный завод».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврицкова Н. Н. Структура микобиоты в рекреационных лесах Республики Марий Эл // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2014. № 3 (23). С. 67–78.
2. Горленко М. В., Сидорова И. И., Сидорова Г. И. Макромицеты Звенигородской биологической станции МГУ. М. : Изд-во МГУ, 1989. 84 с.
3. Исмаилов Р. Р., Ямалеев Р. Х., Кулагин А. А. Оценка состояния древесно-кустарниковой растительности Нижнекамского промышленного центра республики Татарстан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. № 5 (3). С. 48–50.
4. Минкевич И. И. Эпифитотии грибных болезней древесных пород. Л. : Изд-во Ленинград. ун-та, 1986. 192 с.
5. Мозолевская Е. Г., Соколова Э. С., Воронцова Н. А. Практикум по лесозащите. М. : Агропромиздат, 1988. 368 с.
6. Соколова Э. С. Дереворазрушающие грибы в городских насаждениях // Лесной вестник / Forestry bulletin, 2000. № 6. С. 110–115.

Изучение реологических свойств карбопола с целью разработки гелевой основы

Алхамви О., аспирант.1 курс

*Науч. рук. – Жиликова Е. Т., профессор,
заведующий кафедрой фармацевтической технологии*

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород
EZhilyakova@bsu.edu.ru, Olaalhamwi6@gmail.com*

Высокомолекулярные соединения такие как ГПМЦ, карбопол, альгинат натрия широко используется в фармацевтической технологии как основы для гелевых продуктов и в качестве пролонгаторов загустителей. В этой связи, важным показателем являются реологические характеристики высокомолекулярных соединений в котором относится: вязкость, намазываемость, кроющая способность

В данной статье изучены реологические характеристики карбопола в качестве гелевой основы в различных концентрациях.

Актуальность:

Карбопол, является высокомолекулярным полимером акриловой кислоты, химически кросс-сшитым с полиалкениловыми спиртами или дивинилгликолем.

Изучение реологических свойств карбопола является важным аспектом исследования его пригодности в качестве основы для гелей. Гелевая форма является популярной для различных фармацевтических и косметических препаратов ввиду ее легкого применения и хорошей смачиваемости, но при создании лекарственных препаратов для лечения грибковых кожных заболеваний с комплексом жирорастворимых витаминов гели не использовались.[2] Гели на основах карбопола отличаются от других полимеров тем, что: при нанесении на кожу образуют тончайшие гладкие пленки, хорошо распределяемые по кожной поверхности, обеспечивая пролонгированный эффект препаратов, более полно и равномерно высвобождают лекарственные вещества, увеличивая таким образом фармацевтическую доступность, кроме того, карбопол представляет собой высокостабильный порошок при соответствующих условиях хранения.

Цель исследования: Изучение реологических свойств карбопола с целью разработки гелевой основы для лечения грибковых заболеваний кожи.

Материалы и методы:

Материалы: карбопол (Cas No 76050-42-5)

Приборы: Brookfield DV-2T / AMETEK Brookfield

Методы: технологический, статистический, аналитический.

Изготовление гелей карбопола происходит следующим образом: к 50% по объему воды очищенной с (pH = 7 - 7.4) добавляют точную навеску полимера, продолжая перемешивание во избежание комкования, после чего добавляют остальную воду, потом перемешивая до полного растворения полимера, оставляют на сутки при комнатной температуре для образования геля.

Для проведения эксперимента были приготовлены растворы карбопола объемом 200 мл, в концентрациях 1 %, 1,25 %, 1,5 %, 2 %. Полученные гели представляют собой вязкоупругую систему, одним из основных свойств которых является возвращение к исходным вязкоупругим свойствам после извлечения ее из упаковки и деформации при нанесении.

В исследовании изучали: влияние скорости вращения на вязкость способом «Up-Down Rate Ramp» с использованием прибора Brookfield Viscometer

Задачи исследования: изучение изменения вязкости в зависимости от скорости поэтому был построен график, который отображает процесс измерения вязкости при разных скоростях вращения шпинделя с одинаковым периодом времени.

Результаты и обсуждения:

Реологическое поведение гелей, приготовленных в концентрациях 1 %, 1,25 %, 1,5 %, 2 %, изучали путем проведения 3 этапов в соответствии с рекомендациями по изучению вязкости на приборе Brookfield Viscometer:

1 – Определение начальной скорости вращения, соответствующей вращающему моменту более 10 %.

2 – Увеличения скорости вращения на 10 Rpm каждую минуту в течение восьми минут.

3 – Каждую минуту уменьшая скорость вращения до достижения начальной скорости вращения, чтобы получить 16 графических точек, с помощью которых была сгенерирована кривая, представляющая зависимость вязкости от скорости вращения в течение времени (петля Гистерезиса).

Для измерения вязкости растворов при концентрациях 1 % и 1,25 % использовался шпиндель НВ -02, а для вязкости растворов при концентрациях 1,5 и 2% использовался шпиндель НВ -04, для поддержания вращающего момента в диапазоне (10 %–100 %).

Условия проведения эксперимента и реологические характеристики представлены в таблице 1:

Таблица 1

Условия проведения эксперимента и реологические характеристики

Номер образца	Концентрация	Начальная скорость	Вращающий момент	Конечная скорость	Концентрация
1	1%	40	28,6%	110	44,8%
2	1.25%	20	39,8%	90	72%
3	1.5%	10	12,4%	80	28,6%
4	2%	10	26,2%	80	52,9%

Полученные экспериментальные данные изменения вязкости при увеличении и уменьшении скорости вращения показаны на рисунках 1, 2, 3, 4:

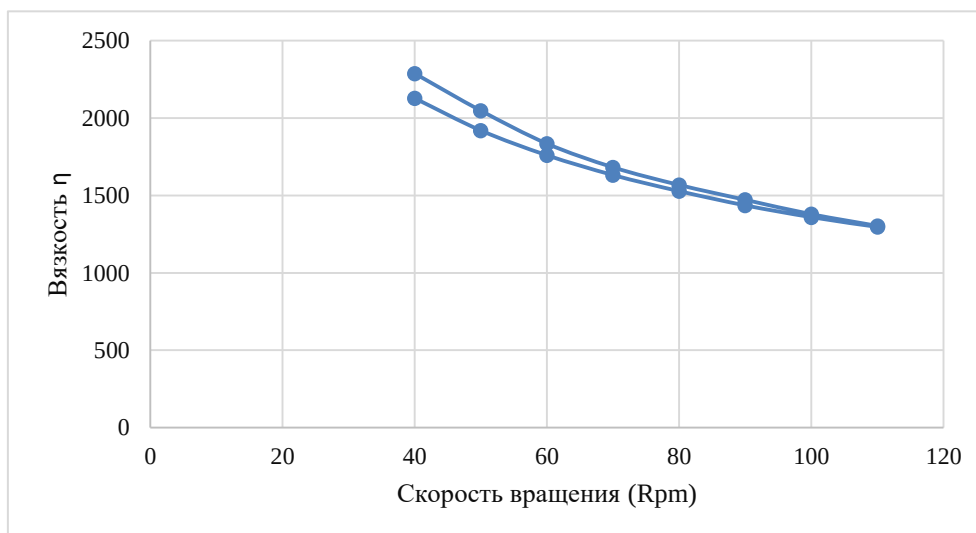


Рис. 1. Изменение вязкости при изменении скорости вращения для геля 1% Карбопол

На рисунке 1 показана графическая кривая, которая описывает соотношение между вязкостью геля и скоростью вращения шпинделя, приготовленного при концентрации 1 %.

На графике видно, что при начальной скорости вращения 40 Rpm значение вязкости составило 2288 ср, и так далее, с увеличением скорости вращения значения вязкости уменьшаются, пока вязкость не достигнет значения 1303 ср при конечной используемой скорости вращения 110 Rpm. А при возврате к исходной скорости вращения вязкость не возвращается к исходному значению, но достигает значения 2128 ср.

Реологическая система не восстанавливается после возвращения скорости вращения в исходное состояние.

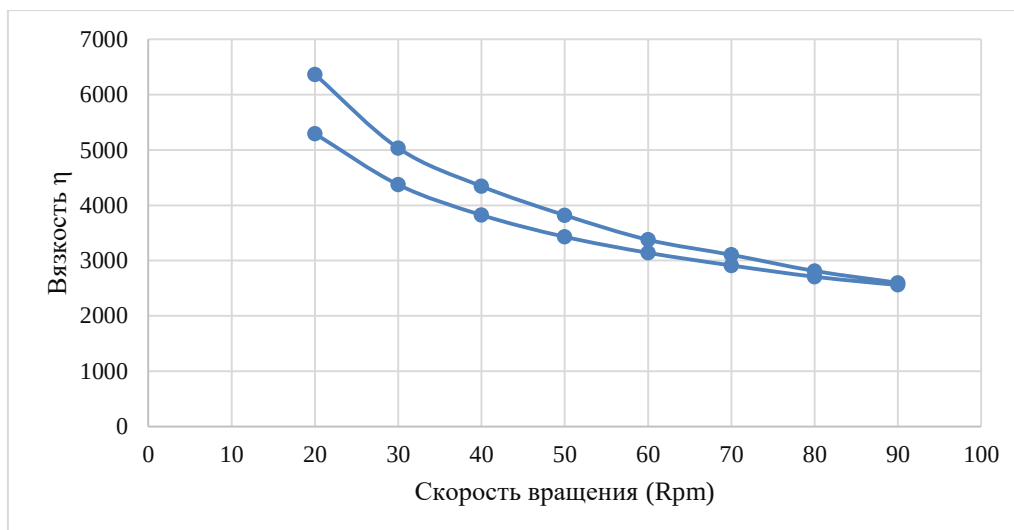


Рис. 2. Изменение вязкости при изменении скорости вращения для геля 1.25% Карбопол

На рисунке 2 показана графическая кривая, которая описывает соотношение между вязкостью и скоростью вращения геля, приготовленного при концентрации 1,25 %.

На графике показана разница в вязкости при скоростях вращения между восходящим и нисходящим кривыми, которая указывает на то, что вязкость ниже, чем была.

Таким образом, реологическая система не восстанавливается после возвращения скорости вращения в исходное состояние.

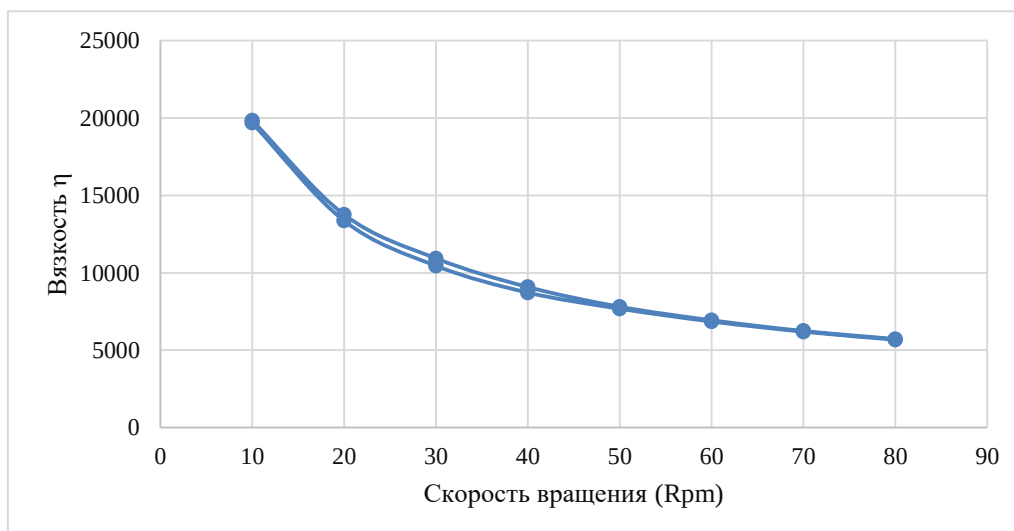


Рис. 3. Изменение вязкости при изменении скорости вращения для геля 1,5 % Карбопол

На рисунке 3 показана графическая кривая, которая описывает соотношение между вязкостью геля и скоростью вращения шпинделя, приготовленного в концентрации 1,5 %.

На рисунке 3 показано снижение вязкости с увеличением скорости вращения и когда скорость вращения снижается до начальной, вязкость возвращается к значению, очень близкому к исходному значению, и даже кажется, что на графике они совпадают. Реологическая система восстанавливается после возвращения скорости вращения в исходное состояние, а вязкость возвращается к исходному значению.

На рисунке 4 показана графическая зависимость, которая описывает соотношение между вязкостью и скоростью вращения геля, приготовленного при концентрации 2%.

На графике показано, как вязкость возвращается к исходному значению при возврате скорости к исходной, то есть реологическая система восстанавливается после возвращения скорости вращения в исходное состояние.

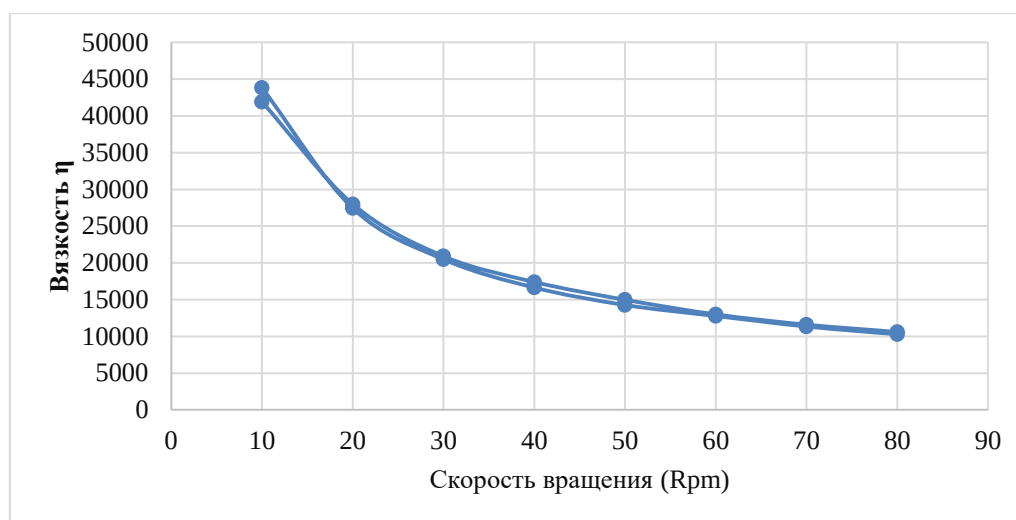


Рис 4. Изменение вязкости при изменении скорости вращения для геля 2% Карбопол

Выводы. Изучены реологические свойства геля на основе карбопола в зависимости от концентрации (1 %, 1,25 %, 1,5 %, 2 %), а также отмечено, что вязкость со временем меняется в зависимости от скорости вращения шпинделя. Установлено, что наиболее подходящими свойствами для гелевой основы обладают 1,5 %, 2 % гель карбопола, так как в таких концентрациях гелевые основы наиболее устойчивы к деформации и позволяют получить качественные гелевые основы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kashyap, Ankita & Das, Asha & Ahmed, Abdul. Formulation and Evaluation of Transdermal Topical Gel of Ibuprofen. Journal of Drug Delivery and Therapeutics. 2020. Vol. 10. Pp. 20–25. DOI: <https://doi.org/10.22270/jddt.v10i2.3902>
2. Жилкова Е. Т., Алхамви О. Фармацевтический Рынок Сирийской Арабской Республики Противогрибковых Лекарственных Препаратов. 2023.
3. Kaur D. & Raina A. & Singh, Namita. Formulation and evaluation of carbopol 940 based glibenclamide transdermal gel. International Journal of Pharmacy and Pharmaceuti-cal Sciences. 2014. No. 6. Pp. 434–440.
4. Safitri Fenny & Nawangsari Desy & Febrina Dina. Overview : Application of Car-bopol 940 in Gel. 2021. DOI: <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.210127.018>
5. Gaikwad Vinod & Yadav Vishal & Dhavale Rakesh & Choudhari Prafulla & Jadhav Swapnil. Effect of Carbopol 934 and 940 on Fluconazole Release from Topical Gel Formulation: A Factorial Approach // Current Pharma Research. 2012. No. 2. Pp. 487–493.
6. Asasutjarit, Rathapon & Sirivat, Anuvat & Vayumhasuwan, Panida. Viscoelastic Properties of Carbopol 940 Gels and Their Relationships to Piroxicam Diffusion Coeffi-cients in Gel Bases // Pharmaceutical research. 2006. No. 22. Pp. 2134–40. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11095-005-8244-2>
7. Dolz, Manuel & Herraes, M. & González, F. & Diez Sales, Octavio & Delegido, Jesús & Hernández, M. J. Flow behaviour of Carbopol-940® hydrogels // The influence of concentration and agitation time. Pharmazie. 1998. No. 53. Pp. 126–130.
8. Mohammad Hamdi, Nurul Ain & Azmi, Nurul & Sabari, Nurul & Harun Ismail, Ahmad Fahmi & Haris, Muhammad Salahuddin. An insight into the use and advantages of Carbopol in topical mucoadhesive drug delivery system: A systematic review // Journal of Pharmacy. 2023. Vol. 3. Pp. 53–65. DOI: <https://doi.org/10.31436/jop.v3i1.156>
9. Sheskey P. J., Cook W. G., Cable C. G., Handbook of Pharmaceutical Excipients 8th. 2017.
10. More Olutions To Ticky S Problems – MIS Brookfield Viscometry Guide.
11. More Olutions To Ticky S Problems – MIS Brookfield Viscometry Guide.
12. Carl Pontén, 2023, Formulation development, rheological characterization, and cosmetic evaluation of gel-creams

Содержание экстрактивных веществ в траве пустырника (*Leonuri herba*)

Ангалёв В. А., студ. 3 курса

Науч. рук. – Алябышева Е. А., канд. биол. наук, доц.

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

Актуальность. Род пустырник (*Leonurus* L., сем. *Lamiaceae*) включает около 25 видов, произрастающих по всему миру: в Европе, Азии, Африке и Америке; 13 видов встречаются на территории России. Лекарственным действием обладают многие виды рода *Leonurus* L. [1; 5]. В Фармакопею XV издания [2] включена трава пустырника (производящие растения): пустырник сердечный – *Leonurus cardiaca* L. и пустырник пятилопастный – *Leonurus quinquelobatus* Gilib.).

Основными действующими веществами травы пустырника являются флавоноидные гликозиды (рутин, квинквелозид, космосин, кверцитрин, гиперозид, кверцимеритрин и др.), алкалоиды (стахидрин – 0,4 %, холин, леонуриин), сапонины, дубильные (около 2 %) вещества, иридоидные монотерпены (леонурид), аскорбиновая кислота (в листьях содержится 23,6–65,3 мг %), дитерпеновая горечь (леокардин), следы эфирного масла (около 0,03%), минеральные соли.

Цельное и измельченное сырье (влажность не более 13 %) содержит экстрактивных веществ (извлекаемых 70 % спиртом) не менее 15 %, золы общей не более 12 %; золы, нерастворимой в 10 % растворе хлористоводородной кислоты, не более 6%; почерневших, побуревших и пожелтевших частей растений не более 7 %; стеблей, в т.ч. отделенных при анализе, не более 46 %, органической примеси не более 3 %, минеральной примеси не более 1 %. Измельченное сырье, кроме того, содержит частиц, не проходящих сквозь сито с отверстиями диаметром 7 мм, не более 17 %, частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером 0,5 мм, не более 16 % [4].

Настой, жидкий экстракт и настойку используют принимают как нейро- и кардиопротекторное средство, действие которого обеспечивается богатым составом биологически активных веществ [2].

Цель работы – определить содержание экстрактивных веществ в траве пустырника.

Методы исследования. Объектом исследования являлись 3 образца лекарственного растительного сырья:

1) образец промышленного производства (ООО «Фармоцвет», г. Красногорск, сбор 2023 г.);

2) образцы, собранные на территории Чувашской республики (окрестности г. Чебоксары, сбор 2019 г.) и Республики Марий Эл (окрестности п. Солнечный, сбор 2020 г.).

В соответствии с ФС.2.5.0034.15 определяли подлинность и изучали микроскопические признаки измельченного сырья. В дальнейшем определяли влажность растительного сырья (%) и содержание суммы экстрактивных веществ в траве пустырника (%) определяли гравиметрическим методом (из навески 1,00 г сырья, измельченного до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером 1 мм, экстрагент спирт 70 %) [2].

Каждое определение проводили пятикратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали в «Microsoft Excel».

Результаты исследования. Все отобранное лекарственное растительное сырье травы пустырника по результатам проведенных нами исследований признано подлинным. При рассмотрении измельченного сырья под лупой (10×) были видны кусочки стебля, четырехгранного или расщепленного с опушенной (слабоопушенной) серовато-зеленой поверхностью; были обнаружены кусочки листьев (серовато-зеленые), сильно опушенные; цветки или их части (чашечка трубчато-колокольчатая, опушенная, с колючими зубцами, венчик двугубый серовато-розовый, опушенный снаружи).

