



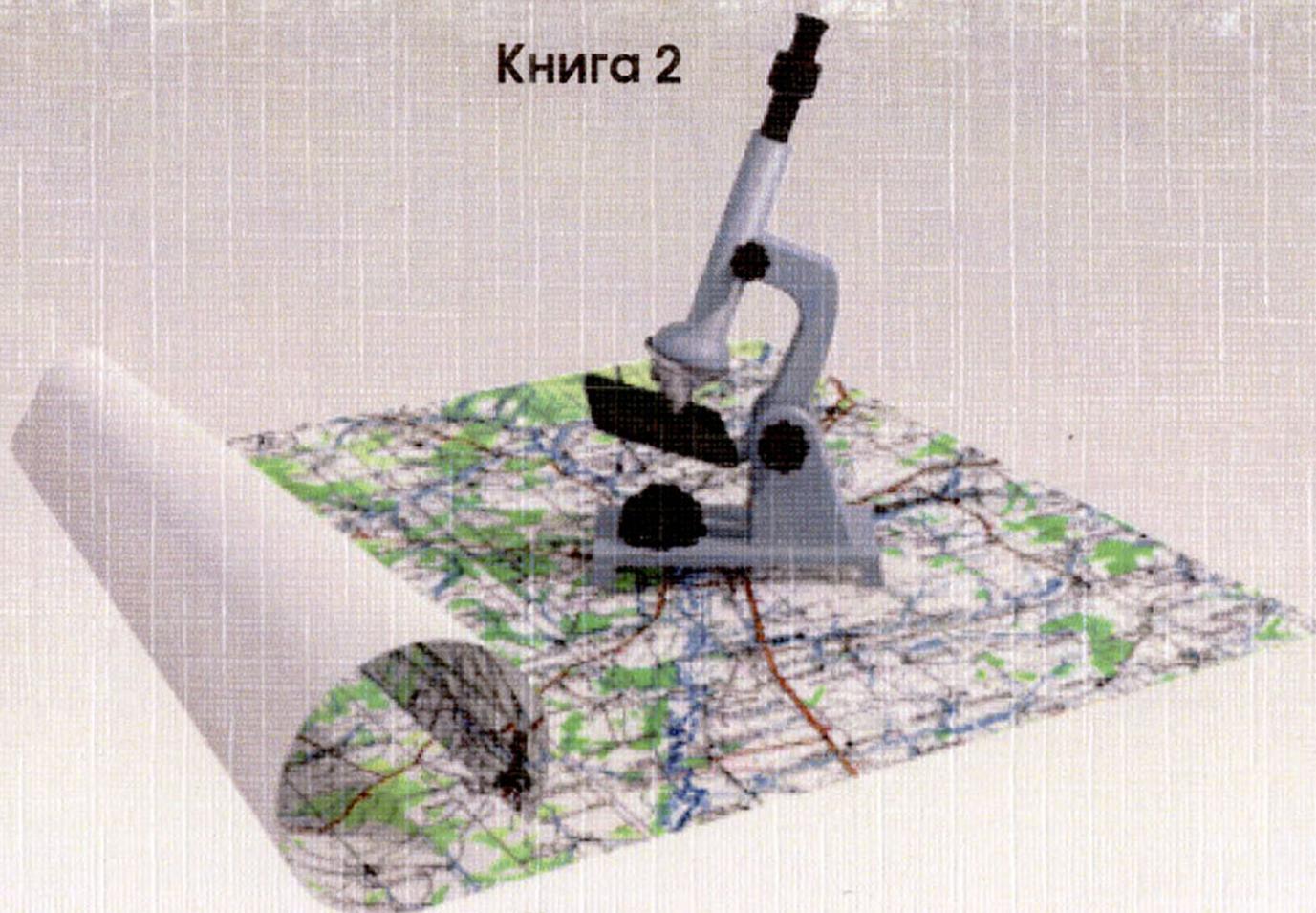
**I Всероссийский форум «Утилизация и рециклинг
отходов производства и потребления»**

**XVII Всероссийская научно-практическая конференция
с международным участием**

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

5 декабря 2019 г.

Книга 2



Киров

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Вятский государственный университет»

Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

ФГУП «РосРАО»

**I Всероссийский форум «Утилизация и рециклинг
отходов производства и потребления»**

**БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ
И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ**

Материалы
XVII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
5 декабря 2019 г.

Книга 2

Киров 2019

УДК 502.1(082)
Б632

ХVII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем» проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

Ответственный редактор:

Т. Я. Ашихмина, д-р техн. наук, профессор, зав. НИЛ биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Вятского государственного университета

Редакционная коллегия:

С. В. Дёгтева, д-р биол. наук, **С. Г. Литвинец**, доцент, канд. с.-х. наук, **Л. И. Домрачева**, профессор, д-р биол. наук, **Л. В. Кондакова**, профессор, д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, в. н. с., д-р биол. наук, **Т. А. Адамович**, доцент, канд. биол. наук, **Е. В. Дабах**, доцент, канд. биол. наук, **Е. А. Домнина**, доцент, канд. биол. наук, **Г. Я. Кантор**, с. н. с., канд. техн. наук, **Т. И. Кутявина**, с. н. с., канд. биол. наук, **С. Ю. Огородникова**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Пестов**, доцент, канд. биол. наук, **В. В. Рутман**, инженер, **С. Г. Скугорева**, доцент, канд. биол. наук, **Е. С. Соловьёва**, канд. биол. наук, **Н. В. Сырчина**, доцент, канд. хим. наук, **А. С. Тимонов**, н. с., **Е. В. Товстик**, канд. биол. наук, **А. И. Фокина**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Шабалкина**, доцент, канд. биол. наук.

Б632 Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы ХVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 5 декабря 2019 г.). – Киров: ВятГУ, 2019. – 396 с.

ISBN 978-5-98228-206-4 (Книга 2)

ISBN 978-5-98228-207-1

В книгу вошли материалы ХVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем», которые посвящены изучению экологического состояния природных сред и объектов на территориях с различной техногенной нагрузкой. Особое внимание уделено методам биологического мониторинга, биодиагностики в оценке качества окружающей среды урбосистем, подвергшихся антропогенному загрязнению, в том числе вблизи размещения промышленных предприятий, полигонов хранения и захоронения отходов. В качестве контрольных (фоновых) территорий экологического мониторинга представлены результаты по исследованию природных территорий.

Материалы конференции предназначены для научных работников, преподавателей, специалистов природоохранных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

УДК 502.1(082)

ISBN 978-5-98228-206-4 (Книга 2)

ISBN 978-5-98228-207-1

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (ВятГУ), 2019

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Сафонов А. И. Фитоиндикационная экспертиза в экологическом мониторинге Донбасса	10
Калинина А. В. Популяционный мониторинг техногенных экотопов некоторых породных отвалов г. Макеевки	13
Сергеева А. С., Алемасова А. С., Сафонов А. И. Диагностика антропогенно трансформированных экотопов Донбасса по содержанию тяжелых металлов в гаметофитах мохообразных	15
Ваганов Б. Т., Ибрагимова К. К. Палинологическая оценка атмосферного воздуха в г. Казани	19
Блинова А. Л., Кутявина Т. И., Домрачева Л. И. Комплексный подход в оценке состояния почв г. Кирова	24
Карпова Е. В., Бугров С. В., Овчинникова Т. А., Прохорова Н. В. Экотоксикологическая оценка почвенного покрова городов Самарской области методом биотестирования	27
Злобина Ю. А. Исследование влияния бора на каталазную активность почвы при выращивании ячменя	32
Свистова И. Д., Корецкая И. И., Истомина Е. И. Влияние городской нагрузки на напряженность процесса азотфиксации на примере почв г. Воронежа.....	34
Маркова А. В., Таляр А. С., Камнева А. А., Кручинина Н. В., Русских А. Э., Солодянкина И. С., Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я. Влияние соединений тяжелых металлов, фосфоритовой муки и сапропеля при раздельном и совместном присутствии на рост и развитие злаков.....	37
Таляр А. С., Маркова А. В., Камнева А. А., Кручинина Н. В., Русских А. Э., Солодянкина И. С., Скугорева С. Г., Ашихмина Т. Я. Влияние сапропеля и фосфоритной муки при раздельном и совместном их присутствии на свойства почвы, всхожесть семян и морфометрические параметры проростков ячменя	42
Заруева Е. С., Понаморева О. Н. Солюбилизация н-гексадекана в водной и минеральной средах в присутствии поверхностно-активных веществ	48
Евстигнеева И. К., Танковская И. Н., Евстигнеев М. П. Пространственный аспект экологического и таксономического разнообразия водорослей в обрастании береговых гидротехнических сооружений	51
Кутявина Т. И., Рутман В. В., Ашихмина Т. Я. Дистанционное зондирование водоемов Кировской области	55

Кондратьева Т. А., Степанова Н. Ю., Никоненкова Т. В., Гайсин А. Р., Латыпова Т. Р. Мониторинг экологического состояния Куйбышевского водохранилища и его притоков методом экологических модификаций.....	59
Абдухалилов О. М., Скугорова С. Г. Исследование содержания полициклических ароматических углеводородов в воде родников г. Кирова.....	64
Кравсун Т. И. Особенности розеточных форм фитоиндикаторов в промышленных экотопах Донбасса.....	68
Герлинг Н. В., Тарасов С. И. Оценка фитомассы пихты сибирской, произрастающей в разных климатогеографических районах Республики Коми с использованием универсальной модели.....	70
Тарасов С. И., Герлинг Н. В. Сравнение биопродуктивности пихты сибирской, произрастающей на территории Республики Коми.....	72
Греков О. А. Современные способы мониторинга качества среды обитания охотничьих животных при помощи современных аэрокосмических средств.....	78
Мусихина Т. А., Клиндухова А. Д., Сысолятина М. А., Пенелеева А. В. Анализ природных факторов формирования Нижне-Ивкинской природно-техногенной системы.....	82
Иванова Е. А., Ковязин В. Ф., Демидова П. М. Баланс земельных угодий парка «Екатерингоф» Санкт-Петербурга.....	84

СЕКЦИЯ 2
МЕТОДЫ БИОДИАГНОСТИКИ
В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Илюхина А. С., Харьковская А. С., Арляпов В. А. Медиаторный биосенсор на основе гексацианоферрата(III) калия и микроорганизмов <i>E. coli</i> для определения индекса биохимического потребления кислорода.....	88
Кондрашова М. А., Харьковская А. С., Арляпов В. А., Алферов В. А. Микробный биосенсор для определения интегральной токсичности технологического сырья производства кормов и комбикормов.....	91
Курбаналиева С. К., Харьковская А. С., Арляпов В. А. Разработка проводящей гибридной матрицы на основе БСА для создания БПК-биосенсора.....	94
Лялина К. Д., Кулаков В. Н., Фокина А. И. На пути к созданию методики определения кобальта в виде Co^{3+} методом инверсионной вольтамперометрии.....	99
Пронина Н. А. Биотестирование воздушного загрязнения бензолом при помощи кресс-салата (<i>Lepidium sativum</i>).....	101
Мамонтова Я. Д., Помогайбин А. В., Кавеленова Л. М. Выявление некоторых особенностей почвенной биоты с использованием экспресс-теста «Петритест».....	103

Жукова А. В., Скугорева С. Г., Кантор Г. Я. Использование высших грибов как сорбентов ионов кадмия	108
Михеев М. А., Ипатов В. И. Токсичность металлов в смешанной культуре водорослей	113
Сазыкин И. С., Хмелевцова Л. Е., Ажогина Т. Н., Сазыкина М. А. Оксидативный стресс – механизм адаптации бактерий к изменяющимся экологическим условиям.....	118
Котряхова Е. В., Адамович Т. А. Эфирное масло пихты сибирской как индикатор загрязнения воздушной среды.....	120
Трофимова П. В., Лагунова Н. Л. Изменение пигментного состава эпифитных лишайников в Тульской области как биоиндикационный признак	122
Утомбаева А. А., Петров А. М., Кузнецова Т. В., Князев И. В. Влияние остаточного содержания нефтяных загрязнений в аллювиальной луговой почве на рост высших растений	126
Каримуллин Л. К., Петров А. М., Вершинин А. А. Оценка функционального состояния микрофлоры рекультивированных аллювиальных луговых почв при разном остаточном содержании нефтепродуктов.....	128
Андрянова Ю. М., Сергеева И. В., Мохонько Ю. М., Дружкина Т. А., Гусакова Н. Н. Определение качества городских биоценозов на основе содержания фенольных соединений в листьях древесных культур.....	132
Рогожникова Е. В. Экологическая оценка малых рек нижнего течения р. Вятки по состоянию сообществ зообентоса	136
Раскоша О. В., Старобор Н. Н., Башлыкова Л. А., Мыльникова С. П., Сапрыгина Н. С. Оценка состояния мышевидных грызунов с радиоактивно загрязненных территорий по показателям репродуктивной системы	141
Румак В. С., Умнова Н. В. Биодиагностика и оценка состояния среды на территориях селитебных зон в окрестностях полигонов коммунальных и промышленных отходов	145
Шестаков И. К. Анализ рисунка меланизированного покрова клопа-солдатика в Тульской области и его использование в целях биоиндикации.....	149
Сапрыгина Н. С., Раскоша О. В. Морфофункциональная оценка состояния щитовидной железы мышей линии СВА после хронического воздействия уранилнитрата	152
Сурнина Т. А., Аринина А. В. Орнитоценоз как биоиндикатор среды на примере сообществ птиц различных по степени урбанизации ландшафтов Республики Карачаево-Черкессия	154
Медведева В. А. Оценка фитотоксичности свинца с помощью редиса и пшеницы	158
Габдуллина Р. И., Ипатов В. И. Комбинированный эффект алюминия и молибдена на культуру зеленой водоросли <i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Vreb.....	161

Лазарева А. М. Альгицидный эффект алюминия при изменении условий среды	166
Ахмадильшина М. А., Ибрагимова К. К. Клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i> L.) как индикатор состояния городской среды г. Казани	170
Симонова О. А. Влияние марганца на антиоксидантную активность ячменя разных сортов.....	173
Уханова А. А., Соловьева О. С., Лагунова Н. Л. Сравнительная оценка антиоксидантной активности талломов <i>Xantoria parietina</i> в Туле и Тульской области.....	176
Козвонин В. А., Кочурова Т. И., Козвонин Д. В. Выделение ДНК адвентивного растения вольфия (<i>Wolffia</i>) для дальнейшего геномного анализа	180
Веселова Е. В., Фокина А. И., Огородникова С. Ю. Тетразольно-топографический метод: спектрофотометрия или прямой счет под микроскопом?	184
Зайцева С. О., Алтаи С. Н. Ведение культур водорослей как тест-объекта в условиях студенческой учебной лаборатории	188
Макаренко З. П., Фалевская М. А., Точилина О. А., Сырцев Н. В. Разработка технологии получения биогаза из борщевика (<i>Heraclium sphondylium</i>) и навоза крупного рогатого скота	193

СЕКЦИЯ 3
ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ
В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Коваленко К. А., Валуйских О. Е. Структура ценопопуляции и изменчивость морфологических признаков <i>Parrya nudicaulis</i> (Brassicaceae) на Северном Урале (Республика Коми)	196
Чикурова А. Д., Валуйских О. Е. Распространение, эколого-фитоценотическая приуроченность и структура популяций редкого на Урале вида <i>Phlojodicarpus villosus</i> (Ariaceae).....	199
Харина В. А., Пересторонина О. Н. Оценка состояния ценопопуляции <i>Сурпипедиум calceolus</i> на северо-востоке Кировской области	203
Овчинникова Ю. А., Шабалкина С. В. Биометрические особенности побеговых систем <i>Iris sibirica</i> L. в связи с местообитанием.....	207
Ярославцев А. В., Пестрикова Е. С. Особенности плодоношения <i>Vaccinium myrtillus</i> L. в хвойных фитоценозах южной тайги	211
Лелекова Е. В., Сергеев И. В. О жизненной форме <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	214
Абдураимов А. С., Данияров С. А. Виды рода <i>Artemisia</i> L. во флоре Таркапчигайского ботанико-географического района	217
Дайнеко Н. М., Тимофеев С. Ф. Влияние изменяющихся климатических условий на луговые экосистемы поймы р. Сож	221

Бронникова И. В., Канина Л. Г. Итоги инвентаризации редких видов растений в коллекционном фонде Ботанического сада ВятГУ	225
Новаковская Т. В., Макарова Г. Ю. Коллекция арктических и арктоальпийских растений в ботаническом саду Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина.....	230
Семенова Н. А., Пыстина Т. Н. Находки редких и охраняемых видов лишайников в бассейне верхнего и среднего течения р. Вангыр (Приполярный Урал)	235
Ситникова Е. Ю., Домнина Е. А. Оценка состояния популяции <i>Pinus sylvestris</i> L. в ООПТ «Заречный парк»	239
Копосова К. Д., Савиных Н. П. О биоморфологии <i>Eremogone saxatilis</i> в сосняках Медведского бора.....	241
Душина Е. Э., Савиных Н. П. Особенности биоморфологии <i>Polygonatum odoratum</i> в лесах особо охраняемой природной территории «Медведский бор»	246
Пристова Т. А. Динамика фитомассы подлеска в среднетаежных лиственных фитоценозах послерубочного происхождения.....	251
Сенькина С. Н. Влияние техногенного загрязнения на показатели водного обмена <i>Pinus sylvestris</i> L. и <i>Picea obovata</i> Ledeb.	254
Зиновьев В. В., Пестов С. В., Огородникова С. Ю. Влияние галлообразователей на биохимический статус листьев вяза шершавого	257
Дымова О. В., Новаковская И. В., Патова Е. Н., Постельный Д. А., Петухов А. А. Влияние условий культивирования на содержание каротиноидов в клетках водоросли <i>Chloromonas reticulata</i> (Goroschankin) Gobi	260
Ушакова Е. С., Соловьёва Е. С. Влияние тяжелых металлов на ростовые показатели редиса и каталазную активность почвы	262
Казак Д. В., Гаевский Е. Е. Влияние «зеленых» удобрений (растительных вытяжек) на развитие и урожайность томатов в условиях лабораторного опыта	264
Цветкова А. Д., Помелова Е. Е. Оценка качества цветочного меда ...	267
Гогонин А. В., Щемелинина Т. Н. Сравнительная оценка экологобиотехнологических свойств микроводорослей <i>Chlorella vulgaris</i> f. <i>globosa</i> , выращенных на разных питательных средах.....	271
Жеребцова Е. Р., Хапкина А. В. Оценка состояния желудей дуба черешчатого <i>Quercus robur</i> L. на территории г. Тулы и Тульской области...	275
Плюснина С. Н. Ультраструктура эктомикориз пихты	278
Целоусов В. В., Архипова Н. С. Анализ экологического состояния зеленых насаждений г. Казани	281
Мусихина Т. А., Шмаков Р. А., Кузнецов Д. А., Козлов А. С., Клиндухова А. Д. Анализ земельных ресурсов и оценка разнообразия растительности и ее ценности для жилых зон в микрорайоне «Квартал 119».....	285

Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н., Лугинина Е. А., Егошина Т. Л., Гудовских Ю. В. Оценка состояния <i>Epiractis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. на шламоотвале ОАО «Кировский завод по обработке цветных металлов».....	288
Канев В. А., Гончарова Н. Н. Флора болота «Медла-Пэв-Нюр» как пример типичного среднетаежного болотного комплекса (подзона средней тайги Республики Коми)	292
Шешегова Т. К. Экология растений и микробных сообществ в условиях динамики климатических факторов	297
Щеклеина Л. М. Агрэкологические факторы развития гриба <i>Claviceps purpurea</i> (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области	302
Верзилин В. В., Гончаров А. В., Закабунина Е. Н., Верзилина Н. Д., Тимофеев А. Н. Экологическая роль агроценоза в формировании биогенности почвы и устойчивости агроэкосистем	307
Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Гальвас А. Г. О взаимодействии органов власти и бизнеса в развитии охраняемых территорий	310