В дальнейшем, мы определяли влажность растительного сырья. Так, влажность исследованных образцов составляла 6,4–8,9 %, то есть была не более 13,0 %. Наименьшие значения данного показателя были отмечены у образцов промышленного производства, а наибольшие у образцов, собранных на территории Чувашской республики (рис. 1).

Показатель «экстрактивные вещества» характеризует содержание в лекарственном растительном сырье/препарате всей суммы биологически активных и балластных веществ, извлекаемых экстрагентом. Количественное определение содержания экстрактивных веществ в растительном сырье позволяет судить о его качестве [4].

В ходе работы было обнаружено, что в промышленных образцах содержалось 8,5 % экстрактивных веществ, что было менее 15,0 %.

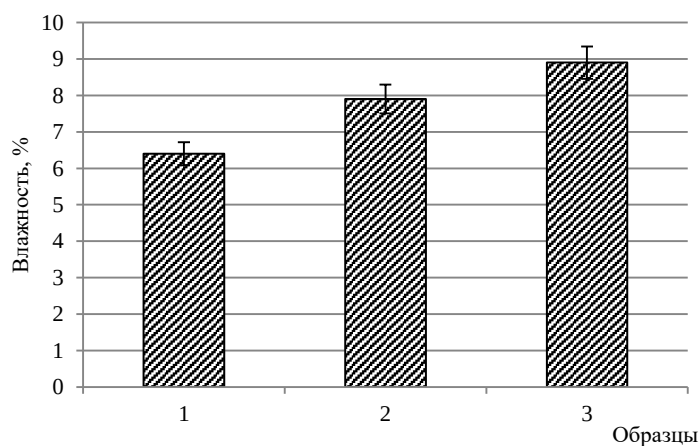


Рис. 1. Влажность лекарственного растительного сырья: 1 - образец промышленного производства; 2 – образец, собранный на территории Республики Марий Эл; 3 - 2 – образец

В лекарственном растительном сырье, собранном в окрестностях п. Солнечный (Республика Марий Эл), экстрактивных веществ было в 1,8 раза больше и соответствовало установленному нормативной документацией числовому показателю.

Наибольшее количество экстрактивных веществ было обнаружено в образцах, собранных в окрестностях г. Чебоксары (Чувашская республика), и превышало установленный нормативной документацией числовой показатель в 1,6 раза (рис. 2).

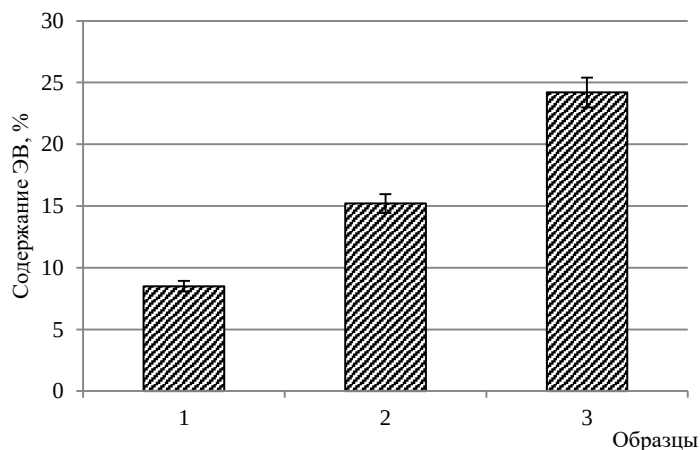


Рис. 2. Содержание экстрактивных веществ в траве пустырника

Таким образом, проанализировано 15 образцов травы пустырника, в которых определено содержание экстрактивных веществ. Все лекарственное растительное сырье признано подлинным. В траве пустырника (ООО «Фармацвет») содержание экстрактивных веществ было менее 15 %. В образцах, собранных на территории Чувашской республики экстрактивных веществ было в 1,6 раза больше установленного нормативной документацией числового показателя, то есть данное сырье характеризовалось наилучшим качеством.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаммерман А. Ф., Кадаев Г. Н., Яценко-Хмелевский А. А. Лекарственные растения (Растения-целители). 3-е изд., перераб. и дополн. М. : Высшая школа, 1983. С. 293–295.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. 15 издание. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/> (дата обращения: 15.04.2024)
3. Машковский М. Д. Лекарственные средства: в 2-х томах. 14-е изд. М. : Новая Волна, 2000. Т. 1. С. 89–90.
4. Муравьева Д. А. Фармакогнозия (с основами биохимии лекарственных растений). М. : Медицина, 1978. С. 588–590.
5. Энциклопедический словарь лекарственных растений и продуктов животного происхождения / Под ред. Г. П. Яковлева, К. Ф. Блинова. СПб. : Специальная литература, 1999. С. 235–236.

Биологически активные вещества в перегородках ореха грецкого

Батрова С. В., Кузнецова Е. В., студентки 4 курса

Науч. рук. – Закамская Е. С., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
snezhnabatrova28@gmail.com

Грецкий орех (волошский орех, царский орех, греческий орех) – (*Juglans regia* L.) – вид деревьев рода Орех семейства Ореховые (*Juglandaceae*). Является одним из древнейших и наиболее ценных лекарственных и пищевых растений, широко распространенное в странах с умеренным климатом [1]. Его плоды, листья, кора и другие части используются в народной медицине, а также и косметологии.

Еще древние времена считали, что орех грецкий наделен жизнедейственной силой, дающей человеку огромный заряд физической и умственной энергии. Не случайно в старину, по данным В. Коршенко, засахаренные орехи называли «страховою воинов». Еще древнегреческий историк Геродот (490 – ок. 425 до н. э.) писал, что жрецы Древнего Вавилона запрещали простым людям употреблять орехи, потому что боялись физического и умственного развития угнетенного народа. [2].

Первые орехи на Руси появились благодаря монахам из Византии в XII–XIII веках. Так как они приезжали из Греции, то и закрепилось за ними название сначала греческих, а потом и грецких.

В диком состоянии они произрастают в Закавказье, особенно распространены в его западной части. Грецкие орехи растут в северных частях Индии и Китая, в Иране, на Балканах, в Малой Азии, на Тянь-Шане, на Украине, в России и в Греции. Самые большие площади реликтовых деревьев грецкого ореха на сегодняшний день находятся в Киргизии. Они располагаются на склонах Чаткальского и Ферганского хребтов, на высотах от 1000 до 2000 метров над уровнем моря.

Грецкий орех в настоящее время не используется в официальной медицине, так как отсутствует нормативная документация на данный вид сырья, но, благодаря наличию широкого набора различных биологических активных веществ, является объектом изучения в фармакогнозии.

В качестве лекарственного растительного сырья у грецкого ореха используются перегородки плодов, которые представляют собой тонкие пластинки ткани, разделяющие полости, содержащие орех. Они богаты биологически активными веществами, такими как танины, флавоноиды, дубильные вещества и другими соединениями, которые определяют их фармакологические свойства [3]. Перегородки грецкого ореха обладают антиоксидантными, противовоспалительными, антибактериальными и другими свойствами, которые могут быть использованы для лечения различных заболеваний [3]. Экстракт перегородок плодов ореха грецкого улучшает структуру и функцию почек. Настойки перегородок эффективны при заболеваниях щитовидной железы, так как содержат большое количество йода.

Перегородки грецкого ореха являются ценным источником биологически активных веществ, которые могут быть использованы для лечения различных заболеваний. Результаты настоящей работы могут быть использованы для дальнейшего изучения свойств перегородок грецкого ореха и их применения в медицине и фармации.

Цель работы: исследовать перегородки ореха грецкого на качественный состав биологически активных веществ (БАВ).

В качестве исходного материала использовали перегородки грецкого ореха, приобретенного в торговых точках г. Йошкар-Олы. Были проведены качественные реакции на сапонины, простые фенолы, кумарины, флавоноиды, антраценпроизводные, дубильные вещества и алкалоиды [4]. Экстракцию БАВ проводили водой подготовленной согласно Государственной фармакопеи 15 изд., ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары».

Таблица 1

БАВ	Реакция	Результаты реакции
Сапонины	<i>Реакция осаждения</i> К водным извлечениям прибавить растворы среднего и основного ацетатов свинца, соли меди	Осадок наблюдаем с основным ацетатом свинца-стероидные сапонины
	К извлечению прибавить равный объем хлороформа и 6–8 капель концентрированной серной кислоты	Окрашивание нижнего хлороформного слоя в желтый цвет
	На сухой материал капнуть 10 % раствор натрия нитрата и кислоту концентрированную серную	Крово-красное окрашивание
Простые фенолы (арбутин)	К водному извлечению добавить кристаллическое железо закисное сульфат	Фиолетовое окрашивание с дальнейшим образованием темно-фиолетового осадка
Кумарины	В пробирку с извлечением добавить несколько капель 10 % раствора натрия гидроксида, нагреть, затем прибавить 5 мл дистиллированной воды и хорошо перемешать	Изменения окраски не наблюдаем
Флавоноиды	К 1 мл извлечения добавить 2–3 капли 10 % спиртового раствора NaOH	Халконы и ауруны при взаимодействии с щелочами дают красное окрашивание
	К 1 мл извлечения добавить 3–5 капель раствора основного ацетата свинца	Флавоны, халконы и ауруны дают осадки ярко-желтого цвета
Антраценпроизводные	На сухое сырье нанести несколько капель 5–10 % раствора натрия гидроксида	Вишнево-красное пятно
	К водному извлечению из сырья добавить несколько капель 5 % раствора щелочи	Вишнево-красное окрашивание

БАВ	Реакция	Результаты реакции
Дубильные вещества	<i>Реакция осаждения</i> К водному извлечению добавить 10 % раствор уксуснокислого свинца	Хлопьевидный осадок
	С солями железа (III)	Темно-зеленое окрашивание раствора- конденсированные
	С 1 % раствором квасцов железоаммонийных	Темно-зеленое окрашивание раствора- конденсированные
Алкалоиды	Зонненштейна	Осадок не образовался
	Шейблера	Осадок не образовался
	Драгендорфа	Осадок не образовался
	Эрдмана	Цвет не поменялся
	Фреде	Цвет не поменялся

В водном извлечении перегородок грецкого ореха обнаружены стероидные сапонины с помощью нескольких реакций: осаждения основным ацетатом свинца, добавления хлороформа и концентрированной серной кислоты, в результате которой хлороформный слой окрасился в желтый и путем капания на сухой материал 10 % раствора натрия нитрата и кислоты концентрированной серной, где наблюдали появление кроваво-красного окрашивания.

В перегородках ореха грецкого содержатся различные фенольные соединения.

Наличие дубильных веществ в водном извлечении доказали реакцией осаждения 10 % раствором уксуснокислого свинца, что подтверждается реакцией с солями железа (III) и с 1 % раствором квасцов железоаммонийных, где наблюдается темно-зеленое окрашивание раствора, который свидетельствует о присутствии конденсированных танинов.

Наличие флавоноидов проверили реакцией с 10% спиртовым раствором щелочи, которая дала красное окрашивание, и раствором основного ацетата свинца, в результате которой получили осадок ярко-желтого цвета. Обе реакции говорят о наличии халконов, ауранов и флавонов в перегородках ореха грецкого.

Наличие антраценпроизводных было подтверждено характерной реакцией на эту группу веществ с гидроксидом натрия. Водное извлечение окрасилось в вишнево-красный цвет. Также была проведена реакция с щелочью на сухом материале, в результате которой получили вишнево-красное пятно.

В литературе имеются сведения о наличии в перегородках грецкого ореха алкалоидов [5]. Однако при проведении качественных реакций на алкалоиды во всех случаях результат был получен отрицательный.

Кумарины в водном извлечении перегородок ореха грецкого также не обнаружены.

Таким образом, в перегородках ореха грецкого в результате качественных реакций нами были обнаружены сапонины, простые фенолы, флавоноиды, антраценпроизводные и дубильные вещества. Наличие данных биологически активных веществ определяет фармакологическое действие перегородок ореха грецкого, а именно антиоксидантное, противовоспалительное, антибактериальное и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изучение внешних признаков, микроскопии и химического состава перегородок грецкого ореха / Н. В. Чебышев, Л. О. Мартымянова, А. В. Стреляева, Р. М. Кузнецов // Сеченовский вестник. 2018. № 4. С. 60–69.
2. Стрела Т. Е. Орех грецкий. // Наукова думка. 1990. 192 с.
3. Горохова С. В. Полезные свойства представителей рода *Juglans* L. // Вестник Исык-кульского университета. Каракол, 2009. Вып. 23. С. 99–105.
4. Закамская Е. С., Скочилова Е. А. Фармакогнозия: подготовка к экзамену: учебно-методическое пособие // Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2020. 156 с.
5. Аслонова И. Ж., Кароматов И. Д., Тураева Н. И. Химический состав грецкого ореха // Биология и интегративная медицина. 2019. № 10 (38). С. 77–83.
6. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Москва, 2018 // Федеральная электронная медицинская библиотека / Министерство здравоохранения Российской Федерации: официальный сайт. URL: www.femb.ru (дата обращения: 16.09.2024).

Лекарственная независимость России

Батрова С. В., студентка 4 курса

Науч. рук. – Яковлев И. Б., д-р фармацевт. наук, проф.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
snezhnabatrova28@gmail.com

Обеспечение населения необходимыми лекарствами является важнейшей задачей государства, которая влияет на уровень жизни и здоровье граждан. Процветание фармацевтической промышленности способствует не только поддержанию здоровья населения, но и является двигателем экономического, научного и социального развития.

Пандемия COVID-19 и санкционное давление выявили уязвимости в фармацевтической сфере. К ним относятся зависимость от импорта иностранных лекарств, субстанций и оборудования, недостаточные мощности отечественного производства и недостаток инвестиций в научно-исследовательскую деятельность [1]. Пандемия показала, как важно иметь крепкую и независимую фармацевтическую промышленность, способную эффективно и быстро реагировать на кризисные ситуации в сфере здравоохранения. Это подчеркивает необходимость ускоренного развития отечественной фармацевтической отрасли и реализации, стратегических мер, направленных на достижение независимости в этой сфере.

В целях достижения независимости в сфере лекарственного обеспечения Россия активно работает над сокращением зависимости от импорта и увеличением доли отечественных препаратов на фармацевтическом рынке. Так согласно данным DSM Group, по стоимостному объему доля импортных лекарственных препаратов в феврале 2024 года составила 51,9 %, в то время как доля локализованных препаратов – 48,1 %. Это обусловлено их меньшей стоимостью в сравнении с импортными лекарственными средствами. В натуральном выражении доля импортных лекарств составила 33,4 %, а доля отечественных – 66,6 %. Таким образом, Россия продолжает работать над увеличением доли отечественных препаратов на фармацевтическом рынке, чтобы достичь независимости в сфере лекарственного обеспечения [2].

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации разработало перечень из 219 лекарственных препаратов, для которых планируется контролировать объем производства по полному циклу в РФ. Стоимость самого дорогого препарата из перечня, асфотазы альфа, составляет 5,1 млн рублей за одну упаковку. Данное лекарство предназначено для лечения орфанного заболевания гипофосфатазии. По оценкам Минпромторга, ежегодно пациентам в России требуется 500 упаковок данного ЛС. В связи с этим министерство предложило обеспечить приоритетное замещение импортных лекарственных средств отечественными, полный цикл производства которых находится на территории страны, и увеличить долю продукции отечественного производства в общем объеме потребления. Это направлено на повышение уровня независимости Российской Федерации в сфере лекарственного обеспечения и снижение зависимости от импорта лекарственных препаратов. Кроме того, это способствует развитию отечественной фармацевтической отрасли, повышению конкурентоспособности отечественных производителей на внутреннем и внешнем рынках.

В Стратегии «Фарма-2030» также определена необходимость локализации производств лекарственных средств на территории РФ для обеспечения стратегической независимости от различных внешних вызовов и угроз. Так, к 2030 году объем российского рынка должен достичь 3,7 трлн рублей, доля отечественных препаратов должна составить 42,6 %, а доля препаратов, выпускаемых по полному циклу и входящих в перечень стратегически важных, должна быть доведена до 80 %. Целевой показатель роста экспорта должен составлять \$ 3,4 млрд. В Стратегии отмечается, что необходимо осуществить импортозамещение не только для производства социально значимых препаратов и ЖНВЛП, но и обеспечить независимость в части фарм-субстанций [3].

По мнению генерального директора DSM Group Сергея Шуляка, прорыв в фармацевтической отрасли невозможен без развития смежных направлений. «Цели стратегии абсолютно достижимы, но для их осуществления требуются значительные усилия и инвестиции», – считает он. – Например, один из важнейших компонентов суверенитета в области лекарственного обеспечения – независимость в производстве фарм-субстанций, а для этого необходимо развивать химическую промышленность».

Несмотря на стремление России достичь независимости в сфере лекарственного обеспечения, зависимость от импортного фармацевтического сырья остается высокой и составляет примерно 80 %. Основными

поставщиками продолжают оставаться Китай и Индия, причем доля китайских компаний составляет 55,7 % в 2023 году, что незначительно ниже – лишь на 1,8 % – по сравнению с 2022-м. Доля Индии, напротив, выросла на 2,6 с 16,1 % в 2022-м. Показатели поставок из Европы изменились менее чем на 0,2 % (23,8 % в 2023-м против 24 % в 2022-м).

Еще одна проблема, с которой сталкивается Россия в сфере фармацевтики, – стоимость субстанций, которая начала расти с 2020 года из-за девальвации рубля. Подорожание субстанций составило 23,9 % против 15 % годом ранее. После введения санкций в 2022 году многие европейские компании фактически остановили поставки субстанций, а цены на сырье из Индии и Китая выросли в среднем на 30–35 % из-за сложностей с логистикой. В случае дальнейшего ужесточения санкций это может сказаться именно на поставках сырья: увеличить их стоимость или сделать полностью недоступными для российского рынка. Таким образом, для достижения независимости в сфере лекарственного обеспечения необходимо не только развивать отечественное производство лекарств, но и решать проблему зависимости от импортного сырья.

Некоторые российские фармкомпании уже заявили о запуске производств субстанций (компании «Фармасинтез», «Промомед», «ПИК-Фарма», «Эндофарма»). Однако такие проекты требуют вложения больших инвестиций. Несмотря на запущенную Минпромторгом программу «Субстанции России» по льготному кредитованию проектов стоимостью от 2 до 100 млрд. рублей, не все производители обращаются за государственной поддержкой, так как это накладывает обязательства по предоставлению гарантий и рисков по проектам. На январь 2023 год по данным Росстата производство фармацевтических субстанций выросло по сравнению с декабрем 2022 года на 19,4 %, а по сравнению с ноябрем 2023 года – на 0,1 %. Однако их производство не увеличилось, так в 2023 году субстанций произведено на 11,9 % меньше, чем за 2022 год [4].

Серьезной проблемой для фармацевтической промышленности является рост себестоимости производства, который напрямую сказывается на конечной цене для потребителя. Ценовая политика ЖНВЛП находится под контролем государства, однако часто небольшим компаниям невыгодно выпускать такие препараты из-за их низкой маржинальности, в результате с фармацевтического рынка начинают уходить лекарства из низкого ценового сегмента.

В стратегических документах определены направления поддержки российских предприятий, работающих по полному циклу. Однако пока эти предприятия работают на зарубежном оборудовании и с использованием импортных фармацевтических субстанций. В таких условиях велики риски отсутствия сервисного обслуживания, недостатка фармсубстанций и остановки производства. В России современное оборудование для фармкомпаний почти не производится: немецкие Syntegon и GEA приостановили поставки, а немецкая Sartorius и американская Cytiva вначале приостановили прием заказов, однако обещали вернуться на российский рынок. Имеются сложности с оборудованием, комплектующими для такой аппаратуры. Вот тут приходится крайне сложно. Многие отечественные заводы стараются переключиться с европейских машин и приборов на китайское оборудование. Данный процесс проходит с переменным успехом. Остается только надеяться, что отрасль увидит здесь ряд возможностей. Это определенный вызов, который совершенствует творческий подход к закупкам.

Для достижения независимости в фармацевтической отрасли необходимо реализовать комплекс мер, направленных на развитие отечественного производства лекарств, стимулирование инноваций и совершенствование нормативно-правовой базы. Ниже приведены некоторые ключевые шаги, которые могут способствовать достижению этой цели:

1. Поддержка отечественных производителей: предоставление государственной поддержки российским фармацевтическим компаниям в виде субсидий, налоговых льгот, грантов и других форм финансовой помощи, направленной на развитие производства, модернизацию оборудования и инфраструктуры, а также научно-исследовательскую деятельность. Налоговые преференции могут стать мощным стимулом для развития фармацевтической отрасли. Для этого необходимо предоставить отечественным производителям лекарств льготы по налогу на прибыль, имущество и другие налоги, а также ввести специальные режимы налогообложения для компаний, занимающихся исследованиями и разработками в области фармацевтики.

2. Активное стимулирование импортозамещения путем создания преференций для отечественных производителей при закупках лекарств для государственных нужд, а также введения мер по ограничению импорта лекарств, имеющих аналогичные отечественные препараты.

3. Создание центров научных исследований и разработок: формирование центров компетенций на базе ведущих университетов и научно-исследовательских институтов, специализирующихся на разработке новых лекарств, технологий и материалов, а также подготовке высококвалифицированных специалистов для фармацевтической отрасли.

4. Сотрудничество с зарубежными партнерами: развитие международного сотрудничества в области фармацевтики, включая совместные научно-исследовательские проекты, обмен опытом и технологиями, а также привлечение иностранных инвестиций в российскую фармацевтическую отрасль.

5. Совершенствование нормативно-правовой базы: улучшение законодательства в области фармацевтики, включая упрощение процедур регистрации и сертификации лекарств, внедрение международных стандартов качества и безопасности, а также совершенствование механизмов государственного регулирования и контроля в фармацевтической отрасли.

6. Содействие повышению конкурентоспособности российских лекарств на внутреннем и внешнем рынках. Путем развития маркетинговых стратегий, продвижения препаратов на международные рынки и укрепления позиций российской фармацевтической промышленности в глобальном сообществе.

7. Улучшение инфраструктуры фармацевтической отрасли, включая строительство новых производственных мощностей, создание специализированных логистических центров и развитие сети фармацевтических предприятий на территории России.

8. Подготовка квалифицированных кадров: увеличение инвестиций в образование и профессиональную подготовку специалистов для фармацевтической отрасли, а также создание условий для их профессионального роста и карьерного развития.

Реализация этих мер позволит создать благоприятные условия для развития российской фармацевтической отрасли, укрепить ее позиции на внутреннем и внешнем рынках, а также способствовать достижению независимости в производстве лекарств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новикова О. О., Калинина А. А. Влияние санкций на фармацевтический рынок // Политика, экономика и инновации. 2018. № 1 (18).
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 07.06.2023 № 1495-р.
3. Фармацевтический рынок России: Февраль 2024. URL: <https://dsm.ru/> (дата обращения: 16.10.2024).
4. Динамика промышленного производства в 2023 году. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 16.10.2024).

Результаты определения биологического и эксплуатационного запасов коры крушины ломкой на ключевом участке Солотча-Агро-Пустынь в Рязанской области

Валуева Д. А., Акульшина Е. В., Кошкина А. В., Самодурова М. А., Косырева А. А.

ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань
valueva2003@list.ru

Доля лекарственных растительных средств на отечественном рынке продолжает оставаться высокой – 40 % [1]. В России зарегистрированы более 1 тысячи отечественных лекарственных препаратов, содержащих растительное сырье [2]. Зачастую источником лекарственного сырья являются дикорастущие растения. Сведения о запасах сырья дикорастущих лекарственных растений необходимы для научного обоснования системы практического осуществления заготовок лекарственных растений в стране на основе их районирования, организации рационального использования и своевременного воспроизводства ресурсов [3].

Крушина ломкая – дикорастущее лекарственное растение, имеющее в России большой ареал. Кора крушины (цельная, измельченная, порошок) – фармакопейное (ГФ РФ XV) [4] лекарственное растительное сырье. Является известным слабительным средством, в госреестр РФ входят 7 лекарственных средств и препаратов с корой крушины и на ее основе (порошок, измельченная, сборы слабительный № 1, желчегонный № 3, противогеморроидальный, Викаир, экстракт в таблетках) от 10 производителей [5]. В научной медицине России препараты крушины применяют как мягкодействующее слабительное средство, начиная с I Фармакопеи [6]. Доминирующими веществами являются антраценпроизводные. Комплекс биологически активных веществ растения проявляет также антибактериальную, противогрибковую, антиоксидантную и противоопухолевую активность [7]. Растение занимает всю европейскую часть СНГ, произрастает на Кавказе и в центральных районах Западной Сибири, встречается на юге Красноярского края. Промышленная заготовка сырья возможна в Псковской, Кировской, Ярославской областях, Башкортостане, Республике Марий Эл и многих других районах России [8]. Запасы сырья крушины ломкой в России около 100 тыс. т, но используют только около 5 % этих запасов [6]. Актуальной представляется оценка ресурсов и изучение размещения этого лекарственного растения в разных регионах России, в том числе в Рязанской области, где

крушина ломкой характерна для подлеска сосновых и смешанных лесов, берегов рек. Крушина широко распространена, быстро возобновляется, произрастает по всей территории области, в особенности в Клепиковском, Касимовском, Спасском, Шиловском, Сасовском районах [9].

Цель работы состояла в определении биологического и эксплуатационного запасов коры крушины ломкой на конкретные ключевые произрастания растения в условиях Рязанской области, для дальнейшей оценки возможностей заготовки этого лекарственного растительного сырья.

Определение запасов коры крушины ломкой проведено в июне 2023 года в период летней учебной практики по фармакогнозии [10] студентами 3 курса фармацевтического факультета по методикам определения запасов лекарственных растений ВИЛАР [3]. Применен метод определения запасов на ключевых участках с использованием метода модельных экземпляров для конкретных зарослей. Для древесных растений, являющихся источником лекарственного сырья, применим метод модельных экземпляров. Выбран типичный ключевой участок произрастания крушины ломкой в окрестностях поселков Солотча-Агро-Пустынь Рязанского района Рязанской области. Площадь ключевого участка определена по картографическим интернет-материалам. Закладывали 13 трансект. Работы проводили на двух похожих участках. На каждой трансекте отдельно считали число товарных экземпляров (высотой не менее 3 метров) и число экземпляров еще не достигших промыслового состояния. Кору крушины снимали с товарных экземпляров растения, выбранных случайной выборкой, в соответствии с инструкцией по сбору и сушке, и взвешивали с точностью $\pm 5\%$. Используя полученные данные рассчитали урожайность согласно методикам [3] для коры крушины на участках. Урожайность (Y) рассчитывали как произведение среднего числа модельных экземпляров (X_1) на среднюю массу коры крушины с модельного экземпляра (X_2) с расчетом ошибки произведения (m). Для определения ошибок (m_1 и m_2) средних арифметических (X_1 и X_2) считают дисперсию (S^2) и среднеквадратичное отклонение (S). Используя полученные данные урожайности, рассчитали биологический и эксплуатационный запасы коры крушины по верхнему и нижнему пределу соответственно ($2m$) для всего ключевого участка, возможный объем ежегодных заготовок и выход воздушно-сухого сырья. Периодичность (оборот) заготовок для коры древесных растений 1015 лет. Также рассчитали перспективный дополнительный биологический и эксплуатационный запасы коры крушины ломкой с учетом нетоварных экземпляров. Выход воздушно-сухого сырья рассчитывали, используя справочные данные [11] – для коры 50 %. Результаты определения и расчеты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Результаты определения среднего числа экземпляров крушины ломкой на трансекте и средней массы коры крушины с модельного экземпляра

Участок	Число трансект	Среднее число товарных/вегетативных экземпляров на трансекте X_1	Средняя арифметическая ошибка для товарных/вегетативных экземпляров m_1	Среднее квадратичное отклонение для товарных/вегетативных экземпляров S^2	Число экземпляров n	Средняя масса коры крушины с модельного товарного экземпляра, кг X_2	Среднеарифметическая ошибка m_2	Среднеквадратичное отклонение S^2
1	13	2,7/3,46	0,24/0,31	5,2/1,12	10	0,829	0,03	0,012
2	13	2,08/4,46	0,17/0,37	0,6/1,3	10	0,75	0,05	0,16

Таблица 2.

Результаты расчета урожайности, биологического и эксплуатационного запасов, возможного объема заготовки коры крушины ломкой на ключевом участке

Средняя урожайность на учетных площадках $Y \pm m$, кг	Площадь ключевого участка, ($км^2/м^2$)	Биологический запас, кг	Возможный эксплуатационный запас, кг	Возможный объем ежегодных заготовок, кг	Возможный выход сухого сырья, кг
1,899(+/-)0,12	2,3/2,3млн	307,48	238,48	21,68-14,91	10,68-7,45
3,107(+/-)0,28*	2,3/2,3млн	484,01	366,13	33,29-22,88	16,65-11,44

*дополнительно через 8 лет при достижении товарного состояния вегетативными экземплярами

Таким образом, на ключевом участке произрастания крушины ломкой в окрестностях поселков Солотча-Агро-Пустынь Рязанского района (Рязанская область) площадью 2,3 кв.км в июне 2023 года определены биологический и эксплуатационный запасы для коры крушины методом модельных экземпляров. Расчетный биологический запас составляет более 307 кг, эксплуатационный более 230 кг на указанный год, и

с учетом экземпляров растений, которые могут достигнуть товарного состояния через 8–10 лет, биологический запас может составить более 790 кг, эксплуатационный более 600 кг с возможным объемом заготовок около 55 кг. Настоящее определение запасов и возможных объемов заготовок коры крушины на конкретном ключевом участке дает основание считать крушину ломкую источником лекарственного растительного сырья в Рязанской области и при потребности, проводить его заготовку в регламентированных для этого местах и районах области, после подтверждения необходимыми расчетами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потаниной О. Г. О перспективах развития лекарственных средств на основе растительного сырья // Развитие рынка российских природных препаратов. Практики 2023 : Бизнес-форум : [сайт]. 31.10.2023. URL: www.ural.kp.ru:https://www.ural.kp.ru/online/news/5524334/Бизнес-форум (дата обращения: 16.04.2024).
2. Выступление Статс-секретаря – заместителя министра здравоохранения России Олега Салагай. Совещание в Совете Федерации // РИА Новости. : ria.ru [сайт]. Москва. 4 декабря 2023. URL: <https://ria.ru/20231204/preparat-1913716448.html?ysclid=lv5awhj4ql481153152/> (дата обращения: 16.04.2024).
3. Методика определения запасов лекарственных растений / Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву, М-во мед. и микробиол. пром-сти; [Разраб. А. И. Шретер и др.]. М. : ЦБНТИлесхоза, 1986. 50 с.
4. Государственная Фармакопея Российской Федерации XV, Москва, 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/2/2-5/krushinyolkhovidnoy-kora-frangulae-alni-cortex/ФС.2.5.0021.18> (дата обращения 30.04.2024)
5. Государственный реестр лекарственных средств // minzdrav.gov.ru : [сайт]. 2024.
6. Лекарственные и эфирномасличные растения // studref.com : [сайт]. URL: https://studref.com/657074/agroprymyshlennost/konskiy_kashtan_obyknovennyy_aesculus_hippocastanum (дата обращения 28.04.2024).
7. Романюк А. А., Моисеев Д. В. Крушины ломкой кора: компонентный состав, фармакологические свойства, стандартизации // Вестник фармации. 2020. №2 (88). С. 95–103.
8. Самылина И. А., Яковлев Г. П. Фармакогнозия : учебник. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. С. 578–583. URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970439111.html> (дата обращения: 29.04.2024).
9. Атлас Рязанской области. Рязань : РТГЭ фил. ФГУП «МАГП», 2006. С. 36, 38, 40, 47.
10. Акульшина Е. В., Морозова В. А., Дармограй С. В. Об изменении в понимании студентами фармацевтического факультета своих профессиональных предпочтений в процессе обучения фармакогнозии // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. 2022. Т. 10. № 3 (38). С. 233–242. URL: <http://humjournal.rzgm.ru/art%26id=535?id=535> (дата обращения: 29.04.2024).
11. Вишнякова С. В., Жукова М. В. Учебно-методическое пособие Лекарственные и эфиромасличные растения. УГЛТУ. Екатеринбург, 2017. 65 с.

Анализ содержания аскорбиновой кислоты в цельных и измельченных плодах шиповника

Гребнев М. В., студ.2 курса

Науч. рук. – Николаева Ю. М., преп-ль каф. экологии

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
yuiya2511-1990@mail.ru

В наше время лекарственное растительное сырье широко используется в фармации для производства различных лекарственных препаратов. Фитотерапия относится к щадящим методам лечения различных групп заболеваний, оказывая мягкое воздействие, и широко используется среди населения в качестве самолечения.

В качестве поливитаминного растения можно рассматривать шиповник майский (лат. *Rosa majalis* Herzm.). Лекарственным сырьем являются плоды, которые широко используются в народной и официальной медицине, а также в пищевой промышленности.

Химический состав сырья довольно разнообразный. Кроме аскорбиновой кислоты плодах шиповника содержатся другие витамины и биологически активные вещества, а именно: флавоноиды (витамин Р), ниацин (витамин РР), тиамин (витамин В1), рибофлавин (витамин В2), соединения производных токола (витамин Е), витамин К, сахара (глюкоза, фруктоза, сахароза и ксилоза), органические кислоты (лимонная, яблочная, олеиновая, линоленовая, пальмитиновая, стеариновая, арахидовая), дубильные вещества, эфирные масла, стероиды, антоцианы, макро- и микроэлементы [1; 2].

Фармакологическая активность плодов шиповника определяется, главным образом, комплексом витаминов (витамины группы В, витамин Е, витамин Р) и, в первую очередь, аскорбиновой кислотой [3]. Они оказывают общеукрепляющее действие, стимулируют неспецифическую сопротивляемость организма вредным воздействиям, ускоряют восстановление тканей, уменьшают проницаемость сосудов, положительно влияют на углеводный и минеральный обмен веществ, обладают противовоспалительными свойствами. Усиливают

гуморальный и клеточный иммунитет. Обладают желчегонным действием, обусловленным наличием органических кислот и флавоноидов [4; 5].

Целью исследования являлась сравнительная характеристика содержания аскорбиновой кислоты в плодах шиповника разных форм выпуска (фильтр-пакетах и цельных плодах).

Объектом исследования явились шиповника плоды цельные, фасованные в пачках, и плоды, измельченные в фильтр-пакетах.

Анализ аскорбиновой кислоты проводили титриметрическим методом с раствором 2,6-дихлорфенолиндифенолята натрия (краска Тильманса) согласно фармакопейной статье. Опыт проводили трехкратно для достижения более точных результатов. Точка эквивалентности устанавливается появлением розового окрашивания, которое свидетельствует об отсутствии восстановителя, т. е. аскорбиновой кислоты [6; 7].

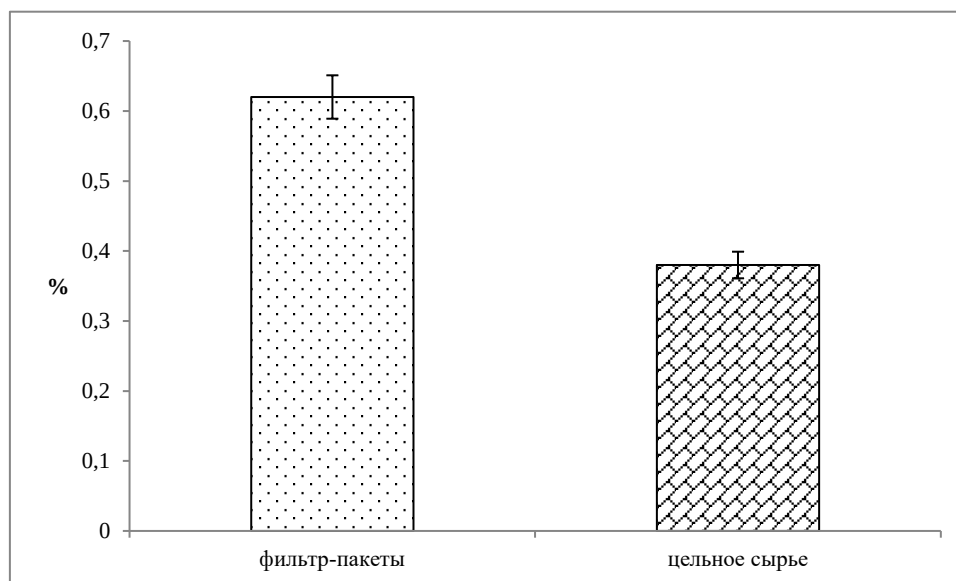


Рис. 1. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах шиповника (мг/г)

Содержание аскорбиновой кислоты можно увидеть на рисунке 1. Этот показатель должен составлять не менее 0,2 % в сухих плодах шиповника, данные о минимальном пороге данного показателя прописаны в фармакопейной статье.

Согласно результатам исследования количество аскорбиновой кислоты в плодах шиповника майского в разных формах выпуска варьировало от 0,38% до 0,62%. Максимальное содержание витамина С наблюдалось в фильтр-пакетах. В цельных плодах шиповника майского количество аскорбиновой кислоты снижалось на 52 %.

Таким образом, разница в содержании аскорбиновой кислоты указывает, что применение плодов шиповника в измельченном виде (т.е. в фильтр-пакетах) более рациональна, вследствие более большого содержания активного вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование химического состава шиповников / Б. А. Шомиров, А. Ж. Чориев, У. Б. Ахраров, Ш. К. Тухтаев // Science and Education. 2023. № 9. С. 131–137.
2. Петрова С. Н., Ивкова А. В. Химический состав и антиоксидантные свойства видов рода *Rosa* L. // Химия растительного сырья. 2014. № 2. С. 13–19.
3. Алексеева С. А., Макарова Н. В., Дементина Л. Г. Антиоксидантный потенциал плодов шиповника // Вопросы питания. 2019. № 3. С. 84–89.
4. Ооржак У. С., Шевит-Оол А. Д., Ооржак Т. А. Изучение метаболитов биомассы шиповника // Вестник Тувинского государственного университета. Естественные и сельскохозяйственные науки. 2010. № 2. С. 36–49.
5. Елисеева Т., Яппольский А. Шиповник (лат. *Rosa*) // Журнал здорового питания и диетологии. 2020. № 11. С. 67–77.
6. ГОСТ 1994-93. Плоды шиповника. Технические условия; введ. 1995-01-01. М. : ИПК Издательство стандартов, 2003.
7. ФС.2.5.0106.18. Шиповника плоды. Взамен ГФ XI, вып. 2, ст. 38 (изм. № 4 от 19.08.1998).

Содержание биологически активных соединений в листьях брусники и толокнянки

Кутузова Н. Н., Шатунова А. В., студ. 4 курса

Науч. рук. – Скочилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
nata.kutuzova2002@gmail.com

Растения из семейства вересковых (*Ericaceae*) считаются одними из самых популярных растений при изготовлении лекарственных средств. Преимущественно используется сырье толокнянки обыкновенной и брусники обыкновенной. Брусника обыкновенная и толокнянка обыкновенная занимают обширный голарктический ареал с преобладанием в северной части Евразии. Распространены на значительной части территории СНГ и Прибалтики (исключая южные районы европейской части СНГ, всей Средней Азии, подавляющей части Казахстана и Закавказья). Встречаются в лесной и арктической зонах, поднимаясь в горы до гольцового пояса. Брусника обыкновенная произрастает в сосновых, еловых зеленомошных и смешанных лесах, на влажных местах, по окраинам торфяных болот. Толокнянка обыкновенная – в сухих сосновых беломошных и лиственничных лесах, на вырубках, открытых солнечных местах, песчаных почвах. Основные районы заготовок сырья – северные, северо-восточные и западные области России, Сибирь, а также Белоруссия [1; 6].

Брусника – небольшой кустарничек высотой до 25 см с ползучим корневищем и прямостоячими ветвистыми стеблями. Листья обратнойцевидные или эллиптические, очередные, кожистые, с цельным, завернутым на нижнюю сторону краем. Цветки четырехчленные, розоватые, собраны в поникающие кисти. Тычинок 8, пестик с нижней завязью. Плод – многосемянная, шаровидная, ярко-красная сочная ягода. Цветет в мае-июне, плоды созревают в августе-сентябре.

Толокнянка – сильноразветвленный кустарничек с простертыми побегами длиной до 2 м. Листья очередные, слегка блестящие, темно-зеленые, кожистые, обратнойцевидные, в основании клиновидные, короткочерешковые. Цветки – розоватые, собраны в поникающие короткие верхушечные кисти. Венчик кувшинчатой формы, спайнолепестный с пятизубчатым отгибом. Пестик с верхней пятигнездной завязью, тычинок десять. Плод – ценокарпия мучнистая костянка красного цвета, с пятью косточками, несъедобная. Цветет в мае-июле, плоды созревают в июле-августе.

В официальной медицине применяются листья брусники обыкновенной и толокнянки обыкновенной. Для сырья брусники и толокнянки характерно антимикробное, противовоспалительное, диуретическое (мочегонное) действие. Оно обусловлено наличием в сырье арбутина, который под влиянием ферментов желудочно-кишечного тракта расщепляется на гидрохинон и глюкозу. Гидрохинон, выделяясь с мочой, оказывает антимикробное и раздражающее действие на почки, что обуславливает диуретический эффект и противовоспалительное действие. Противовоспалительное действие обусловлено также наличием дубильных веществ. Применяют лекарственные формы из сырья брусники и толокнянки для лечения воспалительных заболеваний почек, мочевого пузыря (циститы, уретриты, пиелиты) и мочевыводящих путей. Отвары из листьев брусники используют для лечения заболеваний, связанных с нарушением минерального обмена: мочекаменной болезни, ревматизма, подагры, остеохондроза. Из лекарственного растительного сырья брусники и толокнянки получают экстенпоральные лекарственные формы: отвары и сборы. Препараты брусники оказывают менее выраженное и более мягкое диуретическое действие, чем препараты толокнянки, так как содержит меньше арбутина и дубильных веществ [4].