СЕКЦИЯ 4
ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ
В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Букина Л. А., Игитова Д. М. Воздействие водной среды на мышечных личинок трихинелл <i>Trichinella pseudospiralis</i> при различных температурных режимах.....	315
Глазырин К. В. Исследование диких популяций медоносных пчел Кировской области	318
Гордиенко Т. А., Вавилов Д. Н., Лукьянова Ю. А. Влияние антропогенного фактора на трофическую структуру и население почвенной мезофауны различных фитоценозов.....	321
Зиновьева А. Н., Целищева Л. Г. Дополнение к фауне полужесткокрылых (Heteroptera) заповедника «Нургуш»	327
Колесникова А. А., Конакова Т. Н., Долгин М. М. Дождевые черви (Lumbricidae) в районе влияния выбросов ОАО «Монди СЛПК»	332
Кочурова Т. И., Кулакова О. И. Некоторые сведения о фауне водных беспозвоночных оз. Орловское (Кировская область)	335
Куватов А. К., Мирзаев У. Т. Экологические особенности акклиматизированной севанской форели (<i>Salmo ischchan</i>) в Чарвакском водохранилище Узбекистана.....	338
Мазеева А. В., Кулакова О. И., Татаринов А. Г. Ландшафтно-зональная структура фауны булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) Кировской области.....	340

Масленникова О. В. Обыкновенная полевка и ее роль в распространении антропозоонозов	344
Масленникова О. В. Роль псовых в циркуляции антропозоонозов на севере Нечерноземья	347
Намозов С. М. Размерно-возрастной состав и упитанность аральской плотвы (<i>Rutilus rutilus aralensis</i>) оз. Тузкан Айдар-Арнасайской системы озер	350
Новикова Л. В., Гайсин А. Р., Степанова Н. Ю. Содержание металлов в тканях и органах леща (<i>Abramis brama</i>) в р. Мёша	353
Панюкова Е. В., Грицай А. Б. Эпидемиологическая характеристика видового состава кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) европейского северо-востока России	356
Рябов В. М., Варницина П. В. Материалы о гибели птиц при контактах с воздушными линиями электропередачи на территории Ненецкого автономного округа	359
Селиванова Н. П. Пространственно-временная динамика населения птиц бассейна р. Кожым (Приполярный Урал)	362
Сидорова О. П., Масленникова О. В. Изучение ихтиофауны р. Енисей	366
Сиргалина Д. Р., Аринина А. В. Экология <i>Hirundo rustica</i> и <i>Delichon urbicum</i> при совместном и раздельном обитании	370
Турмухаметова Н. В., Ильина М. Б. Суточная и сезонная динамика численности сизого голубя в условиях Йошкар-Олы	373
Целищева Л. Г., Юферов Г. И. Материалы по фауне пластинчатоусых жуков (Coleoptera, Scarabaeidae) заповедника «Нургуш»	376
Чернявская М. В. Структура зообентоса рек Кумуштак и Ширалджин (Таласская область)	379
Черемисинов М. В., Емелев С. А., Юрачева Н. П., Клешина А. А., Веретенникова А. А. Изучение влияния инсектицидов на вредителей и растения ячменя сорта Изумруд	383
Рябова Е. В., Рябов В. М., Пестов С. В. К вопросу о расширении территории памятника природы регионального значения «Ульское болото»	387
Глазырин К. В. О необходимости принятия закона Кировской области «О бортевом пчеловодстве»	390

СЕКЦИЯ 1 БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

ФИТОИНДИКАЦИОННАЯ ЭКСПЕРТИЗА В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ДОНБАССА

А. И. Сафонов

*ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,
andrey_safonov@mail.ru*

В условиях интенсивной эксплуатации природных ресурсов и хозяйственного освоения территорий антропогенный фактор формирует зоны экологического неблагополучия [1], которые нуждаются в постоянной многосторонней оценке [2, 3] с одной общей задачей – сохраниться человечеству в полноценной репродукции следующих поколений.

При реализации программ мониторингового назначения [4] важно от описательных характеристик (в случае с первичными фитоиндикационными данными) перейти в квантификационную (измерительную и цифровую) систему, что требует унифицированного документооборота хотя бы регионального образца. Такие разработки в итоге могут выполнять функцию официального экспертного заключения специалиста о пригодности локальной экосистемы для возможной дальнейшей реализации в ней процессов жизнедеятельности, например, о степени трансформации почвенного покрова, уровнях и специфике загрязнения эдафотопов или приземного слоя атмосферы и пр. Сбор критериев для экспертных программ фитомониторинговых исследований осуществляется в лабораториях Донецкого национального университета [5], при этом объектами исследования рассматриваются вещественные доказательства загрязнения [6], совокупность структурно-функциональных признаков растительных организмов [7, 8], что является частью общей комплексной программы изучения природы Донбасса по критериям фитокомпонентов [9]. Попытки обобщить ранжированные экологические шкалы, полученные преимущественно эмпирическим путем, были сделаны в чек-листе индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанofлоры г. Донецка (1998–2018 гг.) [10].

Цель работы – из перечня информативных признаков, используемых в экологическом мониторинге Донбасса, выделить существенно востребованные для заполнения рабочих бланков экспертного заключения о состоянии экотопа по фитоиндикационной составляющей.

Бланк экспертного заключения предполагается разделить на блоки: 1) официально-организационного; 2) профессионально-исследовательского; 3) рекомендательного; 4) итогово-диагностического содержания.

Официально-организационный блок экспертного заключения содержит информацию об экотопе: административная локация, площадь, природно-географические характеристики на уровне фации, типизация фитоценоза на уровне ассоциации, при необходимости – привязка к местности.

Профессионально-исследовательский блок бланка заполняется исключительно специалистом, должен включать приоритетные критерии из числа информативных диагностических признаков. Записи в бланке производятся в соответствии с уровнем доверительного интервала для получаемой информации. Если проанализировать имеющийся банк [10] фитоиндикационных данных, используемых с целью экологического мониторинга, то на практике наиболее востребованными и доступными являются следующие показатели: степень дефектности пыльцевых зерен, показатели структурного угнетения листового аппарата (полевая фолио-диагностика и микроскопирование), тератологические проявления в генеративной сфере растений (преимущественно для строения цветка и семязачатка), разнообразие конформационных тканей карпологических элементов, проявление генеративной матрикальности, общая и частная габитуальная разнокачественности, скульптура поверхности абаксиальной стороны листа и экзины при анализе палинологического материала. Достоверные значения для трансформированных локалитетов дифференцируются по 10-балльной шкале для цветковых растений. Апробация количественной диагностики по качественным характеристикам состояния и численности мохообразных [5, 8] в донецком экономическом регионе находится в состоянии дополнительной разработки.

Рекомендательный блок – место для заполнения экспертом комментариев конструктивного преддиагностического характера, например, о целесообразности повторного проведения эксперимента, невозможности реализации программы в имеющихся условиях, потребности в дополнительных измерительных процессах или использовании другого инструментального метода. Наличие такого блока позволяет сориентироваться в возможности принципиального получения экспертного заключения. Если, по мнению специалиста, окончательный вывод из имеющихся данных о состоянии среды сделать не представляется возможным, то официальное экспертное заключение завершается на стадии третьего блока – о рекомендациях.

Итоговая запись в экспертном бланке осуществляется при условии наличия хотя бы трех критериев, информативность которых выше 80% достоверности. При этом желательно придерживаться 10-балльной унифицированной аддитивной шкалы от 1 до 10, в которой уровни выше 5 указывают на наличие экологического дисбаланса, а выше 8 баллов – экологического бедствия.

За последние пять лет представители экологических служб государственных учреждений неоднократно обращались к специалистам-экологам До-

нецкого национального университета за помощью в выдаче экспертного заключения. Возможно, такие рекомендации смогут оптимизировать процесс взаимодействия узкопрофильных лабораторий с государственными и общественными запросами в постоянно меняющемся экологически нестабильном регионе.

Работа выполнена в рамках тем: № 0117D000192 «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» и № 0118D000017 «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов».

Литература

1. Трифонова Т. А., Подолец А. А., Селиванов О. Г., Марцев А. А., Подолец А. А. Оценка загрязнения почв рекреационных территорий промышленного города соединениями тяжелых металлов и мышьяка // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 2. С. 94–101.
2. Parmar T. K., Rawtani D., Agrawal Y. K. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution // *Frontiers in Life Science*. 2016. Vol. 9. N 2. P. 110–118.
3. Душкова Д. О., Горецкая А. Г., Евсеев А. В. Применение биоиндикационных методов при проведении мониторинговых исследований окружающей среды // Проблемы региональной экологии. 2017. № 2. С. 10–15.
4. Поспелова А. О., Мардра Ю. А., Зеленская Т. Г., Гудиев О. Ю. Оценка экологического состояния окружающей среды городских территорий методами биоиндикации и биотестирования. Ставрополь: Ставропольский гос. агр. ун-т, 2017. 161 с.
5. Сафонов А. И. Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 35–43.
6. Алемасова А. С., Сафонов А. И., Сергеева А. С. Накопление тяжелых металлов мохообразными в различных экотопах Донбасса // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов: Материалы Междунар. науч. конф. (Киров, 16–18 апреля 2019 г.). Киров: ВятГУ, 2019. С. 60–65.
7. Сафонов А. И. Сорно-рудеральная фракция урбанофлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов: Материалы Междунар. науч. конф. (Киров, 16–18 апреля 2019 г.). Киров: ВятГУ, 2019. С. 13–16.
8. Сафонов А. И. Инвентаризация промышленных объектов Донбасса по фитоиндикационным критериям // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2019. № 1. С. 121–128.
9. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 8–14.
10. Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998–2018 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 67–72.

ПОПУЛЯЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОТОПОВ НЕКОТОРЫХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ г. МАКЕЕВКИ

А. В. Калинина

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,
kalinina.angela91@mail.ru

Породные отвалы угольных шахт являются специфическими новообразованиями, характерными для территории Донбасса. Уникальность каждого отдельного породного отвала, их гетерогенность, неравномерность проявления факторов и условий существования, неоднородность свойств эдафотопов в пределах даже одного отвала представляют научный интерес, требует дальнейших исследований [1–3]. Актуальность данного научного направления подтверждается в работах многих современных исследователей [4–8].

Мониторинг ценопопуляций – информативный вид научных исследований, с помощью которого можно диагностировать состояние экосистемы и прогнозировать ее будущее. Исследования ценопопуляций породных отвалов позволяют установить степень трансформации растительности отвалов, способность к самоподдержанию ценопопуляций, их приспособленность и устойчивость к экстремальным условиям существования. Все полученные данные могут быть использованы для поиска способов нейтрализации негативного влияния породных отвалов на состояние окружающей среды с использованием биологических систем.

Для реализации целей исследования выбрали ценопопуляции (ЦП) *Echium vulgare* L., вид с выявленным индикационным значением [9, 10], использовали общепринятые методики. Определены основные демографические характеристики (численность, плотность, возрастная структура, индексы: возрастности, эффективности, восстановления) и жизненность ценопопуляций. Исследована морфологическая изменчивость ценопопуляций *Echium vulgare* L. экотопов породных отвалов. Для оценки уровня изменчивости определяли количество побегов, высоту главного побега, высоту боковых побегов, число листьев на главном побеге.

Исследованы демографические характеристики ценопопуляций *Echium vulgare* L. типичных породных отвалов Советского района города Макеевки. Ценопопуляции, формирующиеся на различных участках отвалов: отвал № 1 «Калиновская-Восточная» – ЦП 1 (48°04'15.5" с.ш, 38°00'49.7" в.д.), ЦП 2 (48°04'20.8" с.ш, 38°00'49.6" в.д.); отвал № 2 шахты «Калиновская-Восточная» – ЦП 3 (48°04'23.2" с.ш, 38°00'57.8" в.д.), ЦП 4 (48°04'27.7" с.ш, 38°01'01.0" в.д.), ЦП 5 (48°04'28.0" с.ш, 38°00'57.7" в.д.); отвал № 3 шахты «Капитальная» – ЦП 6 (48°05'02.1" с.ш, 38°00'57.1" в.д.), ЦП 7 (48°05'09.8" с.ш, 38°00'58.3" в.д.), ЦП 8 (48°04'59.9" с.ш, 38°00'57.4" в.д.), ЦП 9 (48°05'08.4" с.ш, 38°00'58.4" в.д.).

Численность особей *Echium vulgare* L. ценотических популяций варьирует в пределах от 9 до 32 особей на одной учетной площадке. Средняя плот-

ность особей ценопопуляций варьирует от 6,00 до 21,33 особей на 1,5 м². Максимальные значения плотности особей *E. vulgare* выявлена в ЦП 2 (21,33 особей на 1,5 м²), средняя – в ЦП 3, ЦП 4 (соответственно: 14,00 и 11,33 особей на 1,5 м²), минимальная ЦП 8 (6,00 особей на 1,5 м²).

Показатели демографических параметров ценопопуляций *Echium vulgare* L. имеют следующие значения: эффективность (ω) изменяется в пределах 0,47 (ЦП 2) до 0,74 (ЦП 9) и возрастность (Δ) – от 0,19 (ЦП 2) до 0,55 (ЦП 9).

Изучая онтогенетические особенности ценопопуляций *Echium vulgare* L., установили, что большинство ценопопуляций являются нормальными неполночленными (ЦП 1, ЦП 4, ЦП 6, ЦП 7, ЦП 8, ЦП 9), в большинстве случаев с одним максимумом на генеративных особях, в одной ценопопуляции (ЦП 7) с двумя максимумами – на молодых и генеративных особях. По критерию «дельта-омега» изученные ценопопуляции относятся к следующим типам: ЦП 2, ЦП 4 – молодые; ЦП 1, ЦП 6 – переходные; ЦП 3, ЦП 5, ЦП 7, ЦП 8 – зреющие; ЦП 9 – стареющая.

Индекс восстановления (I_v) ценопопуляций *Echium vulgare* L. изменяется в пределах от 0,20 (ЦП 9) до 1,50 (ЦП 8). Установили, что к самовозобновлению способны ЦП 2 (1,21) и ЦП 8 (1,50), они являются устойчивыми, производится большое количество семян. ЦП 3, ЦП 4, ЦП 5, ЦП 6, ЦП 7 не являются устойчивыми, не обладают активной способностью к самоподдержанию. ЦП 6 (0,40), ЦП 9 (0,20) близки к критическому состоянию.

Изменчивость морфологических параметров характеризуется высокими показателями: количество побегов и листьев на главном побеге – CV = 45,25–76,65 %; высота главных и боковых побегов – CV = 13,64–33,88 %. Популяции отвала № 1 отличались наименьшими показателями изменчивости всех рассматриваемых морфологических параметров.

Индекс виталитета (IVC) ценопопуляций *E. vulgare* варьирует от 0,58 до 1,35, что позволяет утверждать о высокой размерной пластичности вида. Наилучшие условия для реализации ростовых потенций наблюдались в ЦП 1, ЦП 2, ЦП 3, ЦП 4.

Несмотря на экстремальные условия произрастания техногенных экотопов некоторых породных отвалов г. Макеевки ценопопуляции *Echium vulgare* L. обладают относительной устойчивостью и определенной стабильностью, а также являются информативным индикатором.

В результате изучения параметров ценопопуляций *Echium vulgare* L. можно утверждать об эффективности популяционных исследований. Исследуя ценопопуляции определили фитомелиоративный эффект вида, подтвердили перспективность использования *Echium vulgare* L. в фиторекультивации на типичных отвалах Донбасса.

Работа выполнена в рамках темы № 0118D000017 «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов».

Литература

1. Калинина А. В. Геостратегическая визуализация фитоценозов породных отвалов угольных шахт г. Макеевки в условиях самозарастания и рекультивации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 28–34.
2. Калинина А. В., Сафонов А. И. Фитоценопопуляционный анализ отвалов угольных шахт г. Макеевки // Вестник студенческого научного общества ДонНУ. 2017. Вып. 9. С. 35–41.
3. Калинина А. В. Фитоиндикационный мониторинг на отвалах угольных шахт г. Макеевки // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научнообразовательного и культурного развития Донбасса: Материалы Междунар. науч. конф. студ. и молодых ученых (Донецк, 17–20 октября 2017 г.). Донецк, 2017. Т. 2. С. 80–82.
4. Глухов А. З., Хархота А. И., Агурова И. В., Прохорова С. И. Фитоадаптивная типизация техногенных экотопов // Промышленная ботаника: Сб. научных трудов. Донецк: Донецкий ботанический сад, 2012. Вып. 12. С. 3–11.
5. Калинина А. В. Состояние некоторых фитоценозов породных отвалов шахт г. Макеевки // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы III Междунар. науч. конф. (Донецк, 25 октября 2018 г.). Т. 2: Химико-биологические науки. Донецк: ДонНУ, 2018. С. 180–182.
6. Торохова О. Н., Агурова И. В. Динамика заселения и влажность субстратов отвалов угольных шахт Донбасса // Промышленная ботаника: Сб. научных трудов. Донецк, 2009. Вып. 9. С. 97–100.
7. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 8–14.
8. Жуков С. П. Растительность отвалов угольных шахт Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 1–2. С. 13–17.
9. Сафонов А. И. Сорно-рудеральная фракция урбанофлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов: Материалы Междунар. науч. конф. (Киров, 16–18 апреля 2019 г.). Киров: ВятГУ, 2019. С. 13–16.
10. Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998–2018 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 67–72.

ДИАГНОСТИКА АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОТОПОВ ДОНБАССА ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГАМЕТОФИТАХ МОХООБРАЗНЫХ

А. С. Сергеева, А. С. Алемасова, А. И. Сафонов
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,
anastasia-sergeeva1995@mail.ru

В настоящее время на Донбассе проводятся бриологические исследования [1, 2], представляющие собой комплексный мониторинг: по выявлению флоры мохообразных, проведению биоиндикационных, экологических и химикоаналитических мероприятий для оценки загрязнения атмосферы промышленного региона.

Биомониторинг дает возможность более качественно отследить экологическую ситуацию на исследуемых территориях по уровню общего загряз-

нения. Элементы группы тяжелых металлов отнесены к группе загрязнителей, концентрация которых отслеживается международными экологическими службами. В качестве биоиндикаторов загрязнения воздушной среды было предложено использовать наземные мохообразные [3]. Мохообразные выступают аккумулятивными биоиндикаторами, гаметофит которых, эффективно концентрирует тяжелые металлы и другие микроэлементы, содержащиеся в воздухе и осадках. Отсутствие корневой системы, исключает вклад других источников в значения концентраций элементов, кроме атмосферных выпадений.

Биомониторинг – один из перспективных методов экологического мониторинга, основан на сравнительном анализе концентраций химических элементов в тканях гаметофитов.

Мировой опыт показал, что в качестве биоиндикаторов достаточно хорошо подходят мохообразные *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme* и другие *pleurocarpous*, которые являются эффективной ловушкой металлов в осадках и аэрозольных частицах [4]. Однако в Северном Приазовье указанные виды мохообразных не распространены по всей территории [5], поэтому в качестве объектов исследования были выбраны наиболее часто встречающиеся биообразцы: *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid (1), *Bryum argenteum* Hedw (2), *Bryum caespiticium* Hedw. (3), *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. (4), *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. (5) [6].

Донецко-Макеевская промышленная агломерация, города Енакиево, Горловка, Зугрес, Харцызск, Дебальцево и буферные зоны заповедных объектов ДНР, служили точками для пробоотбора исследуемых образцов мохообразных.