Листья брусники обыкновенной и толокнянки обыкновенной содержат действующее вещество арбутин, метиларбутин, гидрохинон, гиперозид, мирицетин, и их гликозиды, а также катехины, тритерпеноиды (кислота урсоловая), фенолкарбоновые кислоты – галловую, эллаговую. Листья богаты дубильными веществами гидролизуемой группы. Сырье концентрирует Zn, а также Mn, Cu, Li [5].

Целью работы было проведение сравнительной характеристики количественного содержания биологически активных соединений в листьях брусники и толокнянки. Объектами изучения были выбраны фармакопейные виды: брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и толокнянка обыкновенная (*Arctostaphylosuva-ursi* (L.) Spreng.). Сырье было собрано в 2023 г. в Учебно-опытном лесхозе Нолькинского лесничества в Медведевском районе Республики Марий Эл. Брусника обыкновенная произрастала в сосняке-бруснично-зеленомошном, а толокнянка обыкновенная – в сосняке беломошном.

Обнаружение и содержание биологически активного вещества арбутина было определено с помощью спектрофотометрического метода по ФС.2.5.0063.18 Брусники обыкновенной листья» и ФС.2.5.0099.18 Толокнянки обыкновенной листья. Для дубильных веществ использовали титриметрический метод согласно ОФС.1.5.3.0008 Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения. Содержание экстрактивных веществ в листьях брусники и толокнянки установили гравиметрическим методом согласно ОФС.1.5.3.0006 Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах [2]. Экспериментальные данные, полученные в результате проведенных исследований, обработаны с помощью программы «Statistica 6.0». Достоверность различия оценивали по распределению Стьюдента на доверительном уровне 95 %. В работе все числовые показатели представлены в виде диаграмм.

Основным биологически активным веществом в листьях брусники и толокнянки является арбутин. По литературным данным количество арбутина в листьях брусники может достигать до 9 %. По ФС.2.5.0063.18 Брусники обыкновенной листья и ФС.2.5.0099.18 Толокнянки обыкновенной листья арбутина должно быть не менее 4,5 % и 6 % соответственно [2; 3]. Содержание арбутина в листьях брусники обыкновенной и толокнянки обыкновенной представлено на рисунке 1. Количество арбутина в представленных видах сырья соответствует норме, представленной в фармакопейных статьях. Наибольшее содержание арбутина выявлено в листьях толокнянки, чем в листьях брусники и составило 13,88 %. Наименьшее количество арбутина было в листьях брусники – 5,86 %. Сравнивая сырье брусники обыкновенной и толокнянки обыкновенной между собой можно заключить, что содержание арбутина в листьях толокнянки в 2,3 раза больше, по сравнению с листьями брусники. Порученные нами данные согласуются с литературными. По результатам исследования выявлено, что содержание арбутина в листьях толокнянки в 1,5 раза выше, чем в листьях брусники [7].

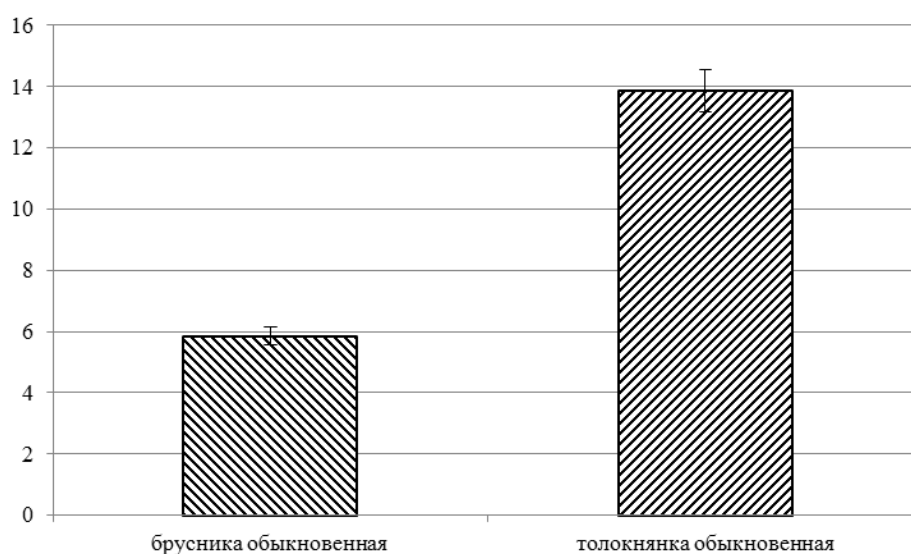


Рис. 1. Содержание арбутина в листьях брусники и толокнянки, %

Кроме простых фенольных соединений в листьях изученных растений присутствуют и полифенольные соединения. На рисунке 2 изображено содержание дубильных веществ в листьях брусники обыкновенной и толокнянки брусники обыкновенной. Результаты количественного определения показали, что наибольшая сумма дубильных веществ в пересчете на танин отмечена в листьях толокнянки обыкновенной (19,5 %). В листьях брусники обыкновенной содержание таннина составило 12,3 %. Сравнивая изученные виды по данному показателю между собой можно заключить, что количество дубильных веществ в листьях толокнянки обыкновенной в 1,6 раза больше, по сравнению с листьями брусники обыкновенной. Между видами обнаружена статистически значимая разница.

Показатель «экстрактивные вещества» характеризует содержание в лекарственном растительном сырье всей суммы биологически активных и балластных веществ, извлекаемых экстрагентом. Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье проводили с однократной экс-

тракцией. Содержание экстрактивных веществ в листьях брусники обыкновенной и толокнянки обыкновенной приведено на рисунке 3. Содержание экстрактивных веществ в листьях брусники и толокнянки составило 40,3 и 48,4 % соответственно. Следовательно, количество экстрактивных веществ в сырье толокнянки было достоверно выше, чем в бруснике.

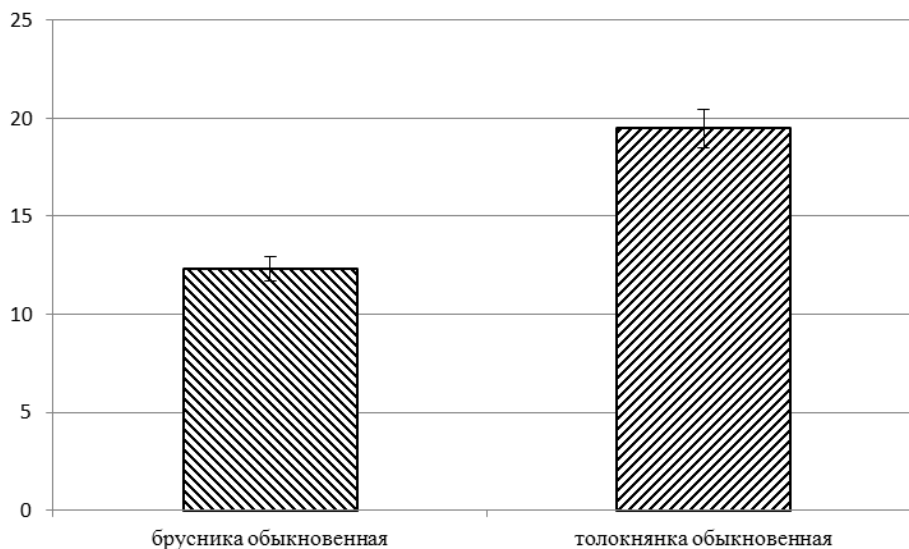


Рис. 2. Содержание дубильных веществ в листьях брусники и толокнянки, %

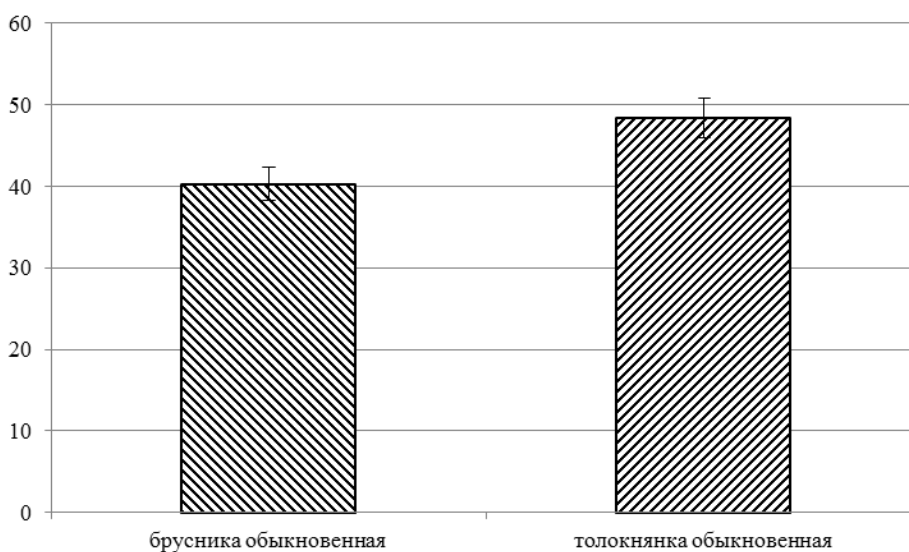


Рис. 3. Содержание экстрактивных веществ в листьях брусники и толокнянки, %

Таким образом, проведя сравнительную характеристику листьев толокнянки обыкновенной и брусники обыкновенной можно заключить, что биологически активных веществ в сырье толокнянки было больше, по сравнению с брусникой. Все изученные показатели находятся в пределах нормы, указанной в нормативной документации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас лекарственных растений СССР / под ред. акад. Н. В. Цицина. М. : Медицинская литература, 1962. 704 с.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. Москва, 2023 // Министерство здравоохранения Российской Федерации: официальный сайт. URL: <https://minzdrav.gov.ru/ministry/61/10/gosudarstvennaya-farmakopeya-rossiyskoy-federatsii-xv-izdaniya> (дата обращения: 14.09.2024).

3. Куркин В. А. Актуальные аспекты стандартизации сырья и препаратов, содержащих фенольные соединения // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. 2022. № 12 (2). С. 127–141. DOI: <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2022-12-2-127-14>
4. Машиковский М. Д. Лекарственные средства: в 2 т. М., 2000. Т. 1. 540 с.
5. Самылина И. А., Яковлев Г. П. Фармакогнозия. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. 976 с.
6. Саксонов С. В., Васюков В. М., Сенатор С. А., Раков Н. С., Сидякина Л. В. О некоторых реликтовых элементах флоры Среднего Поволжья // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26. № 4. С. 46–65. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-reliktovyh-elementah-flory-srednego-povolzhya> (дата обращения: 14.09.2024).
7. Степанова А. В., Кузьмина С. С., Анышакова В. В., Соловьева М. И., Степанова А. В. Антиоксидантные свойства листьев *Arctostaphylos uva-ursi* L. и *Vaccinium vitis-idaea* L. в составе биоконкомплекса на основе лишайников // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. 2017. № 5 (61). С. 26–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antioksidantnyye-svoystva-listiev-arctostaphylos-uva-ursi-l-i-vacciniumvitis-idaea-l-v-sostave-biokompleksa-na-osnove-lishaynikov> (дата обращения: 14.09.2024).

Сравнительный анализ содержания лактонных соединений в различных органах золотарника канадского

Лосоногова В. А., студ. 4 курса

Науч. рук. – Прокушева Д. Л., канд. фарм. наук, доцент, Качкин К. В., канд. био. наук, доцент

Новосибирский государственный медицинский университет, г. Новосибирск
lera.losonogova@icloud.com

Актуальность. Растения рода золотарник (*Solidago* L.) семейства астровые (*Asteraceae*) широко распространены на территории нашей страны. Наиболее известным в официальной и народной медицине является североамериканский вид – золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.), химический состав которого малоизучен [1]. В нашей стране возделывается как декоративное растение. Со временем он приобрел обеспеченную сырьевую базу из-за аллелопатического воздействия на аборигенные виды [2; 3].

Известно, что золотарник канадский применяют в народной медицине за счет противовоспалительного, диуретического и антибактериального действия [4]. В Государственном реестре лекарственных средств зарегистрировано 3 препарата, в состав которых входит экстракт золотарника канадского, применяемых при воспалительных заболеваниях мочеполовой системы [5]. В настоящее время сырье золотарника канадского не включено в Государственную фармакопею XV издания [6], и в связи с тем, что растение имеет обеспеченную сырьевую базу, представляет интерес его изучение.

Среди разнообразных групп биологически активных соединений, обнаруженных в золотарнике канадском, кумарины остаются малоизученной группой, поэтому целью исследования явилось проведение сравнительного анализа содержания лактонных соединений в различных органах золотарника канадского, собранных в фазу цветения.

Материалы и методы. Проведено количественное исследование содержания суммы лактонных соединений в различных надземных органах золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.), собранных в фазу цветения (август 2023 г., Новосибирская область, Новосибирский район, окрестности пос. Михайловский, залежь): листьях, соцветиях, стеблях и корнях.

Для определения суммы лактонных соединений применялась методика, основанная на реакции щелочного гидролиза лактонного кольца и последующем спектрофотометрическом исследованием. В качестве экстрагента использовали 70 % этиловый спирт. Измерение оптической плотности исследуемых растворов проводили в УФ-области спектра. Содержание суммы лактонных соединений проводили в пересчете на 2-гидроксикоричную кислоту при длине волны 267 нм.

Методика: около 1,0 г (точная навеска) измельченного сырья помещали в колбу вместимостью 100 мл, добавляли 30 мл 70% этилового спирта и нагревали на водяной бане с обратным холодильником в течение 60 минут. Полученные извлечения фильтровали в колбу. Осаждали лактонные соединения добавлением к 10 мл извлечений 10 мл 5 % раствора калия гидроксида в 96 % этиловом спирте, наблюдали образование желто-оранжевого осадка. Далее растворы с осадком подвергали центрифугированию. Надосадочную жидкость удаляли, осадок высушивали, взвешивали и затем растворяли в 20 мл воды очищенной. Определяли оптическую плотность полученных растворов на спектрофотометре СФ-56 в УФ области спектра при длине волны 267 нм.

Результаты и обсуждение. При проведении лактонной пробы в исследуемых образцах наблюдали образование красно-оранжевого или желто-оранжевого осадка, растворимого в воде очищенной. Полученные УФ-спектры извлечений схожи с УФ-спектром стандартного образца 2-гидроксикоричной кислоты (рис.1). Результаты количественного определения суммы лактонных соединений в пересчете на 2-гидроксикоричную кислоту приведены в таблице 1. В корнях лактонные соединения при проведении лактонной пробы не обнаружены.

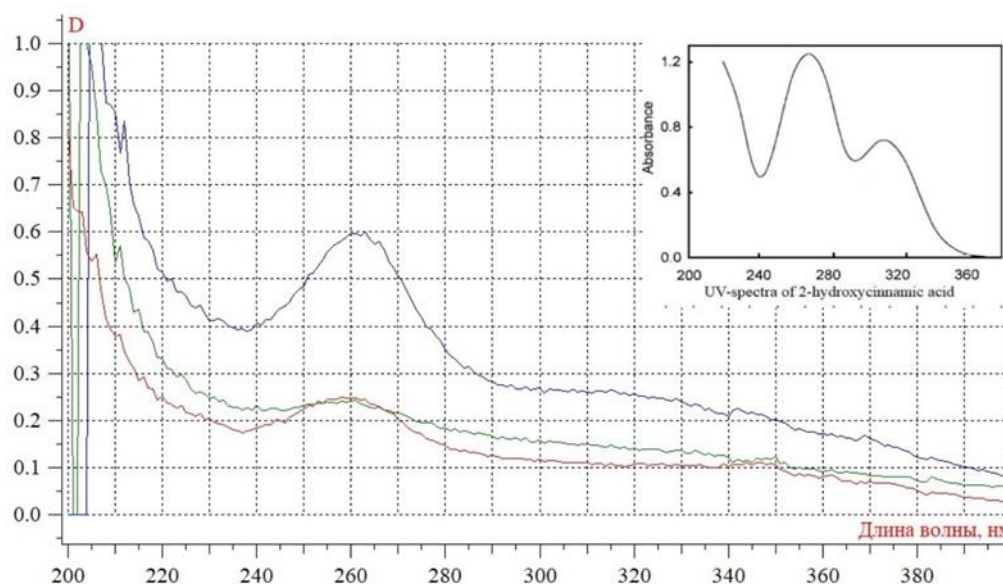


Рис. 1. УФ-спектр исследуемых образцов (зеленый спектр – извлечение из листьев, синий спектр – извлечение из соцветий, красный спектр – извлечение из стеблей) и УФ-спектр стандартного образца 2-гидроксикоричной кислоты

Таблица 1

Содержание суммы лактонных соединений в различных органах золотарника канадского, %

Исследуемое сырье	Листья	Соцветия	Стебли	Корни
Сумма лактонных соединений	1,48±0,04	0,25±0,08	0,04±0,01	-

Заключение. В результате проведенного исследования содержания суммы лактонных соединений в различных органах золотарника канадского установлено, что максимальное накопление данной группы веществ характерно для листьев растения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горячкина Е. Г., Буинов М. В., Федосеева Г. М. Изучение состава полифенольных соединений золотарника даурского в сравнении с золотарниками канадским и обыкновенным // Вестник Бурятского государственного университета. 2012. № 3. С. 84–87.
2. Дгебуадзе Ю. Ю., Петросян В. Г., Хляп Л. А. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) // Товарищество научных изданий КМК. 2018. С. 688.
3. Абрамова Л. М., Голованов Я. М. Классификация сообществ с инвазионными видами на Южном Урале. IV. Сообщества с видами рода *Solidago*, *Lupinus polyphyllus* и *Phalacrologium annuum* // Растительность России. 2019. № 36. С. 3–24.
4. Савченко Л. Н., Маринина Т. Ф., Карпенко В. А. Получение экстракционного препарата противовоспалительного и мочегонного действия из травы Золотарника канадского // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2. С. 195–198.
5. Государственный реестр лекарственных средств. URL: <https://grls.rosminzdrav.ru/grls.aspx?s=&m=mnn> (дата обращения: 14.09.2024).
6. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XV. М. : Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/> (дата обращения: 14.09.2024).

Органические кислоты в листьях кипрея узколистного

Матюкова И. Б., магистр 2 курса

Науч. рук. – Закамская Е. С., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

matyukova.ira@yandex.ru

Кипрей узколистный (*Chamerion angustifolium* (L.) Holb.) представитель семейства Кипрейные (*Onagraceae*) – травянистый многолетник с ползучим корневищем высотой 60–150 см [1]. Кипрей узколистный широко распространен практически по всей территории России и европейской части бывшего СССР [2; 3]. Растет на сухих песчаных местах, около дорог, по оврагам, в негустых лесах и по их опушкам [1].

Кипрей узколистный не является официальным лекарственным растением, но широко используется в народной медицине [4]. В молодых листьях и корневищах иван-чая узколистного содержится от 10 до 20 % дубильных веществ. В листьях – до 15 % слизи. В нем также обнаружено большое количество растительных волокон (целлюлозы), лектины, витамин С (от 90 до 588 мг% (то есть на 100 г сырой травы) – по крайней мере в 5–6 раз больше, чем в лимонах), сахар, органические кислоты, пектин, флавоноиды и следы алкалоидов [5]. За счет широкого спектра биологически активных соединений оказывает многостороннее лечебное действие на организм и является объектом пристального изучения для широкого его применения в лечебной практике [6]. Также растение широко используется в приготовлении чаев [7].

Целью нашей работы является количественное определение органических кислот в листьях кипрея узколистного.

Методы исследования. Исследование проводилось в 2023 году в Республике Марий Эл г. Йошкар-Ола. Листья были собраны в июле – период его цветения, на опушке липового леса Медведевского района. Определение органических кислот проводилось в листьях не подверженных обработке (контроль) и в листьях подверженных к ферментации. Перед ферментацией сырье подготавливали несколькими способами: спрессовывали, измельчали при помощи бытовой мясорубки и замораживал в течение суток в холодильнике при температуре – 18 °. Далее листья высушивались в дегидрататоре при температуре +50 °C до появления бурого цвета и характерного фруктового запаха.

Содержание органических кислот определяли титриметрическим методом с раствором натра едкого (0,01 моль/л) до перехода окраски от зеленовато-голубой до лиловой. Перед титрованием сырье измельчали до частиц, проходящих через сито диаметром 2 мм. Далее получали извлечение, которое выдерживали в течение 2 ч на кипящей водяной бане, затем охлаждали, фильтровали через несколько слоев марли и переносили в мерную колбу вместимостью 250 мм. К 10 мм полученного извлечения добавили 100 мл свежeproкипяченной подготовленной воды, 6 капель 1 % спиртового раствора фенолфталеина и 12 капель 0,1 % спиртового раствора метиленового синего.

Содержание суммы органических кислот в пересчете на яблочную кислоту в абсолютно сухом сырье в процентах (X) вычисляли по формуле:

$$X, \% = \frac{(V_0 - V_k) \cdot K \cdot 0,00067 \cdot 250 \cdot 100 \cdot 100}{10 \cdot a \cdot (100 - W)},$$

где 0,00067 – количество яблочной кислоты, соответствующее 1 мл раствора натра едкого (0,01 % моль/л), в граммах;

V_0 – объем раствора натра едкого (0,01 % моль/л), в миллилитрах;

V_k – объем раствора натра едкого (0,01 % моль/л), прошедшего на титрование в контрольном опыте, в миллилитрах;

K – поправочный коэффициент к титру;

a – масса сырья в граммах;

W – потеря в массе при высушивании сырья в процентах.

Материал обработан статистически с использованием пакета MSExcel 2007: рассчитывали среднее арифметическое и его ошибку, для установления зависимости содержания органических кислот от способа подготовки проводили однофакторный дисперсионный анализ.

Результаты исследования. Органические кислоты – широко распространенная в растительном мире, разнообразная по своей фитохимической структуре и фармакологической роли, группа биологически активных веществ (БАВ), которым принадлежит исключительно важная роль, так как они участвуют в синтезе

аминокислот, алкалоидов и многих других соединений. В организме человека кислоты участвуют в обмене веществ и поддержании кислотно-щелочного равновесия, как крови, так и других физиологических жидкостей, за счет подавления процессов брожения в кишечнике и стимуляции сокоотделения в желудке способствуют нормальному пищеварению [8].

В результате проведенного анализа на содержание органических кислот в листьях кипрея узколистного получили следующие данные: 3,18 % содержится в не подвергшихся обработке листьях, в давленных – 2,4 %, в крученых – 1,46 % и в замороженных – 0,64 %. Отсюда следует, чем большему разрушению подвергаются растительные клетки, тем менее активно происходит экстракция органических кислот.

По содержанию органических кислот во всех вариантах разница статистически высоко значима (рис. 1).

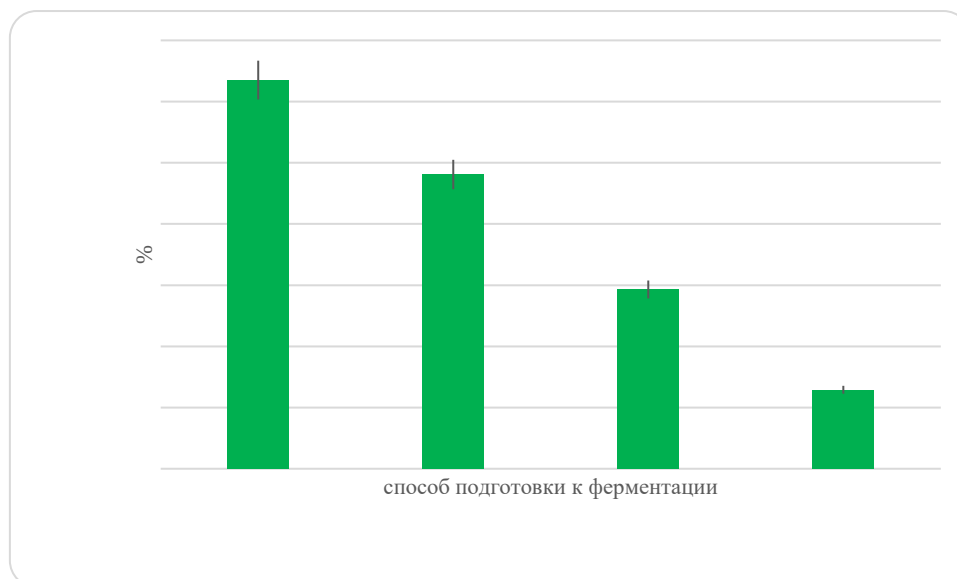


Рис. 1. Содержание органических кислот в листьях кипрея узколистного

Дисперсионный анализ показал, что содержание органических кислот в листьях кипрея узколистного зависит от типа ферментации листьев (табл. 1)

Таблица 1

Результат однофакторного дисперсионного анализа содержания органических кислот в листьях кипрея узколистного

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-знач.	F крит.
Между группами	10,9281	1	3,64269	87,33	$1,87 \cdot 10^{-06}$	4,06618
Внутри групп	0,33369	22	0,04171			
Итого	11,26176	23				

Заключение. Для листьев кипрея узколистного, произрастающего на территории Медведевского района Республики Марий Эл, характерно высокое содержание органических кислот. По мере уменьшения степени повреждения клеточных стенок повышается степень ее экстрагирования, что находит в количественно полученных данных: неферментированные листья > давленные > крученые > замороженные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минаева В. Г. Лекарственные растения Сибири. Новосибирск, 1991. 431 с.
2. 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.
3. Dragendorff G. Die Heilpflanzen der verschiedenen Volker und Zeilen. Stuttgart., 1898. 884p.
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. Кошечев А. К. Дикорастущие съедобные растения в нашем питании. М. : Пищевая промышленность, 1981. 258 с.
6. Бушуева Г. Р., Сыроежкин А. В., Максимова Т. В., Скальный А. В. Кипрей узколистный – перспективный источник биологически активных соединений // Микроэлементы в медицине: проблемные статьи. 2016. № 17 (2). С. 15–23.
7. Заворохина Н. В., Чугунова О. В., Фозилова В. В. Чайные напитки антиоксидантной направленности на основе кипрея узколистного // Пиво и напитки 2013. № 1. С. 28–31.
8. Кантерев А. С. Биосинтез биологически активных веществ у растений. М. : Биопит, 2003. 137 с.

Биологически активные вещества в корневищах сабельника болотного

Моковеева М. В., Николаева Ю. О., студ. 3 курса

Науч. рук. – Закамская Е. С., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
ms.mokoveeva02@gmail.com

Сабельник болотный (*Comarum palustris* L.) – многолетний дикорастущий полукустарничек из семейства Розоцветные (*Rosaceae*) [6–8].

Экспериментально подтверждены противовирусная, антибактериальная, антиоксидантная, противовоспалительная, анальгезирующая, гипотензивная, антикоагулянтная, гипогликемическая, иммуномодулирующая, диуретическая, противосудорожная, нефропротекторная [6; 7], антиревматоидная, противоопухолевая [3] и другие виды фармакологической активности. Дубильные вещества придают сабельнику болотному вяжущее и кровоостанавливающее действие. Благодаря присутствию сапонинов проявляется мочегонная и тонизирующая активность [2]. Полисахариды оказывают антидиабетический эффект [6]. В народной медицине применяется как противовоспалительное, болеутоляющее, жаропонижающее, вяжущее, желчегонное, потогонное и ранозаживляющее средство, а также для укрепления десен, лечения суставов, остеохондроза, открытых ран [1; 2]. На фармацевтическом рынке России трава, корни и корневища сабельника болотного используются в качестве лекарственного растительного сырья, входят в состав биологически активных добавок (БАД) и лекарственных средств в виде таблеток, настоек, экстрактов и мазей [7].

Цель исследования: изучить качественный состав биологически активных веществ (БАВ) в корневищах сабельника болотного.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в 2023 году в г. Йошкар-Оле Республики Марий Эл. Корневища сабельника болотного были собраны ранней весной, очищены от земли, корней, стеблей, промыты и высушены. Для приготовления водного извлечения около 2 г измельченного сырья просеяли сквозь сито с отверстиями размером 2 мм, поместили в коническую колбу вместимостью 500 мл, залили 250 мл нагретой до кипения воды и кипятили с обратным холодильником на электрической плитке с закрытой спиралью в течение 30 мин при периодическом перемешивании, затем жидкость охладили до комнатной температуры и процедили в коническую колбу вместимостью 250 мл через вату так, чтобы частицы сырья не попали в колбу [5]. Далее были проведены качественные реакции на полисахариды, горечи, сапонины, простые фенолы, кумарины, флавоноиды и дубильные вещества [4].

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Качественные реакции основных групп БАВ в корневищах сабельника болотного

БАВ	Реакция	Результат реакции
Полисахариды	2 мл извлечения + 2 мл раствора ацетата свинца	Образование объемного осадка.
Иридоиды	В пробирку помещают 1 мл экстракта, добавляют 0,5 мл реактива Штала. Смесь нагревают на водяной бане 1-2 мин.	Окрашивание раствора в голубой цвет не наблюдается. Раствор окрашивается в красный
	В пробирку помещают 1 мл экстракта, прибавляют 0,5 мл реактива Трим-Хилла. Смесь нагревают на водяной бане 1-2 мин.	Окрашивание раствора в голубой цвет не наблюдается. Раствор окрашивается в ярко-желтый
Тритерпеновые сапонины	Прибавление среднего ацетата свинца	Осаждение не наблюдается
Стероидные сапонины	Прибавление основного ацетата свинца	Наблюдается осаждение
Арбутин	К водному извлечению добавляют кристаллическое железо закисное сульфат	Фиолетовое окрашивание с дальнейшим образованием темно-фиолетового осадка
Салидрозид	Реакция азосочетания с диазотированным натрия сульфатом	Окрашивание раствора в вишнево-красный цвет не наблюдается. Раствор окрашивается в желто-оранжевый цвет

БАВ	Реакция	Результат реакции
Кумарин	В пробирку с извлечением добавляют несколько капель 10 % раствора натрия гидроксида, пробирку нагревают на водяной бане, затем прибавляют по 5 мл дистиллированной воды и хорошо перемешивают	Окрашивание раствора в желтый не наблюдается. Раствор окрашивается в красный цвет
Флавоноиды	Реакция с 1 % раствором основного свинца ацетата. К 1 мл извлечения добавить 3–5 капель раствора основного ацетата свинца	Выпадение осадка желтого цвета
	Реакция с 2–5 % спиртовым раствором алюминия хлорида. К 1 мл извлечения добавить 2–3 капли 2 % спиртового раствора алюминия хлорида	Окрашивание раствора в желтовато-зеленый цвет
Дубильные вещества	К водному извлечению добавить 1 % раствор желатина на 10% растворе натрия хлорида	Появление хлопьевидного осадка
	К водному извлечению добавить 10 % раствор уксуснокислого свинца	Образование хлопьевидного осадка
	С солями железа (III)	Окрашивание раствора в темно-зеленый цвет
	С разбавленной кислотой серной	Нет видимых признаков реакции.
	С 1 % раствором квасцов железосаммонийных	Окрашивание раствора в черно-зеленый цвет
	С 10 % раствором свинца среднего ацетата (одновременно добавляют 10 % раствор кислоты уксусной)	Выпадение белого осадка, растворимого в кислоте уксусной
	Проба Стиасни (с 40 % раствором формальдегида с концентрированной кислотой хлористоводородной)	Помутнение раствора
	С 1% раствором ванилина в концентрированной кислоте хлористоводородной	Нет видимых признаков реакции

Наличие дубильных веществ, содержание которых в корневищах сабельника болотного достаточно высокое [3; 7], подтверждено появлением хлопьевидного осадка при добавлении 1 % раствора желатина в 10 % растворе хлорида натрия и при добавлении 10 % раствора ацетата свинца (гидролизуемые таниды), а также черно-зеленым окрашиванием с солями железа (III) (конденсированные таниды). Объемный осадок, образующийся при добавлении ацетата свинца, доказывает и наличие полисахаридов. В корневищах сабельника болотного содержатся различные фенольные соединения, что было выявлено образованием темно-фиолетового осадка с кристаллическим сульфатом железа (II). Лактонная проба показала наличие в водном извлечении кумаринов. В результате реакции с 1 % раствором основного ацетата свинца выпал желтый осадок, который дают флавоны, халконы и ауруны. Появление желто-зеленого окрашивания с 2 % спиртовым раствором алюминия хлорида свидетельствует о наличии флавоноидов, имеющих две гидроксигруппы у C3 и C5. Качественная реакция Лафона на сапонины дала положительный результат только в случае сухого сырья. Осаждение средним ацетатом свинца не наблюдалось, но наблюдалось осаждение основным ацетатом свинца, что говорит о присутствии стероидных сапонинов. Качественные реакции на иридоиды с реактивами Штала и Трим-Хилла не прошли, что доказывает отсутствие горечей.

Выводы. В корневищах сабельника болотного были обнаружены такие соединения, как полисахариды, сапонины, простые фенолы, кумарины, флавоноиды и дубильные вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулкадырова Э. И., Бегалиева А. Р. Количественное определение флавоноидов в подземной части Сабельника болотного (*Comarum palustre*) // Молодежная наука как фактор и ресурс опережающего развития: сборник статей II Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2020. С. 254–257.
2. Евдокимова М. О., Кайзер Г. А., Кайзер А. А., Корниенко И. П. Биохимические показатели сабельника болотного, произрастающего на Таймыре, и его использование в производстве БАД функциональной направленности // Научное обеспечение животноводства Сибири : матер. V Международной научно-практической конференции. Красноярск, 2021 года. С. 529–533.
3. Жукова О. Л., Абрамов А. А., Даргаева Т. Д., Маркарян А. А. Изучение фенольного состава подземных органов сабельника болотного // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2006. Т. 47. № 5. С. 342–345.
4. Закамская Е. С., Скобцов Е. А. Фармакогнозия: подготовка к экзамену: учебно-методическое пособие // Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2020. 156 с.
5. ОФС.1.5.3.0008 Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения. Общая фармакопейная статья. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. М., 2023.

6. Повыдыш М. Н., Стругар Й., Петров Н. В., Минеев А. А. Определение суммы полисахаридов в экстрактах корней и травы сабельника болотного (*Comarum palustre* L.) // Фармацевтическое образование СамГМУ. История, современность, перспективы: Сборник материалов. Самара : Самарский государственный медицинский университет, 2021. С. 481–484.
7. Стругар Й., Повыдыш М. Н. Химические компоненты *Comarum palustre* L. и их биологическая активность // Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2020. Т. 22. № 12. С. 126–140.
8. ФС.2.5.0129 Сабельника болотного корневища с корнями. *Comari palustris rhizomata cum radicibus*. Фармакопейная статья. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. М., 2023.

Определение содержания дубильных веществ в корневищах сабельника болотного

Николаева Ю. О., Моковеева М. В., студ. 3 курса

Науч. рук. – Закамская Е. С., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
Julia_nick_4345@mail.ru

Дубильные вещества – группа разнообразных и сложных по составу, растворимых в воде органических веществ ароматического ряда, содержащих гидроксильные радикалы фенольного характера. Дубильные вещества обладают кровоостанавливающими свойствами, борются с болезнетворными организмами в ротовой полости, кишечнике и желудке. Спектр значений дубильных веществ в клинической практике разнообразен: их применяют при воспалении ротовой полости, гортани или дёсен, при насморке, простуде, ларингите. Применение они нашли и при лечении хирургических ран в урологии, проктологии и гинекологии; используются для заживления ожогов первой степени и трещин заднего прохода, а также при детских кожных заболеваниях [7; 8].

Сабельник болотный (*Comarum palustris* L.) – многолетнее дикорастущий полукустарничек из семейства Розоцветные (*Rosaceae*). Издавна хорошо зарекомендовал себя в народной медицине как противовоспалительное, болеутоляющее, жаропонижающее, вяжущее, желчегонное, потогонное и ранозаживляющее средство, а также как средство для укрепления десен, лечения суставов, остеохондроза, открытых ран. Лишь с вступлением в силу 1 сентября 2023 года Государственной фармакопеи XV издания получил требования к качеству лекарственного растительного сырья, отраженные в ФС.2.5.0129. Изучение химического состава сырья показало, что одной из доминирующих групп биологически активных веществ являются дубильные вещества, придающие сабельнику болотному вяжущее и кровоостанавливающее действие [1; 2].

Цель исследования: изучить количественный состав дубильных веществ в корневищах сабельника болотного.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в 2023 году. В качестве объекта анализа были использованы корневища сабельника болотного, собранные осенью 2023 г в Медведевском районе Республики Марий Эл на низинном березово-кустарниковом болоте. Корневища были очищены от земли, корней, промыты и высушены. Отдельно анализировались корневища *C. palustris* текущего года, и корневища, выросшие прошлым вегетационном сезоне.

Экстракцию проводили водой полготовленной. Для этого около 2 г (точная навеска) измельченного сырья просеяли сквозь сито с отверстиями размером 3 мм, поместили в коническую колбу вместимостью 500 мл, залили 250 мл нагретой до кипения воды и кипятили с обратным холодильником на электрической плитке в течение 30 мин при периодическом перемешивании, затем жидкость охладили до комнатной температуры и процедили в коническую колбу вместимостью 250 мл через вату так, чтобы частицы сырья не попали в колбу. Объем раствора доведен до метки, раствор перемешан. Далее было проведено количественное определение дубильных веществ титриметрическим методом. Перманганатометрический метод Левенталя в модификации А. Л. Курсанова является фармакопейными (ОФС.1.5.3.0008) и основан на способности дубильных веществ быстро окисляться перманганатом калия [3; 5].

Полученное водное извлечение объемом 25,0 мл было помещено в коническую колбу вместимостью 1000 мл с прибавлением 500 мл воды и 25 мл раствора индигосульфокислоты. Титрование велось при постоянном перемешивании 0,02 М раствором калия перманганата до золотисто-желтого окрашивания. Всего было проведено по 3 параллельных титрования для каждого типа корневищ.

Определение влажности растительного сырья проводили весовым методом в соответствии с ОФС.1.5.3.0007 «Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных средств растительного происхождения» [4].

Результаты исследования и их обсуждение. Одним из нормируемых показателей лекарственного растительного сырья является влажность. Снижение влажности в растительной массе до 10–14 % приводит к снижению разложения активных веществ, к задержке и прекращению развития в ней различных плесневых грибов и микроорганизмов, которые также снижают качество сырья. В соответствии с требованиями фармакопейной статьи «Сабельника болотного корневища с корнями», содержание влаги в сырье должно быть не более 13,0 % [9]. Из рисунка 1 видно, что количество влаги в корневищах 1 года составило $8,9 \pm 0,21$ %, в корневищах 2 лет – $9,4 \pm 0,09$ %, что находится в пределах нормы. По содержанию влаги в однолетних и двулетних корневищах статистически значимой разницы не обнаружено ($p=0,24$).

По данным Н. В. Складневской [6] дубильные вещества, как гидролизуемые, так и конденсированные содержатся и в надземных, и в подземных органах растения дубильные вещества, в корневищах сабельника их количество достигает 13 %.

Содержание суммы танинов в корневищах *S. palustris*, выросших в течение вегетационного периода 2023 года составило $9,9 \pm 0,11$ %, в корневищах прошлого года – $10,2 \pm 0,46$ %. Разница по содержанию дубильных веществ в корневищах сабельника болотного разного возраста статистически не значима ($p=0,32$).

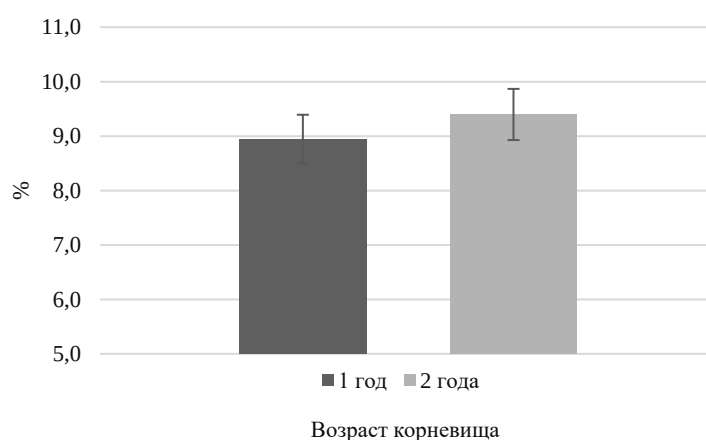


Рис. 1. Содержание влаги в корневищах сабельника болотного, %

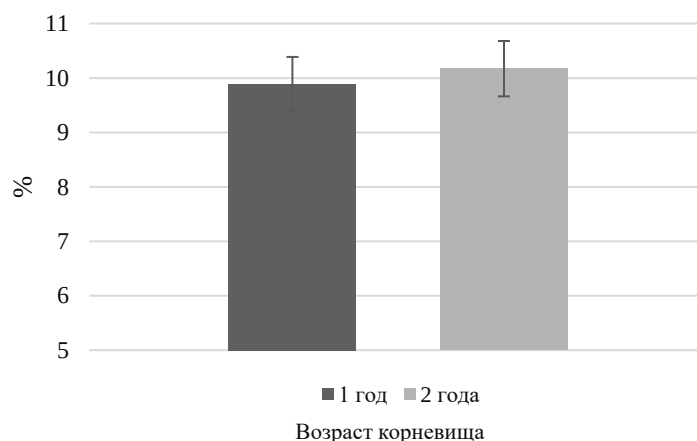


Рис. 2. Среднее содержание суммы дубильных веществ в пересчете на танин в корневищах сабельника болотного

ЛИТЕРАТУРА

1. Евдокимова М. О., Кайзер Г. А., Кайзер А. А., Корниенко И. П. Биохимические показатели сабельника болотного, произрастающего на Таймыре, и его использование в производстве БАД функциональной направленности // Научное обеспечение животноводства Сибири: Материалы V Международной научно-практической конференции. Красноярск, 2021 года. С. 529–533.
2. Жукова О. Л., Абрамов А. А., Даргаева Т. Д., Маркарян А. А. Изучение фенольного состава подземных органов сабельника болотного // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2006. Т. 47. № 5. С. 342–345.