Методом атомно-абсорбционной спектроскопии было проведено определение содержания тяжелых металлов в бриобионтах (табл. 1). Методика заключалась в минерализации высушенных образцов гаметофитов мохообразных методом сухого озоления, дальнейшем извлечении соединений тяжелых металлов из золы образцов методом кислотной экстракции. Определение концентраций тяжелых металлов в растворах золы проводили пламенным и электротермическим атомно-абсорбционным методом.

Для пламенного атомно-абсорбционного определения использовали пламя ацетилен-воздух и оптимизацию всех аппаратурных параметров. Для устранения матричных влияний градуировку прибора проводили методом стандартных добавок с использованием стандартных образцов, состава растворов ионов металлов. Относительное стандартное отклонение при пламенной атомизации не превышало $S_r \leq 0,08$.

Электротермическое атомно-абсорбционное определение проводили с использованием атомизатора Графит. Отдельные измерения проводили на спектрофотометре Solaar с зеемановской коррекцией фона. Оптимизировали все условия измерения в соответствии с концепцией температурно-стабилизированной печи с платформой. Во всех опытах использовали графитовые трубки и платформы с пиролитическим покрытием и максимально до-

пустимую температуру пиролиза. Регистрировали интегральную интенсивность сигнала. Градуировку приборов проводили методом стандартных добавок.

В работе использовали реактивы квалификации х.ч. и выше. Для приготовления растворов использовали бидистиллированную воду.

Таблица 1

Средние значения содержания тяжелых металлов в бриобионтах и их медиальные значения

№	Бриобионт	Концентрация, мг/кг			
		Zn	Fe	Mn	Ni
1	<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid	88	6932	361	9,4
2	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	136	7083	202	6,8
3	<i>Bryum caespitium</i> Hedw.	45	3222	154	4,9
4	<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Bruch et al.	68	7478	164	12
5	<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	90	5862	744	10
	Медиальные значения	85	6115	325	8,6

Из данных таблицы 1 видно, что разные виды мохообразных проявляют различную избирательную способность в накоплении тяжелых металлов. *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. в большей степени накапливает железо (Fe), никель (Ni). *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. дал наибольшие показатели по марганцу (Mn). *Bryum argenteum* Hedw. имеет самый высокий показатель по цинку (Zn).

Таблица 2

Сравнение медиального содержания некоторых элементов тяжелых металлов в бриобионтах Донецкой агломерации с другими странами [7]

Страна	Концентрация, мг/кг		
	Zn	Fe	Ni
Австрия	24,0	320	1,0
Беларусь	34,1	416	0,23
Бельгия	44,2	365	1,41
Болгария	22,2	1101	2,61
Македония	19,9	1490	3,45
Польша	47,5	344	1,15
Румыния	42,3	1670	3,60
Словения	29,0	548	2,12
Хорватия	24,8	789	3,16
Эстония	30,9	180	0,82

По данным таблицы 2 видно, что содержание тяжелых металлов в мохообразных собранных на территории Донбасса во много раз превышают показатели других стран. Наиболее отличительны эти показатели по содержанию железа – 6115 мг/кг, который превышает показатель Румынии (1670 мг/кг) более чем в 3 раза. Содержание цинка (85 мг/кг) превосходит наибольший показатель среди данных из других стран (Польша 47,5 мг/кг) на

37,5 мг/кг. Медиальное содержание никеля – 8,6 мг/кг, на 5 мг/кг больше показателя из Румынии (3,6 мг/кг).

Среди рассмотренных видов мохообразных наибольшие накопительные и биоиндикационные результаты показали *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. и *Bryum argenteum* Hedw. Медиальные содержания рассмотренных элементов (Ni, Zn, Mn, Fe) в бриобионтах Северного Приазовья превышают показатели в других странах, в довольно большом диапазоне, что свидетельствует о более высоком уровне загрязнения атмосферных выпадений в данной местности по сравнению со странами Европы.

Ранее полученные результаты, дают возможность составить экологические ряды по аккумулярующей способности мохообразных к тяжелым металлам: для *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. Fe > Mn > Zn ≈ Pb > Cu > Ni > Cd, *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Ni > Cd, *Bryum argenteum* Hedw. Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Ni > Cd, *Bryum caespiticium* Hedw. Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Ni > Cd, *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. Fe > Mn > Pb > Zn > Cu > Ni > Cd.

Исследуемые образцы обладают хорошей индикаторной способностью по отношению к железу, марганцу, цинку и свинцу. Все бриобионты чувствительны к накоплению кадмия практически на одном уровне. Отмечена сопряженная аккумуляция тяжелых металлов всеми исследованными видами мохообразных в парах: железо – марганец, цинк – свинец, медь – никель.

Литература

1. Алемасова А. С., Сафонов А. И., Сергеева А. С. Накопление тяжелых металлов мохообразными в различных экотопах Донбасса // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов: Материалы Междунар. научн. конф. Киров: ВятГУ, 2019. С. 60–65.
2. Сергеева А. С., Алемасова А. С., Сафонов А. И. Накопление тяжелых металлов гаметофитами мохообразных в экотопах промышленного Донбасса // Донецкие чтения 2018: Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы III Междунар. науч. конф. Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк: Изд-во ДонНУ, 2018. С. 217–218.
3. Ruhling A. Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe - Estimation Based on Moss Analysis // Nordic Council of Ministers. Nord, 1994. P. 9.
4. Фронтасьева М. В. Тяжелые металлы, азот и стойкие органические загрязнители (СОЗ) в европейских мхах: одновременный сбор мхов в 2020 г: пособие по мониторингу. Международная кооперативная программа по воздействию воздушных загрязнений на естественную и сельскохозяйственную растительность. 2019. 32 с.
5. Сафонов А. И., Морозова Е. И. Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3–4. С. 24–31.
6. Сафонов А. И. Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 35-43.
7. Harmens H., Norris D., Mills G. Heavy metals and nitrogen in mosses: spatial patterns in 2010/2011 and long-term temporal trends in Europe // Centre for Ecology & Hydrology. Bangor, UK, NERC, 2013. P. 63.

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В г. КАЗАНИ

Б. Т. Ваганов, К. К. Ибрагимова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Институт фундаментальной медицины и биологии, grayradium@mail.ru*

Аэропалинологический мониторинг приобретает все большую актуальность в современном мире, что во многом связано с появлением факторов среды, которые способны негативно сказываться на здоровье населения путем распространения через воздушные массы. Появление большинства респираторных аллергических заболеваний связано с воздействием на человека биологических и химических составляющих атмосферного воздуха. Немалую роль в росте числа аллергических заболеваний играет загрязнение всех сред обитания человека (воздуха, воды и почвы), а так же нервное напряжение, вызываемое несоответствием физиологических возможностей организма с постоянно возрастающим ускорением производственного процесса и т. д. [1, 2]. Из всего спектра различных возбудителей аллергических заболеваний пыльца растений, а также некоторые виды спор грибов занимают значительное место, и по сей день сохраняют пьедестал первенства сильнейших аллергенов. Исходя из этого, одной из приоритетных задач аэропалинологического мониторинга является качественная и количественная сторона состава воздуха, а также возможность прогнозирования его изменения.

Аэропалинология – направление палинологии, изучающее состав и закономерности формирования пыльцевого дождя, образованного совокупностью находящихся в воздухе пыльцевых зерен и спор. Пыльцевые зерна, благодаря содержанию в них специфических аллергенных белков, способны вызывать аллергические реакции разной степени сложности [2]. Данные эпидемиологических исследований показывают, что от 5 до 30% людей в общей популяции страдают пыльцевой аллергией. Многочисленные эпидемиологические исследования, проведенные в России, выявили высокий уровень распространения аллергических заболеваний – от 13 до 35% [2].

В связи с этим крайне важно уметь предсказывать скачки концентраций в воздухе наиболее опасных аллергенных типов пыльцевых зерен, что в конечном итоге позволяет предупредить население, страдающих полинозами. На данный момент наиболее эффективным методом отслеживания таких изменений является составление календарей цветения, практика использования которых уже показала свою эффективность, как за рубежом, так и в России. Практическая польза такого метода очевидна. Во-первых, больной в период цветения может отслеживать наиболее опасные, в плане аллергенного потенциала, типы пыльцы, что позволяет правильно составить курс приема необходимых препаратов. Во-вторых, точные данные о сроках цветения растений необходимы для профилактических мероприятий по снижению концентрации пыльцы в воздухе, для своевременной диагностики и лечения заболевания.

Знание сроков цветения местных аллергенных растений, служащее хорошим ориентиром в повседневной практической деятельности аллерголога-клинициста, позволяет уменьшить аллергенную нагрузку у больных поллинозом.

Таким образом, главными задачами аэропалинологических исследований являются: выявление качественного и количественного состава пылевого дождя и особенностей его сезонной динамики; составление календарей пыления; изучение биологических особенностей цветения отдельных видов растений; изучение влияния абиотических и антропогенных факторов на особенности пыления, морфологию и аллергенные свойства пылевых зерен [3].

Система слежения, оповещения и оценки воздуха в западной Европе активно развивается с 60-х гг. XX в., в настоящее время насчитывается более 500 станций аэропалинологического мониторинга, в европейской части России работает 17 станций контроля за составом пыльцы [4]. В г. Казани данная программа начала реализовываться с 2014 г. Казань – город, в котором аллергология с середины 20 века начала активно развиваться как научное и практическое направление в медицине. Здесь работал основатель российской аллергологии Андрей Дмитриевич Адо, крупнейший учёный, создатель экспериментальной и клинической аллергологии в России и странах СНГ. В настоящее время пылевой мониторинг проводится на базе Казанского (Приволжского) Федерального университета Института Фундаментальной Медицины и Биологии совместно с Казанским НИИ эпидемиологии и микробиологии.

Целью данной работы было проведение аэропалинологической оценки качества воздуха в г. Казани для составления в дальнейшем календаря пыления основных аллергенно опасных видов растений.

Для проведения наблюдений по изучению качественного и количественного состава пыльцы в атмосферном воздухе использовался импактный пылеуловитель Lanzoni (Италия), который был установлен в северной части г. Казани. Пыльца и споры улавливались аппаратом Lanzoni в течение всего сезона пыления в период с середины марта до середины сентября, оседая на клейкую ленту, намотанную на активный барабан устройства. Лента предварительно покрыта тонким слоем силикона, тем самым обеспечивая лучшую агрегацию пыльцы на поверхности.

Далее на основе ленты с осажденными на ней пылевыми зёрнами изготавливается препарат с использованием красителя [5]. Готовый и предварительно высушенный препарат рассматривается 4-мя продольными трансектами в световой микроскоп при увеличении в 400 раз согласно общепринятым методикам. Определение пыльцы осуществлялось с использованием атласов. Палинологический анализ основан на различиях морфологической структуры пылевых зёрен и спор разных видов растений. Важными характеристиками для анализа являются размеры и форма пылевых зёрен и спор, типы апертур и их количество, виды скульптуры и текстуры.

Проблема аллергических заболеваний, вызванных пылью растений имеет ярко выраженный региональный характер. Распространенность аллергических реакций на пыльцу растений обусловлена разнообразием флоры, сроками цветения растений, степенью аллергенности их пыльцы, экологическими условиями региона. В связи с этим возникает необходимость разработки в каждом регионе научно обоснованного представления об аллергенных растениях и их пыльцевых комплексах. Зная сроки пыления отдельных видов растений, характерных для каждой климатогеографической зоны, можно, сопоставляя начало цветения тех или иных растений с началом заболевания, установить группу предполагаемых пыльцевых аллергенов, на которые большей реагирует.

На основании данных по концентрации пыльцевых зерен, принадлежащих к тому или иному роду/семейству растений за период пыления март-сентябрь 2019 г. был составлен календарь пыления (рис. 1) с графическим изображением их класса аллергенности согласно их концентрации. За весь сезон пыления растений в 2019 г. в атмосферном воздухе г.Казани было зарегистрировано 28 различных типов пыльцевых зерен, из которых достоверно были определены 23 типа. Из них 15 типов относятся к древесным растениям, 8 типов – к травянистым. Таким образом, сезон мониторинга в 2019г. выявил намного больший состав пыльцевого облака, чем в предыдущем году.

Первые пыльцевые зерна в атмосферном воздухе были обнаружены еще во второй декаде марта, а именно пыльца древесных растений рода *Betula*, *Corylus*, *Quercus robur*, *Tilia*, а также сорного растения рода *Ambrosia*. В виду того, что сезон цветения большинства перечисленных из растений начинается в начале апреля, вероятнее всего данные пыльцевые зерна осели на землю еще с 2018 г. и попали в атмосферу вместе с испарениями влаги с началом потепления.

В течение сезона пыления отмечались пыльцевые зерна насекомоопыляемых растений семейств *Rubiaceae* (Мареновые), *Apiaceae* (Зонтичные), *Fabaceae* (Бобовые), *Asteraceae* (Сложноцветные).

Особому контролю подвергалась пыльца растений, которая количественно преобладает в воздухе и имеет ярко выраженные аллергенные свойства. К ним относятся: *Betula*, *Alnus*, *Corylus*, *Acer*, *Populus*, *Salix*, *Quercus*, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Pinus*, *Picea*, *Ambrosia*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Plantago*, *Poaceae*, *Rumex*, *Urtica*.

За период наблюдения в составе пыльцевого спектра помимо самой пыльцы были обнаружены также споры грибов, среди которых достоверно определены споры 2 родов: *Alternaria* и *Cladosporium*, обладающих способностью вызывать аллергию.

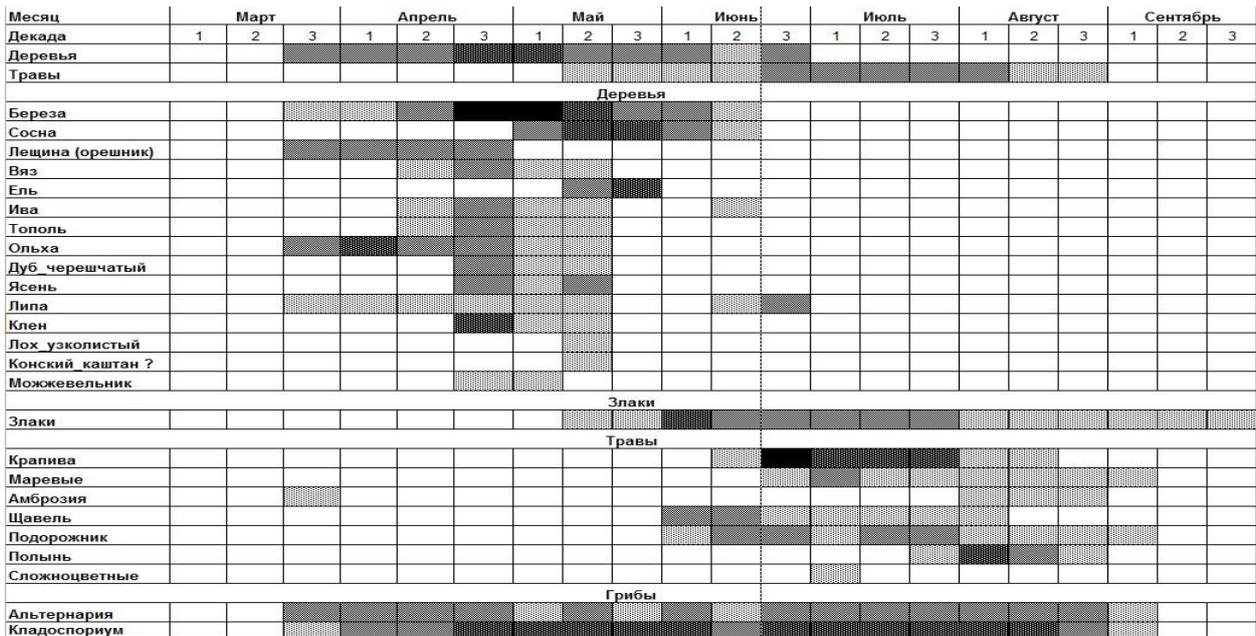


Рис. 1. Данные календаря пыления за 2019 г. Светлые участки – низкий аллергенный риск, темные – высокий аллергенный риск

Также были проанализированы данные календарей предыдущих лет мониторинга, а именно за 2017 г. и 2018 г. Исходя из сравнительного анализа, были замечены некоторые ключевые особенности. Из древесных растений доминантом по количеству пыльцевых зерен является род *Betula*. Именно в период пыления березы наблюдается наибольший риск аллергических реакций. По оценке количества пыльцы травянистых растений за периоды исследований можно сделать вывод о большой степени вариабельности, что объясняется действием абиотических факторов и субъективными причинами, связанными с точностью определения и подсчета. Менее подверженной динамике оказалась концентрация пыльцы злаковых растений.

Интересным фактом в работе по изучению видового состава пыльцевого дождя явилось обнаружение пыльцы растений рода *Ambrosia*, в связи с тем, что сами растения в черте города Казани не встречаются.

Стоит также отметить, что пики пыления значительно смещаются, что в первую очередь связано с погодными условиями. Высшие точки пыления древесных растений выпали в 2019 г. на 2 декаду мая, что особенно хорошо наблюдается у березы, а так же и у других древесных. Такие смещенные сроки, вероятнее всего, связаны более ранними сроками начала весны в 2019 г. В 2019 г. прогнозировался спад числа пыльцевых зерен рода *Betula* в виду цикличности пыления данного древесного растения, однако, мониторинг показал обратное. Были выявлены следующие особенности: период пыления был значительно более продолжительным, в сравнении с прошлым годом наблюдений; сравнительный статистический анализ выявил тенденцию к увеличению концентрации пыльцы рода *Betula* в сравнении с прошлыми наблюдениями (Рис. 2b).

Пыльца злаковых растений встречалась более продолжительное время и оставалась на среднем уровне аллергенного риска вплоть до середины августа. Так же было выявлено, что концентрация злаковых пыльцевых в 2019 г. достоверно выше, в сравнении с данными 2018 г. наблюдений (Рис. 2а).

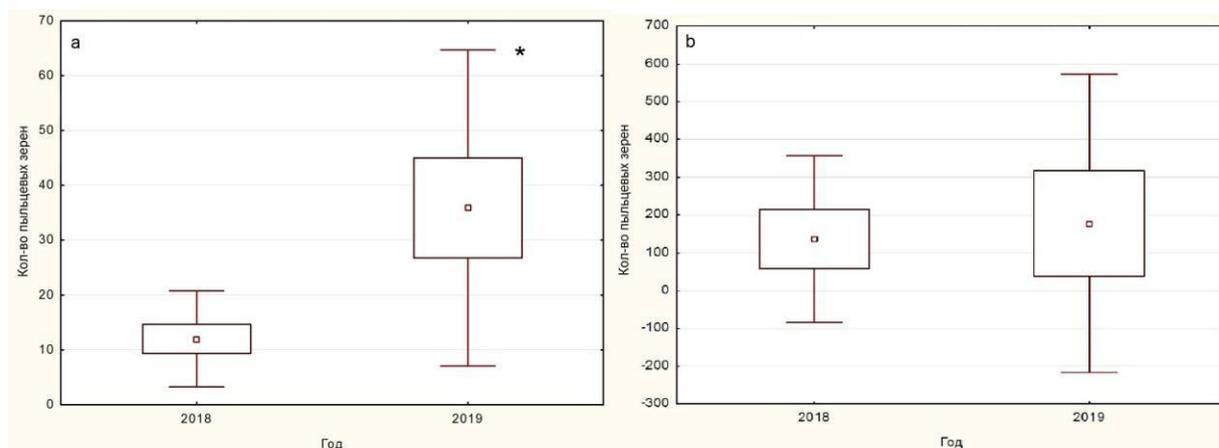


Рис. 2. Динамика изменения концентрации пыльцы растений рода *Betula* (рис. а) и семейства *Злаки* (рис. б) в зависимости от года (* – указывает на достоверность при $p < 0,05$)

Споры грибов рода *Alternaria* и *Cladosporium* присутствовали в атмосферном воздухе на момент 2019 г. в концентрации среднего аллергенного риска. Тем не менее, наблюдалась тенденция к снижению средних показателей концентраций споровых грибов в атмосферном воздухе (рис. 3).