3. Иванов В. В., Денисенко О. Н. Количественное определение дубильных веществ в траве горца сахалинского, интродуцированного в условиях кавказских минеральных вод, различными аналитическими методами // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 1789.
4. ОФС.1.5.3.0007 Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных средств растительного происхождения. Общая фармакопейная статья. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. М., 2023.
5. ОФС.1.5.3.0008 Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения. Общая фармакопейная статья. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. М., 2023.
6. Складневская Н. В. Фармакогностическое изучение надземной части сабельника болотного (*Comarum palustre* L.) произрастающего на Северо-Западе России: дис.... канд. фарм. наук: 15.00.02 / Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия. – Санкт-Петербург, 2009. 135 с.
7. Стальмакова С. П. Определение содержания дубильных веществ в лекарственных травах // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2020. № S1 (54). С. 158–161.
8. Уранова В. В. Идентификация и количественное определение содержания дубильных веществ в растительном сырье шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis* Georgi) // Современная химия - основа устойчивого развития : сб. материалов III Международной научно-практической конференции (г. Астрахань, 25–27 мая 2021 г.) / под редакцией А. В. Великородова, Э. Ф. Матвеевой. Астрахань : Астраханский университет, 2021. С. 79–82.
9. ФС. 2.5.0129 Сабельника болотного корневища с корнями. Фармакопейная статья. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. М., 2023.

Содержание дубильных веществ в листьях шалфея лекарственного

Реутова Ю. Е., студ. 3 курса

Науч. рук. – Скочилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

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

Salvia – крупнейший род семейства *Lamiaceae*, который включает около 900 видов, распространенных по всему миру. Во флоре Европы описано 36 таксонов [3]. Одним из интереснейших представителей этого рода является шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.) – полукустарник высотой 20–70 см. Стебли многочисленные, в нижней части ветвистые, округлые, деревянистые, в верхней части травянистые, четырехгранные. Листья простые, длинночерешковые, по форме продолговатые или удлинненно-ланцетовидные с заостренной верхушкой, в основании клиновидные, округленные или слегка сердцевидные; у основания пластинки часто имеются одна или две небольшие продолговатые лопасти; листья расположены супротивно. Соцветия сине-фиолетовые, собраны ложными мутовками, имеют две тычинки и двугубый венчик, образуя колосовидные соцветия. Плод – орешек, почти округлый, темно-бурый, сухой, из четырех долей. Цветет в июне-июле, плодоносит в августе-сентябре.

Родина растения – Малая Азия. В диком виде шалфей лекарственный распространен в странах Средиземноморья и Балканского полуострова. Культивируется на Северном Кавказе, Крыму, юге европейской части России, в Краснодарском крае, Молдове, Украине. Растение теплолюбивое, засухоустойчивое. В культуре предпочитает плодородные, освещенные солнцем участки [1; 6].

В листьях шалфея лекарственного содержится большое количество биологически активных веществ: дубильные вещества, эфирные масла, витамины Р и РР; флавоноиды: гиспидулин, генкванин, 6-метоксигенкванин, сальвитин, лютеолин, 6-гидроксилутеолин, цирзилиол, цинарозид, непетин; алкалоиды, смолистые вещества; тритерпеноиды: урсоловая и олеаноловая кислоты; дитерпен сальвин; фенолкарбоновые кислоты, горечи и другие соединения [6].

Шалфей лекарственный широко применяется в медицинской практике. Фармакотерапевтическая группа: антисептическое и противовоспалительное средство [4]. Антимикробные свойства обусловлены эфирным маслом, противовоспалительные – дубильными веществами, флавоноидными соединениями и витамином Р, которые уплотняют эпителиальные ткани, снижают проницаемость клеточных мембран, стенок кровеносных и лимфатических сосудов. В медицине шалфей используют как сырье для получения настоев, а также экстрактов, которые затем вводят в лекарственные препараты (Сальвин). Их рекомендуют при воспалении полости рта, зева и миндалин, катаре верхних дыхательных путей, зубной боли, как отхаркивающее средство, для укрепления десен. Кроме этого шалфей лекарственный используется в качестве ароматизаторов в парфюмерной промышленности и для составления напитков.

Целью работы было провести сравнительную характеристику количественного содержания дубильных веществ в листьях шалфея лекарственного (сорт Добрыня) в возрасте 1 года, двух лет и приобретенного в

аптечной сети серия «Алтай. Травы Алтай». В качестве объекта изучения был выбран шалфей лекарственный – *Salvia officinalis* L. семейства яснотковых (*Lamiaceae*). Сырьем у шалфея лекарственного являются листья *Salviae officinalis folia*. Растения шалфея лекарственного произрастали на территории Агробиостанции Марийского государственного университета (г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл). Сбор растений проводили в 2023 году с конца июля по середину августа. Сушили сырье воздушно-теневым путем, при температуре воздуха 25–27 °С. Биологически активные вещества определяли в листьях растений в возрасте один и два года. Листья собирали с годовичных побегов. В качестве контроля использовали сырье, приобретенное в аптечной сети.

В сырье шалфея лекарственного определяли количество влаги согласно ОФС.1.5.3.0007 «Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных средств растительного происхождения» гравиметрическим методом [2]. Содержания дубильных веществ в листьях изучали по ОФС.1.5.3.0008 Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения. Определение содержания дубильных веществ проводили титриметрическим методом. В абсолютно сухом испытуемом образце вычисляли сумму дубильных веществ в пересчете на танин в процентах [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 сырья относится к потере массы, которая определяется при сушке сырья до постоянной массы, вызванной гигроскопической влажностью и летучими веществами. Содержание влаги в листьях шалфея лекарственного представлено на рисунке 1. В соответствии с требованием фармакопейной статьи, содержание влаги в сырье не должно быть более 14 %. Из рисунка 1 видно, что наибольшее количество влаги обнаружено в листьях растений второго года вегетации, по сравнению с растениями первого года и приобретенным в аптеке. По содержанию влаги контроль и шалфей однолетний статистически значимы.

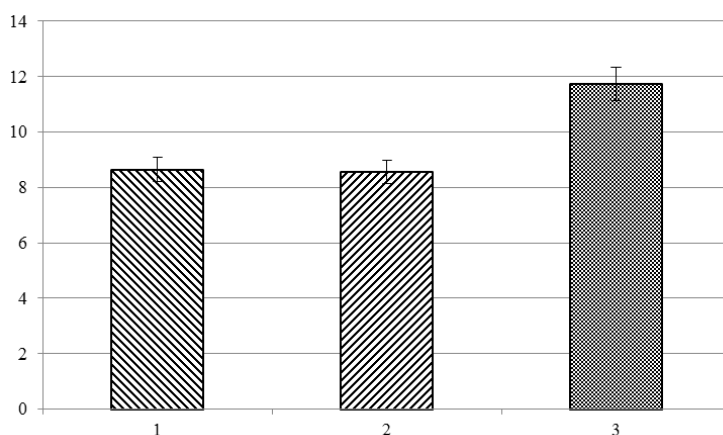


Рис. 1. Содержание влаги в листьях шалфея лекарственного, %.

Примечание: 1 – контроль; 2 – растения первого года; 3 – растения второго года

Дубильные вещества являются широко распространенными вторичными метаболитами в растениях и играют важную роль в обеспечении защиты растений от внешних воздействий, являются запасными веществами. Количественное содержание дубильных веществ в листьях шалфея лекарственного представлено на рисунке 2. В соответствии с требованиями фармакопейной статьи ФС.2.5.0051.15 Шалфея лекарственного листа, содержание дубильных веществ должно быть не менее 4,5 %. Содержание дубильных веществ в листьях шалфея лекарственного варьировало от 8,1 до 14,8 % в абсолютно сухом сырье. Наибольшее количество танинов выявлено в листьях растений второго года вегетации и составило 14,8 %, наименьшее количество обнаружено в сырье, приобретенном в аптечной сети (8,1 %). Средними показателями танинов характеризовалось сырье первого года вегетации (10,9 %). По данному показателю между образцами обнаружена статистически значимая разница. Из литературы известно, что в листьях шалфея лекарственного, выращенного на территории Ставропольского края, обнаружено высокое содержание дубильных веществ (12,2 %) [5]. В листьях шалфея лугового и шалфея эфиопского выявлено небольшое количество танинов, что составило 3,33 и 2,63 % соответственно [3].

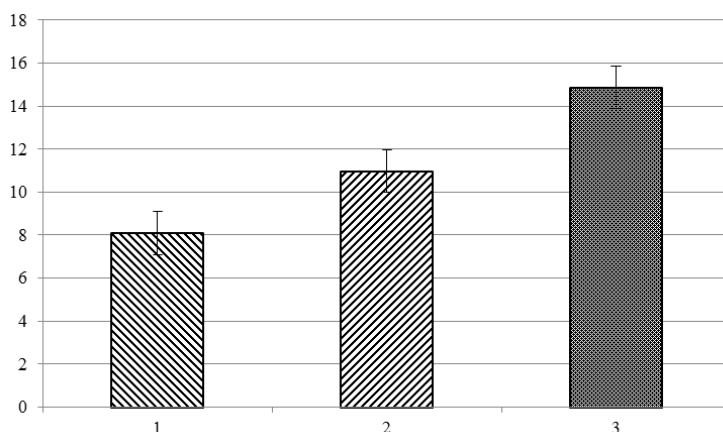


Рис. 2. Содержание дубильных веществ в листьях шалфея лекарственного, %.

Примечание: 1 – контроль; 2 – растения первого года; 3 – растения второго года

Таким образом, наибольшее количество дубильных соединений накапливается в листьях шалфея лекарственного на второй год жизни. Однако в медицинской практике в качестве источника танинов могут быть использованы растения первого года вегетации, так как в сырье содержание дубильных веществ находится в пределах значения, указанного в фармакопейной статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас лекарственных растений СССР / Под ред. акад. Н. В. Цицина. М. : Медицинская литература, 1962. 704 с.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. Москва, 2023 // Министерство здравоохранения Российской Федерации: официальный сайт. URL: <https://minzdrav.gov.ru/ministry/61/10/gosudarstvennaya-farmakopeya-rossiyskoy-federatsii-xv-izdaniya> (дата обращения: 14.09.2024).
3. Қалқабай Г. Н., Нурмаханова А. С. Сравнительный анализ фитохимического состава видов *Salvia aethiopis* L. и *Salvia pratensis* L. // Endless light in science. 2024. № 2. С. 647–654.
4. Кириллюк А. А., Петрище Т. Л. Особенности влияния биологически активных веществ лекарственных растений на фармакологическую активность лекарственных средств // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2017. № 2. С. 1–12.
5. Попов И. В., Чумакова В. В., Попова О. И., Чумаков В. Ф. Биологически активные вещества, проявляющие антиоксидантную активность, некоторых представителей семейства Lamiaceae, культивируемых в Ставропольском крае // Химия растительного сырья. 2019. № 4. С. 163–172.
6. Самылина И. А., Яковлев Г. П. Фармакогнозия. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. 976 с.

Разработка тренажера по отработке навыков идентификации латинских названий лекарственных растений для студентов специальности Фармация

Сарбаев Д. А., студ.1 курса

Науч. рук. – Сарбаева Е. В., канд. биол. наук, доц.

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

Одной из важнейших задач современного фармацевтического образования является подготовка высококвалифицированных кадров для фармацевтической отрасли. Глобальные тенденции в фармацевтическом образовании направлены на совершенствование образовательных программ, введение новых дисциплин в учебный процесс в свете научно-технического прогресса в отрасли, развитие научной деятельности, активное взаимодействие с отраслевыми организациями, интернационализацию образования, а так же применение цифровых технологий. Сегодня влияние цифровизации на себе испытывают все отрасли экономики, и фармацевтическая – не исключение. Трансформирующее влияние цифровизации скажется не только на востребованности рынком труда новых компетенций выпускников, но и на ведении учебного процесса по программам фармацевтического образования [1].

С развитием информационных технологий применение цифровых инструментов в различных сферах жизни становится обычной практикой. Цифровизация с каждым годом все шире затрагивает и образовательный процесс. Поколение, обучающееся в вузах и школах гораздо чаще использует цифровые

инструменты для решения своих задач. Цифровые технологии являются неотъемлемой частью жизни общества, поэтому они легко интегрируются в процесс обучения, поскольку студенты привыкли к использованию различных электронных средств в повседневной жизни и это существенно облегчает их работу и предоставляет возможность более легкого восприятия информации и усвоения материалов. Цифровые технологии позволяют сделать процесс обучения дифференцированным, выстраивать его в соответствии с потребностями каждого отдельного студента, давать задания, соответствующие уровню подготовки и таким образом повышать качество обучения. Использование цифровых инструментов способствует созданию условий, в которых студент становится активным субъектом образовательного процесса. От пассивного восприятия он переходит к активным действиям и включается в выполнение заданий.

Одним из таких эффективных цифровых инструментов являются тренажеры. В широком значении – это комплекс, система моделирования и симуляции, компьютерные и физические модели, специализированные методики, формируемые для того, чтобы подготовить личность к принятию высококачественных и стремительных решений. Тренажеры дают возможность сформировать у студента навыки действий моторно-рефлекторного и когнитивного типа в трудных ситуациях, понять сущность протекающих процессов и их зависимость друг от друга.

Опыт использования тренажеров в учебном процессе дает возможность отметить следующие положительные моменты: учитывается персональный темп работы обучающихся, который самостоятельно управляет учебным процессом; уменьшается период выработки требуемых умений; возрастает объем тренировочных заданий; быстро достигается уровневая дифференциация; возрастает мотивация учебной работы. Особое место среди тренажеров занимают компьютерные тренажеры. Так как исключительно в этом виде тренажера модель объекта управления, рабочее место обучаемых и педагога выполнено на основе компьютерных программных средств. По сути дела, это программа, специализированная для формирования у учащихся стойких навыков действий и обеспечивающая осуществление требуемых для этого функций преподавателя. Эффективное использование тренажеров в учебном процессе дает возможность существенно сократить количество ошибок, повысить скорость манипуляции и принятия решений, уменьшить период обучения, наиболее правильно давать оценку уровню приобретенных знаний и полученных навыков, индивидуализировать обучение, формировать заключения по действиям обучающегося [3].

Целью данной работы стала разработка тренажера по отработке навыков идентификации латинских названий лекарственных растений для студентов специальности Фармация.

Программа предназначена для отработки, закрепления и проверки навыков идентификации русских и латинских названий лекарственных растений, автоматизации подготовки студентов к сдаче латинских названий растений (в том числе лекарственных, фармакопейных). Область применения – учебно-педагогический процесс в вузе. Функциональные возможности: в программе предусмотрена балльная система для оценивания навыков идентификации русских и латинских наименований лекарственных растений. Программа включает возможность отработки навыков в двух вариантах:

1) дается русское название (с применением бинарной номенклатуры), нужно подобрать правильное латинское название (рис. 1);

2) приводится латинское наименование, нужно правильно подобрать русское.

Всего таким образом идентифицируется 100 наименований, в конце выполнения задания приводится процент правильно выполненных заданий.

Разработка данного тренажера проводилась следующим образом. Для начала выбирали язык программирования, в нашем случае это C++. Далее создается форма и в нее добавляются элементы: *Combobox1* – в нем будут храниться варианты ответа; *mainmenustrip* – кнопка которая показывает выбор языка для перевода. Затем создается *mainmenustrip.button1* и *mainmenustrip.button2*; *mainmenustrip.button1* – переключатель с русского языка на латынь и *mainmenustrip.button2* – переключатель с латинского языка на русский. Следующий этап – создание *button1* – это кнопка начала тестирования и *button2* – кнопка для переключения на следующее задание и вызов проверки правильного ответа (если ответ верный то ответ приобретает зеленый цвет, в противном случае – красный).

Далее создаются следующие элементы: *Label1* – в нем будет храниться текст «на русском» или «на латинском»; *Label2* – название лекарственного растения (вопрос) на русском или на латинском в зависимости от выбора пользователя; *Label3*, в нем будет храниться текст «Номер задачи:». *Label4* создается для хранения текста номера задачи (цифрой). *Label5* – элемент, в котором хранится текст «На латыни:»; *Label6* – в котором будет храниться текст «Тест окончен, ваш результат:» Далее создаются *Label7* – в нем будет храниться текст «Правильные ответы» и *Label8* – в котором будет храниться «текст количество

правильных ответов», затем – *Label9*, в котором будет храниться текст «Не правильные ответы» и на заключительном этапе создается *Label10*, который будет хранить текст «количество не правильных ответов».

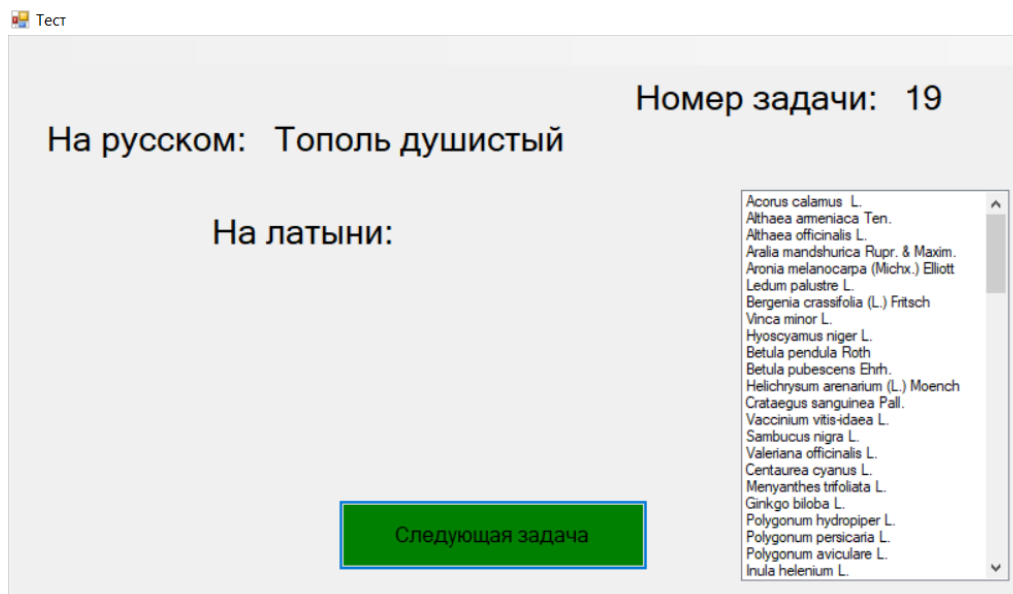


Рис. 1. Интерфейс тренажера для отработки навыков идентификации латинских названий лекарственных растений

Для реализации программы необходимо объявить переменную, которая будет хранить значение переключателя (выбора пользователя) *mainmenustrip.button1* или *mainmenustrip.button2*, который выбрал пользователь. Затем создается база данных наименований растений на латинском и на русском языке (как пример можно сделать два csv файла и считывать значения с них). Если выбирать способ чтения из csv то необходимо прописать путь к данным файлам/файлу. Считываем посимвольно файл и записываем его в массив с переходом. Переходом является символ табуляции, если данные записаны в столбец или точка с запятой если в строку.

После создания базы данных записываем ответы в *Combobox1*, а вопрос генерируем случайным образом ($i = \text{rand}() \% 100$ – пример кода), и делаем проверку на то, чтобы они не повторялись). По нажатию кнопки реализуем проверку, если ответ верный то добавляем счетчику правильных ответов +1, а если неверно, то к неверным ответам +1. При этом если ответ верный то у *button2* цвет фона меняется на зеленый, в противном случае – на красный. Далее создается цикл, в котором мы ожидаем от пользователя прохождения всего теста (в нашем случае – сто вопросов). Когда пользователь закончит сотый вопрос, то тест заканчивается и мы скрываем все элементы и показываем с *label6-label10*. На этом процесс создания программы окончен.

Далее тренажер прошел апробацию у студентов специальности Фармация, обучающимся в ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет». Летом 2022 года в процессе прохождения учебной практики по фармакогнозии 52 студента 3 курса (более половины из которых обучающиеся из Таджикистана, Узбекистана и Киргизии) использовали данный тренажер для отработки навыков идентификации латинских наименований лекарственных растений. После обучения 100 % ребят эффективно освоили материал, проявили большой интерес к процессу обучения и успешно сдали дифференцированный зачет по практике, обязательным элементом которого была сдача 100 наименований лекарственных растений на латинском языке.

Далее, после успешного испытания, было получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023616686 «Тренажер по отработке навыков идентификации латинских названий лекарственных растений» (авторы Сарбаева Е. В., Алябышева Е. А., Сарбаев Д. А.), правообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Марийский государственный университет» [3]. Таким образом, разработанная программа может успешно применяться в учебном процессе у студентов специальности Фармация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильинова Ю. Г., Маймистов Д. Н., Преснякова В. В., Кочанова И. А., Лисицкий Д. С., Давыдова Е. М. «Цифра» – новая реальность для системы подготовки фармацевтических кадров и будущей деятельности выпускников. Медицинская сестра, 2021. № 4 (23). С. 23–27. DOI: <https://doi.org/10.29296/25879979-2021-04-06>

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023616686 Российская Федерация. Тренажер по отработке навыков идентификации латинских названий лекарственных растений : № 2023615699 : заявл. 24.03.2023 : опубл. 30.03.2023 / *Е. В. Сарбаева, Е. А. Алябышева, Д. А. Сарбаев* ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Марийский государственный университет».

3. *Юсупов А. Х.* Интерактивные тренажеры и их роль в учебном процессе // *Инновационная наука.* 2019. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/interaktivnye-trenazhery-i-ih-rol-v-uchebnom-protsesse> (дата обращения: 28.03.2024).

Модель оказания персонифицированной фармацевтической помощи детям

Сотникова Л. И., ассистент кафедры УЭФ

Науч. рук. – Лоскутова Е. Е., д. фарм. н., профессор, зав. кафедрой УЭФ

Российский университет дружбы народов, г. Москва
trubnikova_li@pfur.ru

В настоящее время в мире получила широкое распространение концепция 4-П медицины, ориентированная на развитие новых технологий и открытий в области медицины, фармации, биологии, генетики и др. [1]. Данный термин впервые был использован в работах американских ученых Дэвида Галаса и Лероя Худу в 2008 и 2009 гг. Понятие «4-П медицина» включает в себя четыре принципа, на которых должна основываться современная модель оказания медицинской помощи пациентам, а именно быть: персонифицированной (персонализированной), прогностической (предиктивной), профилактической (превентивной) и партисипативной [2]. Прогностический подход, или прогностическая медицина, включает в себя прогнозирование течения болезни на разных стадиях у людей с уже установленным заболеванием, а также включение здоровых людей в группы риска для предотвращения развития болезни или своевременной установки диагноза. Профилактический подход представляет собой проведение пропаганды здорового образа жизни, отказ от вредных привычек, улучшение диспансерного наблюдения и др. Партисипативный подход – активное вовлечение пациента в процесс лечения. Ключевой аспект концепции 4-П медицины – персонифицированный (персонализированный) подход, то есть индивидуальный подход к лечению каждого пациента [2; 3]. В зарубежных исследованиях большое внимание уделяется именно персонифицированному подходу, в особенности при подборе фармакотерапии для лечения различных заболеваний. Данный подход позволяет в том числе определить индивидуальные особенности пациентов или генетическую предрасположенность к реакции организма на определенные лекарственные средства (ЛС) [4].

Некоторые исследователи дополняют 4-П медицину еще тремя составляющими, трансформируя ее в 7-П медицину. Из новых аспектов современного оказания медицинской помощи выделяют такие подходы, как: прецизионный (минимизация ятрогенных последствий на организм, сокращение количества лекарственных препаратов (ЛП)); периферический (снижение количества госпитализаций и институциональных больных, использование средств телемедицины); полипрофессиональный (для улучшения оказания медицинской помощи медицинские работники должны взаимодействовать со специалистами других областей, например, фармации, биологии, химии и др.) [3].

Проведенный нами контент-анализ выявил, что большинство исследований по новым направлениям, в том числе по персонифицированному подходу, рассматриваются со стороны взаимодействия медицинских работников и пациентов, и редко затрагивают участие фармацевтических специалистов в реализации 4-П медицины. Поиск в научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU, по ключевым словам, и без привязки к годам публикации, показал, что при запросе «персонализированная фармация» и «персонифицированная фармация» была найдена 1 статья, при запросе «персонализированная медицина» и «персонифицированная медицина» – 1250 публикаций. В единственной статье, в ключевых словах которой есть «персонализированная фармация», написанная А. Ю. Петровым с соавторами отмечается, что развитию персонализированной фармации может способствовать экстенпоральное изготовление в аптечных организациях [5]. Некоторые российские авторы также считают, что изготовление ЛП в аптечных организациях отвечает принципам персонифицированного подхода [6; 7]. Зарубежные авторы полагают оптимальным решением недостатка лекарственных форм (ЛФ) и дозировок педиатрических ЛП – 3-D печать ЛС, охватывающих широкий спектр применения, а также способных минимизировать побочные эффекты, повысить приверженность к лечению за счет улучшения органолептических свойств, и, самое важное, обеспечить индивидуальную дозировку [8]. В нашей стране 3-D печать ЛП также считается одним из вариантов на пути к персонифицированному подходу и созданию индивидуальных препаратов [9].

Таким образом результаты информационного поиска показали, что большинство исследований затрагивают медицинские аспекты, что демонстрирует насколько меньше внимания уделяется персонализации в фармации, хотя персонафицированный подход к лечению пациентов не представляется возможным без использования лекарственной терапии. На данный момент не разработаны теоретические аспекты персонафицированного подхода, охватывающего все компоненты оказания фармацевтической помощи и соответствующие трудовым функциям профессии «Провизор». Таким образом, целью работы было разработать методологические основы оказания персонафицированной фармацевтической помощи детям.

Нами были определены принципы персонафицированного подхода, которые должны быть интегрированы в существующую модель оказания фармацевтической помощи детям:

- принцип возможности назначения ЛП в педиатрической практике с учетом особенностей пациента;
- принцип соответствия назначенного ЛП возрасту;
- принцип соответствия ЛФ возрасту (удобство применения);
- принцип необходимости консультирования родителей ребенка (косвенных потребителей) и взаимодействия с ними для осуществления рациональной фармакотерапии;
- принцип контроля приверженности к лечению (комплаенса).

По нашему мнению, персонафицированная фармацевтическая помощь детям, включающая лекарственное обеспечение, информационно-консультационную деятельность, организационно-методическое обеспечение, должна быть построена на данных принципах. Для реализации цели исследования разработана оригинальная методика, состоящая из шести этапов. I этап – исследование факторов, влияющих на назначение ЛП в педиатрической практике; II этап – анализ назначений ЛП и других товаров аптечного ассортимента, сделанных врачами различных специальностей (в основном педиатрами) в детских клиниках города Москвы; III этап – выявление случаев нерационального использования ЛП, классификация и анализ причин, оценка безопасности фармакотерапии; IV этап – проведение сравнительного анализа перечня основных лекарственных средств для детей Всемирной организации здравоохранения и ЛП, используемых в детской педиатрической практике; V этап – проведение социологических исследований: врачей, фармацевтических работников, косвенных потребителей; VI этап – разработка предложений для интеграции принципов персонафицированного подхода в модель оказания фармацевтической помощи детям.

На рисунке 1 представлена модель взаимосвязи принципов персонафицированного подхода и аспектов оказания фармацевтической помощи детям, являющаяся концептуальной основой реализации данного методического подхода.



Рис. 1. Модель оказания персонафицированной фармацевтической помощи детям

Практическими направлениями реализации персонализированного подхода при оказании фармацевтической помощи детям стали: рекомендации по созданию российского примерного перечня основных ЛС для детей, с учетом зарегистрированных в нашей стране препаратов; создание списков ЛС, которые не рекомендованы к применению в педиатрической практике или которые необходимо назначать с осторожностью; разработка рекомендаций для фармацевтических работников, включающих в себя алгоритм фармацевтического консультирования косвенных потребителей, а также алгоритм подбора ЛФ в соответствии с возрастом ребенка; разработка рекомендаций для косвенных потребителей в виде брошюры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Strianese O., Rizzo F., Ciccarelli M. et al. Precision and Personalized Medicine: How Genomic Approach Improves the Management of Cardiovascular and Neurodegenerative Disease. *Genes*. 2020. No. 11 (7). Pp. 1–24.
2. Galas D., Hood L. Systems Biology and Emerging Technologies Will Catalyze the Transition from Reactive Medicine to Predictive, Personalized, Preventive and Participatory (P4) Medicine. *IBC*. 2009. Vol. 1 (2). No. 6. Pp. 1–4.
3. Galdo B., Pazos C., Pardo J. et al. Artificial intelligence in paediatrics: Current events and challenges. *Anales de Pediatría*. 2024. No. 100. Pp. 195–201.
4. Slim K., Selvy M., Veziant J. Conceptual innovation: 4P Medicine and 4P surgery. *Journal of Visceral Surgery*. 2021. No. 158. Pp. 12–17.
5. Проблемы экстермпорального изготовления лекарственных форм в аптечных организациях как формы персонализированной фармации в Российской Федерации и за рубежом / А. Ю. Петров [и др.] // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. 2022. № 6. С. 77–84.
6. Желтышева В. А., Сюзева Н. П. Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной, клинической медицины и фармации : сб. трудов 53-й Всероссийской конференции, 27–28 марта 2019 г., Тюмень. 2019. С. 81–82.
7. Сметова Е. И., Ладутько Ю. М., Калинина О. В. Вестник фармации. 2021. № 1 (91). С. 48–52.
8. Tong H. Zhang J., Ma J. et al. Perspectives on 3D printed personalized medicines for pediatrics. *International Journal of Pharmaceutics*. 2024. Vol. 653. P. 123867.
9. Прожерина Ю. 3D-печать в фармации // Ремедиум. 2020. № 9. С. 58–60.

Количественное содержание дубильных веществ в плодах боярышника

Табаров М. С., студ. 3 курса

Науч. рук. – Скочилова Е. А., канд. биол. наук, доц.

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола
tabarovm6@gmail.com

В настоящее время ведется поиск отечественных сырьевых источников биологически активных соединений для создания различных препаратов. В связи с этим, особое внимание привлекают многочисленные роды, из которых лишь некоторые виды применяются в медицине. В этом плане интересны представители рода боярышник [2]. Согласно Государственной фармакопее Российской Федерации (XV издание), в официальной медицине нашей страны разрешено использование лекарственного растительного сырья цветков и плодов 14 видов боярышника. Большая сырьевая база представителей этой группы, недостаточно изученный химический состав создают предпосылки для их углубленного исследования как источников БАВ в качестве перспективных растений для введения в официальную номенклатуру [6]. Род *Crataegus* L. (семейство *Rosaceae* Juss.) насчитывает более 1000 видов растений, произрастающих, главным образом, в умеренной и, частично, субтропической зонах Северного полушария Америки и Евразии. Родиной боярышников является восточная часть Северной Америки. На территории России и сопредельных государств произрастает 74 вида дикорастущих (Европейская часть, Средняя Азия, Кавказ) и более 90 интродуцированных видов [1].

Плоды боярышника содержат флавоноиды, дубильные вещества, органические кислоты, углеводы, каротиноиды, жирные масла, пектины, терпеноиды, витамины, стероиды, органические кислоты. Боярышник известно пищевое и лекарственное растение. В современной научной медицине боярышник применяют очень широко. Настой коры боярышника применяют как десенсибилизирующее средство при аллергических заболеваниях. Плоды, цветы, листья боярышника, благодаря наличию фенольных соединений обладают антиоксидантными свойствами. Выявлены также иммуномодулирующие, противоаллергические, антимутагенные свойства боярышника. Широко боярышник применяется в кардиологической практике. Плоды боярышника оказывают антиаритмическое, кардиотоническое действие, улучшают коронарное кровообращение [4; 7]. Лекарственное сырье и препараты, содержащие дубильные вещества, применяются наружно и внутрь как вяжущие, противовоспалительные, бактерицидные и кровоостанавливающие средства. Кроме того, установлено, что гидролизуемые и конденсированные дубильные вещества проявляют

высокую Р-витаминную активность, антигипоксическое и антисклеротическое действие. Конденсированные дубильные вещества обладают противоопухолевым эффектом [8].

Целью работы было изучить количественное содержание дубильных веществ в плодах не фармакопейных видов боярышника. Объектами исследования стали плоды четырех видов боярышника коллекции Дендрария Ботанического сада-института Поволжского государственного технологического университета (БСИ ПГТУ), г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл: боярышник крупноколючковый *Crataegus macracantha* Lodd. ex Loudon, боярышник волжский *C. volgensis* Pojark., боярышник точечный *C. punctata* Jacq., боярышник точечный форма золотистая *C. punctata* Jacq. f. *aurea* (Aiton) Rehder. Довольно редким, но привлекательным видом является б. точечный. Это относительно стройное дерево достигает в высоту до 8 м. Листья крупные, цельные, продолговатые. Цветение обильное, во время которого на побегах появляются белые, крупные, щитковидные соцветия. Плоды большие, красные в крапинку, а боярышник точечный форма золотистая демонстрирует симпатичные желтые плоды. Боярышники крупноколючковый, точечный и точечный форма золотистая относятся к североамериканским видам, боярышник волжский является европейским видом. Плоды собирали в августе–октябре 2023 года в фазу массового созревания с освещенной стороны растений.

В сырье определяли содержание влаги согласно ОФС.1.5.3.0007 «Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных средств растительного происхождения» гравиметрическим методом [3]. Метод основан на измерении потери в массе при высушивании сырья за счет удаления влаги и летучих веществ. Плоды высушивали до абсолютно-сухого состояния при температуре 100–105 °С в сушильном шкафу. При определении абсолютной влажности, значение которой используется в формулах расчета количества действующих веществ в высушенном испытуемом образце, определение проводят в навесках 1–2 г (точная навеска), взятых из аналитической пробы, предназначенной для количественного определения действующих веществ, при разнице между взвешиваниями, не превышающей $\pm 0,0005$ г. Определение содержания дубильных веществ в плодах шиповника проводили титриметрическим методом по ОФС.1.5.3.0008 Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения. К водному извлечению прибавляли раствор индигосульфокислоты и титровали при постоянном перемешивании калия перманганата раствором до золотисто-желтого окрашивания. Содержание суммы дубильных веществ в абсолютно сухом испытуемом образце пересчитывали на танин [3]. Экспериментальные данные, полученные в результате проведенных исследований, обработаны с помощью программы «Microsoft Office Excel». Достоверность различий оценивали по распределению Стьюдента на доверительном уровне 95 %.

Одним из важных показателей качества сырья является влажность, так как повышенное содержание влаги в сырье приводит к его порче: изменяется окраска сырья, появляется затхлый запах, плесень, разрушаются действующие вещества. Под влажностью сырья понимают не только потерю в массе при высушивании за счет гигроскопической воды, но и различных летучих веществ. Воздушно-сухое сырье содержит обычно 10–14 % гигроскопической воды. Поэтому ФС для каждого вида сырья устанавливает норму содержания влаги не выше определенного значения. В соответствии с требованиями фармакопейной статьи ФС.2.5.0061.18 Боярышника плоды, содержание влаги в плодах должно быть не более 14 %. Количество влаги в плодах изученных видов боярышника представлено на рисунке 1. Влажность плодов изменялась от 6,96 до 8,64 %, что соответствует требованиям нормативного документа. Однако наибольшие показатели влажности обнаружены в плодах б. точечного и б. точечного форма золотистая. Среднее значение влажности характерно для плодов б. крупноколючкового, а наименьшее – для б. волжского. Сравнивая влажность плодов между собой, можно заключить, что содержание влаги в плодах б. точечного и б. точечного ф. золотистая в 1,1 раза больше, чем у б. крупноколючкового и в 1,2 раза больше, по сравнению с б. волжским. В плодах б. крупноколючкового влажность сырья в 1,1 раза больше, чем у б. волжского. По содержанию влаги в сухих плодах статистически значимая разница обнаружена только между б. волжским и б. крупноколючковым, б. точечным, б. точечным форма золотистая. При сравнении между собой других видов боярышников достоверных отличий не выявлено.

Дубильные вещества – это сложные смеси растительных высокомолекулярных полимеров фенольных соединений. Биологическая роль дубильных веществ для жизнедеятельности растений велика. Они являются запасными питательными веществами, выполняют защитную функцию, при повреждении растений образуют комплексы с белками, обладают бактерицидными и фунгицидными свойствами, участвуют в окислительно-восстановительных процессах, являются переносчиками кислорода в растениях.

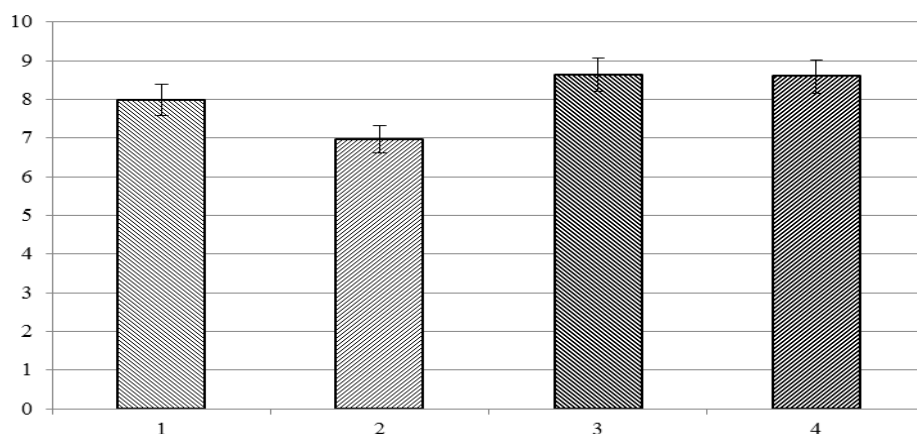


Рис. 1. Содержание влаги в плодах боярышника, %

Примечание: 1 – б. крупноколючковый; 2 – б. волжский; 3 – б. точечный форма золотистая; 4 – б. точечный

Содержание дубильных веществ в плодах боярышника представлено на рисунке 2. Результаты исследований показали, что содержание дубильных веществ в плодах изученных растений рода *Crataegus* менялось от 4,34 до 8,22 % в абсолютно сухом сырье. Наибольшее количество дубильных веществ обнаружено в плодах б. точечного форма золотистая и б. точечного, наименьшее – в плодах б. волжского и б. крупноколючкового. Содержание дубильных веществ в плодах б. точечного форма золотистая и б. точечного было в 1,8 раза больше, по сравнению с б. крупноколючковым и б. волжским. По данному показателю между изученными видами боярышника обнаружена статистически значимая разница, кроме б. точечного форма золотистая и б. точечного, б. волжского и б. крупноколючкового (рис. 2). Аналогичные исследования проводились в 2016 и 2017 годах [5]. Погодные условия анализируемых лет были неравнозначными по увлажнению: 2016 г. был засушливым, 2017 г. – избыточно влажным. В более засушливых и теплых погодных условиях наибольшее содержание танинов в плодах боярышника выявлено у б. крупноколючкового, а при избыточном увлажнении – у б. точечного.

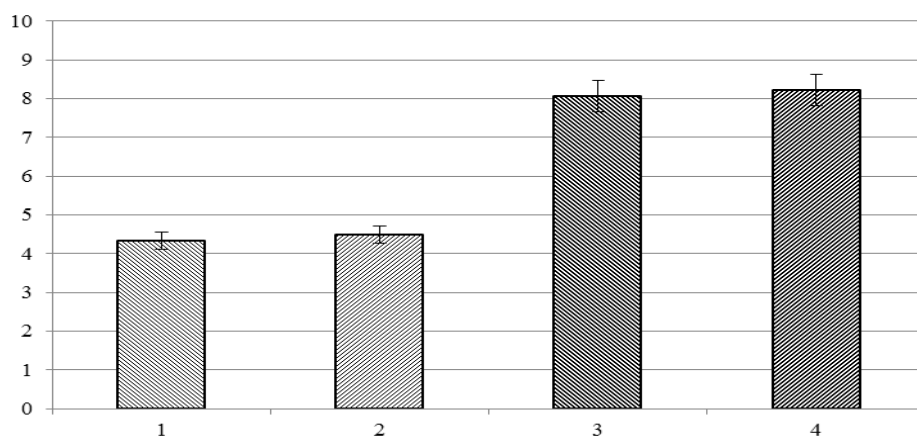


Рис. 2. Содержание дубильных веществ в плодах боярышника, %.

Примечание: 1 – б. крупноколючковый; 2 – б. волжский; 3 – б. точечный форма золотистая; 4 – б. точечный

Таким образом, наибольшим содержанием танинов характеризовались плоды б. точечного форма золотистая и б. точечного. Данные виды по содержанию дубильных веществ не уступают фармакопейным видам. Следовательно, эти виды являются наиболее перспективными в качестве лекарственного растительного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вафин Р. В., Путихин В. П. Боярышники. Интродукция и биологические особенности. М. : Наука, 2003. 240 с.
2. Гончаров Н. Ф., Ковалева А. М., Комисаренко А. Н. Фенольные соединения североамериканских видов рода боярышник // Российский медико-биологический вестник им. акад. И. П. Павлова. 2008. № 3. С. 150–155.

3. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. - Москва, 2023 // Министерство здравоохранения Российской Федерации: официальный сайт. URL: <https://minzdrav.gov.ru/ministry/61/10/gosudarstvennaya-farmakopeya-rossiyskoy-federatsii-xv-izdaniya> (дата обращения: 12.09.2024).

4. Кароматов И. Д., Жалилов Н. А. Химический состав и лечебные свойства боярышника // Электронный научный журнал «Биология и интегративная медицина». 2019. № 1 (29). С. 109–111.

5. Мухаметова С. В., Скочилова Е. А. Показатели массы плодов боярышника и содержание в них дубильных веществ в условиях Республики Марий Эл // Вестник ПГТУ. Сер.: «Лес. Экология. Природопользование». 2020. № 1 (45). С. 90–95.

6. Самылина И. А., Киселева Т. Л. Изучение химического состава не фармакопейных видов боярышника и оценка их фармакологической активности // Фармация. 1990. Т. 39. № 1. С. 12–17.

7. Самылина И. А., Яковлев Г. П. Фармакогнозия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 976 с.

8. Diane A., Borthwick F., Wu S., Lee J., Brown P. N., Dickinson T. A., Croft K. D., Vine D. F., Proctor S. D. Hypolipidemic and cardioprotective benefits of a novel fireberry hawthorn fruit extract in the JCR: LA-cp rodent model of dyslipidemia and cardiac dysfunction. Food & function. 2016. No. 7 (9). Pp. 3943–3952.

Изучение дубильных веществ побегов и листьев смородины черной

Яборова О. В., Белоногова В. Д., Алексеева И. В.

ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Минздрава России, г. Пермь,
olyayaborova@mail.ru

Аннотация. Интерес к препаратам, созданным на основе растительного сырья, возрастает в связи с уникальными свойствами фитосредств, а также их преимуществами, а именно сравнительно редкое проявление побочных эффектов, дешевизна, доступность природного сырья, комплексное фармакологическое действие растений на организм в целом. Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) относится к семейству *Grossulariaceae* – крыжовниковых, широко используется в медицине, гомеопатии и народной медицине. Листья смородины богаты биологически активными соединениями полифенольной природы и представляют интерес в качестве потенциального растительного сырья. Побеги смородины черной, как легкодоступное к заготовке сырье, представляют интерес для изучения с целью установления возможности их применения в научной медицине, поэтому на кафедре фармакогнозии ФГБОУ ВО «ПГФА» Минздрава России ведутся исследования побегов и листьев смородины черной. Настоящая работа посвящена сравнительной оценке наличия и содержания дубильных веществ побегов и листьев смородины черной дикорастущей и культивируемой. **Материалы и методы.** Объектами исследования служили побеги и листья смородины черной дикорастущей и культивируемой. Сырье было заготовлено в два срока: 1-ый – период цветения (июнь – июль) 2022г. и 2-й – после плодоношения (август – сентябрь) 2022 г., и высушено воздушно-теневым способом. Всего было проанализировано 40 образцов, заготовленных на территории Свердловской и Челябинской областей, Башкирии и Пермского края. Наличие дубильных веществ доказали по реакциям с раствором желатина и с солями трехвалентного железа. Количественное определение дубильных веществ проводили титриметрическим методом. В результате проведенного исследования установили, что содержание дубильных веществ в побегах и листьях смородины черной культивируемой больше, чем в сырье дикорастущих видов. Наблюдали увеличение абсолютных значений содержания дубильных веществ ко второму сроку заготовки, как в побегах смородины черной культивируемой – от 8,05 до 8,66 %, и от 8,57 до 8,98 %, так и в листьях – от 7,26 % до 7,75 %, и от 7,64 % до 7,97 %, заготовленных в период цветения и после плодоношения соответственно. В сырье смородины черной дикорастущей содержание дубильных веществ составило: в побегах – от 5,38 до 5,97 %, и от 5,97 до 6,28 %; в листьях – 3,51 % до 4,68 %, и от 3,85 % до 4,98 %, заготовленных в период цветения и после плодоношения соответственно. Корреляционный анализ показал, что период заготовки не влияет на накопление дубильных веществ, как у смородины черной дикорастущей, так и культивируемой по изучаемым периодам соответственно. Оба вида сырья могут быть перспективными в качестве источника дубильных веществ.

Ключевые слова: смородины черной побеги, смородины черной листья, дубильные вещества.

Введение. Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) - является одним из наиболее широко распространенных кустарников, относится к семейству Крыжовниковые (*Grossulariaceae*), широко используется в официальной, народной медицине и гомеопатии [1; 2]. Листья черной смородины богаты биологически активными веществами полифенольной природы и аскорбиновой кислотой [3; 4; 5; 6; 7], благодаря чему представляют интерес в качестве растительного сырья, обладающего выраженными фармакологическими свойствами.

Материалы и методы. Объектами исследования служили листья и побеги смородины черной дикорастущей и культивируемой. Сырье было заготовлено в два срока: 1-ый – период цветения (июнь – июль)

2022 г. и 2-й – после плодоношения (август – сентябрь) 2022 г. Сырье высушено воздушно-теневым способом. Всего проанализировано 40 образцов (5 образцов смородины дикорастущей и 5 – культивируемой, заготовленных в 2 периода), данные о них представлены в таблице 1.

Таблица 1

Образцы сырья смородины черной

№ образца	Место заготовки	Период	№ образца	Место заготовки	Период
Смородины черной дикорастущей листья			Смородины черной дикорастущей побеги		
1	Свердловская обл., г. Староуткинский, подлесок	1	11	Свердловская обл., г. Староуткинский, подлесок	1
1а		2	11а		2
2	Пермский край, г. Кунгур, подлесок	1	12	Пермский край, г. Кунгур, подлесок	1
2а		2	12а		2
3	Башкирия, г. Стерлитамак подлесок	1	13	Башкирия, г. Стерлитамак подлесок	1
3а		2	13а		2
4	Челябинская обл., г. Миасс, подлесок	1	14	Челябинская обл., г. Миасс, подлесок	1
4а		2	14а		2
5	Башкирия, с. Бакалы, подлесок	1	15	Башкирия, с. Бакалы, подлесок	1
5а		2	15а		2
Смородины черной культивируемой листья			Смородины черной культивируемой побеги		
6	Свердловская обл., г. Староуткинский, садовый кооператив	1	16	Свердловская обл., г. Староуткинский, садовый кооператив	1
6а		2	16а		2
7	Пермский край, г. Кунгур, садовый кооператив	1	17	Пермский край, г. Кунгур, садовый кооператив	1
7а		2	17а		2
8	Башкирия, г. Стерлитамак садовый кооператив	1	18	Башкирия, г. Стерлитамак садовый кооператив	1
8а		2	18а		2
9	Челябинская обл., г. Миасс, садовый кооператив	1	19	Челябинская обл., г. Миасс, садовый кооператив	1
9а		2	19а		2
10	Башкирия, с. Бакалы садовый кооператив	1	20	Башкирия, с. Бакалы садовый кооператив	1
10а		2	20а		2

Для проведения качественных реакций на дубильные вещества готовили отвар в соответствии с требованиями ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары» [8].

Качественная реакция осаждения дубильных веществ раствором желатина 1 %.

К 1 мл отвара добавляли 1 каплю раствора желатина 1 %. Наблюдалось выпадение осадка [9].

Цветная реакция с железом(III) аммония сульфата раствора 1 %.

К 1 мл отвара добавляли 3 капли железа (III) аммония сульфата раствора 1 %. Наблюдалось характерное окрашивание [9].

Количественное определение дубильных веществ проводили в соответствии с ОФС.1.5.3.0008 «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения», методом 1 [10].

Результаты. Качественный анализ дубильных веществ побегов и листьев смородины

Качественный анализ на содержание дубильных веществ провели с отваром из сырья. При добавлении раствора желатина 1% к отварам из побегов и листьев смородины черной дикорастущей и культивируемой наблюдали образование аморфного осадка. Добавление к исследуемым отварам железа (III) аммония сульфата раствора 1% показало образование черно-зеленого окрашивания, переходящего в черно-синее, что свидетельствует о присутствии как гидролизуемых, так и конденсированных дубильных веществ в исследуемом сырье: смородины побегов и листьях дикорастущей и культивируемой. Таким образом, качественный анализ показал, что смородины побеги и листья содержат дубильные вещества конденсированной и гидролизуемой группы. Состав дубильных веществ листьев и побегов смородины черной идентичен.

Количественное содержание дубильных веществ в побегах и листьях смородины

Количественное определение дубильных веществ проводили методом 1 в соответствии с ГФ XV[9,10]. Перманганатометрический метод позволил нам определить содержание дубильных веществ во всех образцах сырья побегов и листьев смородины черной дикорастущей и культивируемой в трехкратной повторности. Результаты эксперимента обработаны статистически, различия считали достоверными при $p < 0,05$ [11]. Полученные данные представлены на рисунках 1, 2, 3, 4.

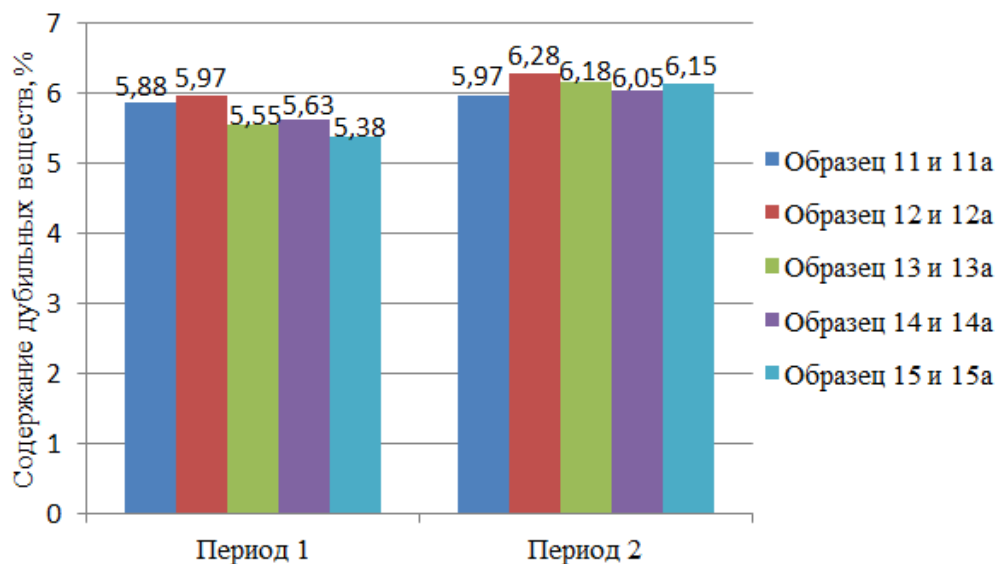


Рис. 1. Содержание дубильных веществ в побегах смородины черной дикорастущей

Данные исследования показали, что содержание дубильных веществ в побегах смородины дикорастущей находится в пределах от 5,38 % до 5,97 %, и от 5,97 % до 6,28 %, заготовленных в период цветения и после плодоношения соответственно и увеличивается ко второму периоду заготовки во всех исследуемых образцах.

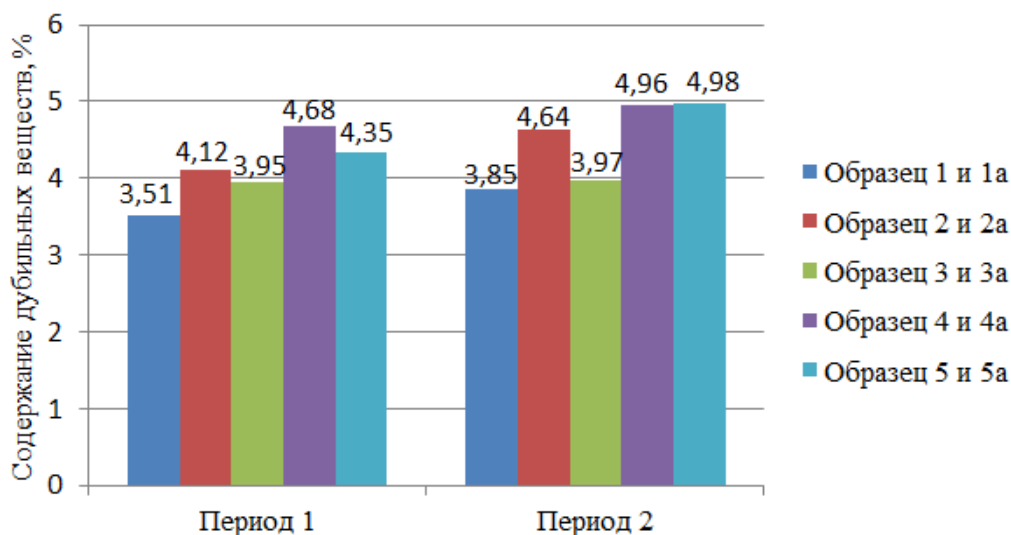


Рис. 2. Содержание дубильных веществ в листьях смородины черной дикорастущей

Содержание дубильных веществ в листьях смородины черной дикорастущей находится в пределах от 3,51 % до 4,68 %, и от 3,85 % до 4,98 %, заготовленных в период цветения и после плодоношения соответственно и незначительно увеличивается ко второму периоду заготовки во всех исследуемых образцах.

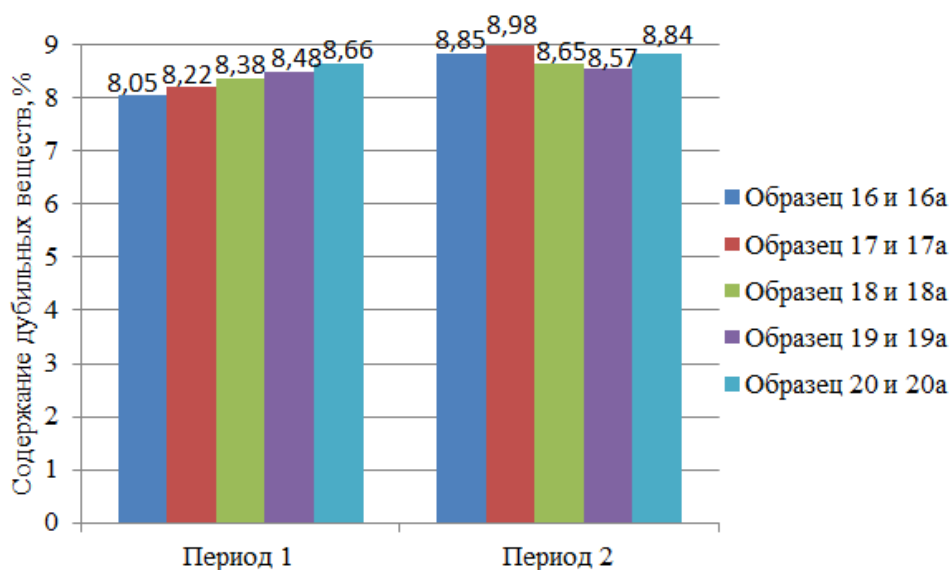


Рис. 3. Содержание дубильных веществ в побегах смородины черной культивируемой

Содержание дубильных веществ в побегах смородины черной культивируемой от 8,05 % до 8,66 %, и от 8,57 % до 8,98 %, заготовленных в период цветения и после плодоношения соответственно и увеличивается ко второму периоду заготовки во всех исследуемых образцах.

Содержание дубильных веществ в листьях смородины черной культивируемой от 7,26 % до 7,75 %, и от 7,64 % до 7,97 %, заготовленных в период цветения и после плодоношения соответственно и незначительно увеличивается ко второму периоду заготовки во всех исследуемых образцах.

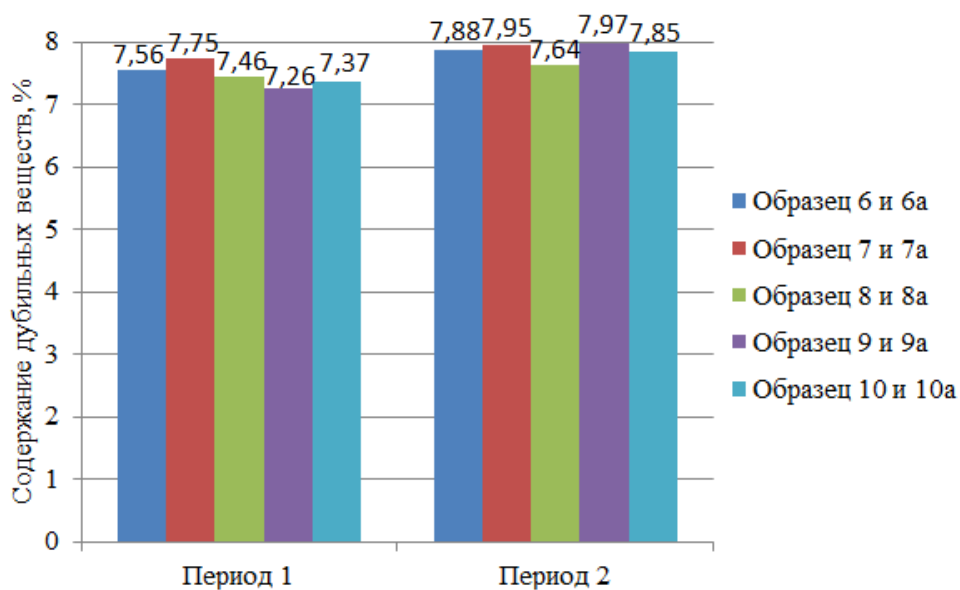


Рис. 4. Содержание дубильных веществ в листьях смородины черной культивируемой

Выводы. В ходе эксперимента установлено, что содержание дубильных веществ в побегах и листьях смородины черной культивируемой больше, чем в сырье дикорастущих видов. Наблюдали увеличение абсолютных значений содержания дубильных веществ ко второму сроку заготовки, но корреляционный анализ показал, что период заготовки не влияет на накопление дубильных веществ как у смородины черной дикорастущей, так и культивируемой по изучаемым периодам соответственно. Оба вида сырья могут быть перспективными в качестве источника дубильных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патудин А. В., Терешина Н. С., Миценко В. С. Биологически активные вещества гомеопатического лекарственного сырья. М. : Знак. 2009. 588 с.
2. Karjalainen R. A review on bioactive compounds in black currants (*Ribes Nigrum* L.) and their potential health- promoting properties / R. Karjalainen, M. Anttonen, N. Saviranta et all. // I International Symposium on Biotechnology of Fruit Species: Biotechfruit. 2009. Vol. 839. Pp. 301–307p.
3. Михайлова И. В., Филиппова Ю. В., Кузьмичева Н. А., Винокурова Н. В., Иванова Е. В., Воронкова И. П. Смородина черная как перспективный источник полифенольных антиоксидантов // Международный научно-исследовательский журнал. № 7(109). С. 28–32.
4. Петрова С. Н., Кантан А. Д., Яргунова Ю. В. Получение и свойства густых экстрактов листьев черной смородины // Химия растительного сырья. 2018. № 2. С. 168–174.
5. Петрова С. Н., Кузнецова А. А. Состав плодов и листьев смородины черной *Ribes nigrum* (обзор) // Химия растительного сырья. 2014. № 4. С. 43–50.
6. Попова Т. С., Потанина О. Г. Флавоноиды листьев и почек черной смородины // Фармация. № 6. С. 19–21.
7. Аджиахметова С. Л., Червонная Н. М., Поздняков Д. И., Оганесян Э. Т. Изучение суммарного содержания антиоксидантов, полисахаридов, элементного состава и аминокислот растительного сырья смородины черной // Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 265–274.
8. ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары», Государственная фармакопея РФ XV издания.
9. Государственная Фармакопея Российской Федерации. – 15-е изд. – Москва, 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15> (дата обращения: 19.02.2024).
10. ОФС.1.5.3.0008 «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения», Государственная фармакопея РФ XV издания.
11. Гланц С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. М. : Практика, 1998. 459с.

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК И ФАРМАЦИИ

СБОРНИК СТАТЕЙ
Всероссийской научной конференции
(Йошкар-Ола, 22–24 мая 2024 г.)

Выпуск 13

*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 2024 г. № 60.
Подписано в печать 25.11.2024. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 39,38. Уч.-изд. л. 28,72. Тираж 300. Заказ № 24499/4.

Оригинал-макет подготовлен к печати в РНиУЛ
ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет».
424001, Российская Федерация, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1.

Отпечатано в ООО «Принтекс»
424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола,
ул. Суворова, д. 15А, каб. 204.,
тел.: 8 (8362) 38-56-56, доб. 204.
www.printecs.com

ISBN 978-5-907799-19-6