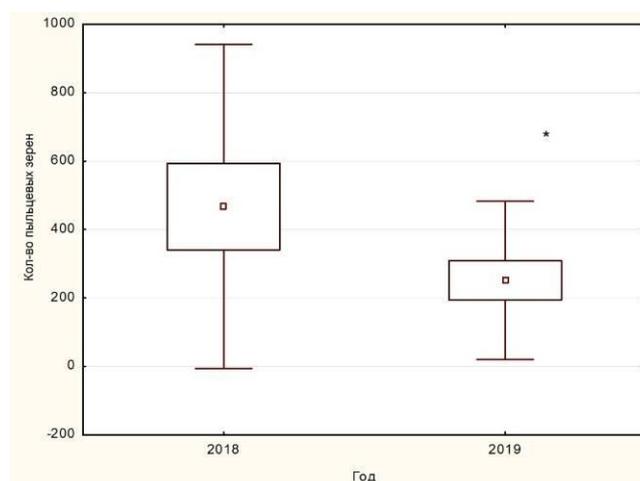


Рис. 3. Динамика изменения концентрации споровых грибов в зависимости от года (* – указывает на достоверность при $p < 0,05$)

Литература

1. Пыцкий В. И., Адрианова Н. В., Артомасова А. В. Аллергические заболевания. 3-е изд., перераб. и дополн. М.: Триада-Х, 1999. 470 с.
2. Адо В. А., Астафьева Н. Г. Поллинозы: Повышенная чувствительность к пыльце. М.: Знание, 1991. 224 с.

3. Северова Е. Э. Аэропалинология: современное состояние и перспективы развития // Палинология: Теория и практика: Материалы XI Всерос. палинологической конф. М., 2005. С. 234–235.

4. Курманов Р. Г., Ишбирдин А. Р. Палинология. Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. 92 с.

5. Соколов С. М., Науменко Т. Е., Гриценко Т. Д. и др. Методика аэробιοлогическιх исследований пыльцы растений и спор грибов для составления календарей опыления. Республика Беларусь, 2005. 27 с.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ г. КИРОВА

А. Л. Блинова^{1,2}, Т. И. Кутявина³, Л. И. Домрачева^{1,4}

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
anastasiyalyukina@mail.ru*

² *ФГБУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,*

³ *Вятский государственный университет,*

⁴ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, dli-alga@mail.ru*

В настоящее время увеличивается список загрязняющих веществ, которые при попадании в городскую почву оказывают негативное влияние на микробиоту [1]. К таким поллютантам, в первую очередь, относят тяжелые металлы и нефтепродукты [2], которые наиболее плотно фиксируются в верхнем слое почвы, таким образом снижая процентное содержание гумуса. В некоторых случаях степень токсичности почв превышает предельно допустимые концентрации по отдельным элементам [3]. К наиболее чутко реагирующим представителям биоты относят микроорганизмы: микромицеты и бактерии, азотфиксаторы и аммонификаторы. Но для более точной оценки степени загрязнения почв часто используют комбинацию методов биоиндикации и биотестирования.

Объектами исследования были урбаноземы г. Кирова. Отбор почвенных образцов производили 31 мая 2019 г. из верхнего горизонта с глубины 0–5 см, на территориях, подверженных различной антропогенной нагрузке: Александровский сад (парковая зона), перекресток улиц Воровского и Октябрьского проспекта (транспортная зона), ТЭЦ-4 (промышленная зона), дворовые территории микрорайона Солнечный берег (селитебная зона).

Для дальнейшего анализа образцы почвы высушивали, растирали в ступке и просеивали через сито для удаления частичек растений, мелких камней и не размолотых частиц почвы.

В отобранных образцах почвы были определены рН солевой вытяжки (потенциометрический метод), содержание органических веществ и нефтепродуктов (фотометрический метод).

Количественный учет микроорганизмов проводили, используя метод посева почвенной суспензии на плотные питательные среды: ГРМ-агар для аммонификаторов, среду Эшби для азотфиксаторов и среду Чапека для микро-

мицетов. Посев проводили в 3-кратной повторности. Экспозиция анализируемых проб составляла 7 суток при температуре +25–27 °С.

Токсичность почв определяли с помощью тест-объекта инфузорий *Paramecium caudatum* и бактериальной тест-системы «Эколюм» (*Escherichia coli*). Для оценки загрязненности почв применяли индекс токсичности Т, выраженный в условных единицах (у.е.).

Согласно результатам физико-химического анализа (табл. 1), исследуемые урбаноземы близки по значениям рН солевой вытяжки и по содержанию органического вещества, но сильно отличаются по содержанию нефтепродуктов, что объясняется расположением участков мониторинга.

Таблица 1

Содержание органического вещества, нефтепродуктов в почвах и их рН_{КС1}

Участок мониторинга	рН _{КС1} , ед. рН	Органическое вещество, %	Нефтепродукты, мг/кг
1	6,6±0,1	9,9±1,0	192±80
2	6,7±0,1	7,9±0,8	1000±200
3	6,9±0,1	9,0±0,9	7600±1500
4	6,7±0,1	7,5±0,7	1120±220

Примечание: 1 – Александровский сад; 2 – перекресток улицы Воровского и Октябрьского проспекта (напротив ЦУМа); 3 – ТЭЦ-4; 4 – дворовые территории микрорайона Солнечный берег.

Анализ результатов микробиологического посева показывает, что численность всех исследуемых групп микроорганизмов колеблется в достаточно широких пределах (табл. 2). Так, максимальное число аммонификаторов обнаружено в урбаноземах в зоне действия ТЭЦ-4, что свидетельствует об активном протекании гнилостных процессов. Минимальный показатель для этой группы бактерий характерен для Александровского сада. В группе азотфиксирующих бактерий максимальная численность отмечена также в почве вблизи ТЭЦ-4 и на дворовых территориях. Отмечается также слабое развитие микромицетов на трех из четырех исследуемых участков. Таким образом, связей между физико-химическими показателями и развитием различных групп микроорганизмов не выявлено.

Таблица 2

Численность различных групп микроорганизмов в городских почвах (КОЕ/г·10³)

Участок мониторинга	Аммонификаторы	Азотфиксаторы	Грибы
1	62±4	42±4	68±0,0
2	161±79	62±7	31±0,7
3	720±170	152±2,8	33±6
4	438±16	135±9	126±17

Примечание: 1 – Александровский сад; 2 – перекресток улиц Воровского и Октябрьского проспекта (напротив ЦУМа); 3 – ТЭЦ-4; 4 – дворовые территории микрорайона Солнечный берег.

Так как данных по численности микроорганизмов оказалось недостаточно для оценки состояния урбаноземов, мы провели исследования степени токсичности почв, используя метод биотестирования с простейшими *Paramecium caudatum* и бактериями *Escherihia coli* (табл. 3). Величина индекса токсичности по реакции *P. caudatum* колеблется от 0,0471 до 0,1284 у.е. Эти величины находятся в пределах допустимой степени токсичности ($0,00 \leq T \leq 0,40$), однако, в урбаноземах, отобранных в районе ТЭЦ-4 индекс токсичности в 1,5–3 раза выше в сравнении с другими образцами.

Индекс токсичности, определенный с помощью тест-системы «Эколюм», показал, что все исследуемые урбаноземы также обладают допустимой степенью токсичности ($T < 20$).

Таблица 3

Степень токсичности почвенных образцов, определенная методом биотестирования

Участок мониторинга	Индекс токсичности (Т, у.е.), определенный по реакции тест-объекта	
	<i>Paramecium caudatum</i>	«Эколюм»
1	0,07	-129,91±22,52
2	0,09	-91,73±20,71
3	0,13	-22,02±8,32
4	0,05	-163,71±58,67

Примечание: 1 – Александровский сад; 2 – перекресток улицы Воровского и Октябрьского проспекта (напротив ЦУМа); 3 – ТЭЦ-4; 4 – дворовые территории микрорайона Солнечный берег.

Сочетание методов микробиологического, химического анализов и биотестирования для оценки состояния городских почв, отобранных в различных зонах г. Кирова, показало существующие различия в численности различных групп микроорганизмов. Полученные результаты не согласуются с данными химического анализа, поэтому мало информативны для оценки состояния почв. Оптимальные результаты степени токсичности почв получены методами биотестирования с использованием *P. caudatum* и *E. coli*, которые показали, что все исследуемые образцы почв нетоксичны.

Литература

1. Скугорева С. Г., Кутявина Т. И., Огородникова С. Ю., Кондакова Л. В., Симакова В. С., Блинова А. Л., Зыкова Ю. Н., Домрачева Л. И., Ашихмина Т. Я. Комплексный подход в оценке экологического состояния городских почв // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 57–64.
2. Олькова А. С., Березин Г. И., Ашихмина Т. Я. Оценка состояния почв городских территорий химическими и эколого-токсикологическими методами // Приволжский экологический журнал. 2016. № 3. С. 411–423.
3. Логвина О. А., Парфенова Е. А., Полянскова Е. А. Оценка состояния антропогенных почв по интегральному показателю химического загрязнения // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. 2016. № 2. ПГТУ. С. 192–196.

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДОВ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Е. В. Карпова, С. В. Бугров, Т. А. Овчинникова, Н. В. Прохорова
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, natali.prokhorova.55@mail.ru

Почвенный покров промышленных городов испытывает мощный техногенный пресс, приводящий к его существенному изменению и превращению в урбаноземы с особыми свойствами, заметно отличающимися от природных почв. Эти процессы накладывают негативный отпечаток на способность городских почв выполнять основные экологические функции, но все же они не утрачивают депонирующих свойств, надолго удерживают техногенные поллютанты, трансформируя их в менее доступные биоте или менее токсичные для нее соединения [1]. Экологический мониторинг городских почв на основе геохимических и экотоксикологических методов является востребованным и высокоинформативным. Особую роль в этом мониторинге приобретают методы биотестирования [2, 3].

Высокая чувствительность и интегральность методов биотестирования, определяющих интерес к ним специалистов в области экологического мониторинга, сочетаются с нерешенностью ряда вопросов, связанных с их стандартизацией и унификацией, что затрудняет сравнимость данных, полученных разными исследователями. На современном этапе развития этих методов актуально выяснение механизмов избирательной чувствительности биотестов, проявления разного типа тест-реакций по отношению к тем или иным загрязнителям. В частности, использование в качестве биотеста высших растений требует глубоких знаний физиологии их устойчивости на стадии прорастания, механизмов формирования ответной реакции на различные воздействия на организменном и клеточном уровне. В экспериментах показано, что на стадии проростков растения-биотесты обладают максимальной чувствительностью к изменению условий внешней среды, но механизмы устойчивости проростков к ксенобиотикам мало изучены [2, 4].

Настоящая работа посвящена изучению морфо-физиологического разнообразия тест-реакций проростков кресс-салата и пшеницы в ходе биотестирования почвенного покрова городов Самары и Сызрани, расположенных в Самарской области. Отбор проб производился в июле-августе 2018 г. с глубины 0–10 см из разных функциональных зон: жилой, промышленной, парковой, придорожной (зоны влияния автомобильной и железной дорог). Всего было отобрано 8 почвенных проб в г. Самаре и 20 – в г. Сызрани. Биотестирование почв осуществляли методом А. М. Гродзинского [5]. В качестве биотестов использовали семена кресс-салата *Lepidium sativum* L. и пшеницы мягкой *Triticum aestivum* L.

Биотестирование проводилось следующим образом. В чашки Петри на поверхность увлажненной до полной влагоемкости почвы раскладывали набухшие семена кресс-салата (по 30 штук) и пшеницы (по 25 штук) в двукратной повторности. Контролем служили проростки кресс-салата и пшеницы, выращенные на бумажных фильтрах, увлажненных дистиллированной водой. Через сутки оценивали длину корешка проростков кресс-салата, параллельно выделяли морфологически отличимые типы его проростков в разных вариантах опыта, отмечая целый ряд признаков: длину и толщину корешка, степень развития надземной части, особенности развития корневых волосков в зоне всасывания. Семена пшеницы инкубировали в течение 2 суток, после чего замеряли длину их корней.

Экотоксикологическое фитотестирование изучаемых почвенных образцов обнаружило два типа ответных реакций биотестов, проявляющихся в стимуляции или подавлении роста их проростков. Аппликация семян на большинстве исследуемых почвенных образцов выявила четко выраженный эффект стимуляции роста, проявившегося в удлинении корней проростков кресс-салата (рис. 1) и пшеницы (рис. 2) относительно контроля.

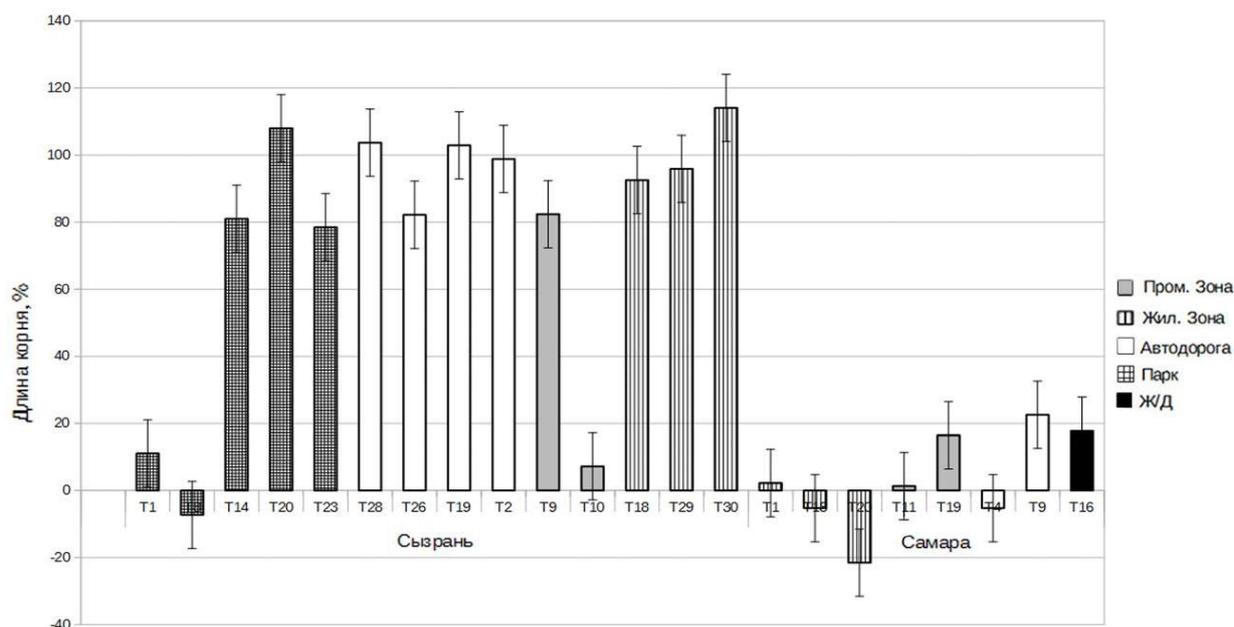


Рис. 1. Стимуляция и подавление роста корней проростков кресс-салата при биотестировании почв г. Самары и г. Сызрани, % от контроля

Эффект стимуляции проростков кресс-салата был четко выражен на всех 20 почвенных пробах из 28 изученных и составил от 2 до 114% (рис. 1). На прорастание семян пшеницы исследуемые почвенные образцы также оказывали стимулирующее действие, но уровень стимуляции был существенно ниже по сравнению с кресс-салатом и варьировал от 12 до 30% (рис. 2). Эффект подавления биотестов был слабо выражен. Он отмечался только для 4 почвенных проб, тестируемых кресс-салатом, и для 1 почвенного образца, тестируемого пшеницей. В количественном выражении этот эффект в основном не превышал 20% (рис. 1, 2).

Сравнительную оценку проводили на основе сопоставления величин эффекта стимуляции роста корней растений-биотестов. Проростки кресс-салата оказались более чувствительным биотестом, коэффициент вариации длины корней для него колебался на разных образцах почв от 14,24 до 23,04%. Для пшеницы аналогичные показатели были более низкими и варьировали в пределах от 6,84 до 9,21% (табл.), что согласуется с литературными данными [6].

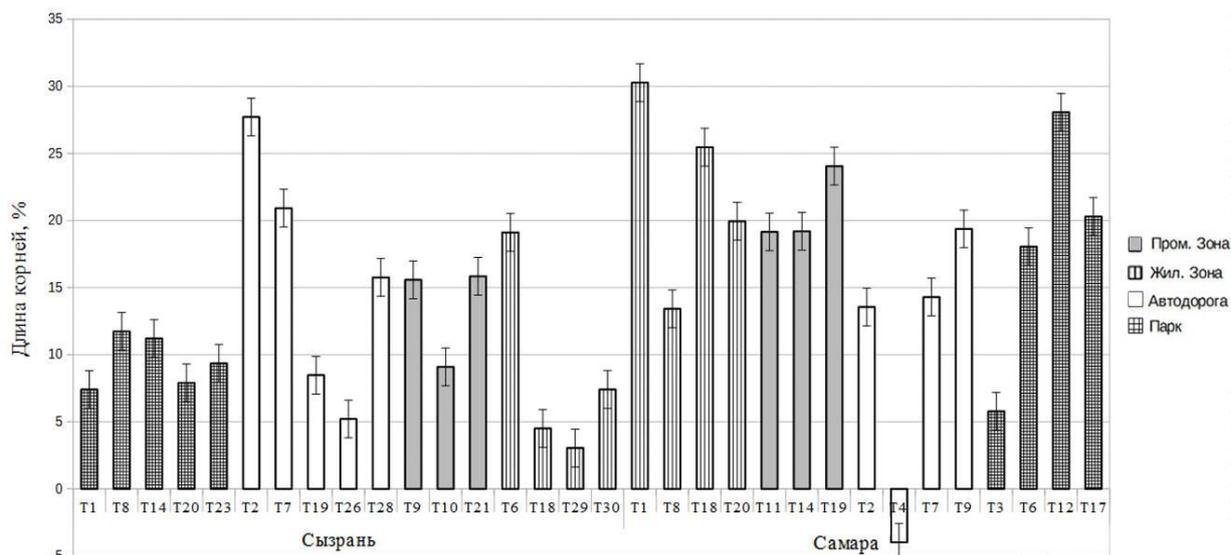


Рис. 2. Стимуляция и подавление роста корней проростков пшеницы при биотестировании почв г. Самары и г. Сызрани, % от контроля

Таблица

Усредненные показатели варьирования длины корней растений-биотестов

Город	Самара				Сызрань			
	кресс-салат		пшеница		кресс-салат		пшеница	
Показатель	min	max	min	max	min	max	min	max
Стимуляция, %	102,0	122,5	19,5	30,3	107,0	214,0	3,0	27,7
Подавление, %	5,25	21,5	3,97		7,28			
Коэффициент вариации, %	14,24		9,21		23,04		6,84	

Сравнение данных тестирования позволило надежно подтвердить, что обнаруженное нами доминирование эффекта стимуляции, вероятно, является проявлением особого состояния химической среды городских почв Самарской области. Следует отметить, что эффект стимуляции при экотоксикологическом мониторинге почвенного покрова городов с использованием в качестве биотестов высших растений отмечался достаточно редко [6]. Фитотестирование почвенного покрова городских территорий Самарской области в период с 1994 по 2000 гг. обнаруживало стойкий ингибирующий эффект. Для окультуренных почв с относительно высокой биологической активностью показатель фитотоксичности колебался от 9% до 22%, а на исследованных урбаноземах – от 10% до 43%. Эффект стимуляции был обнаружен нами только

однажды при биотестировании образцов, отобранных на некотором удалении от шламовых полигонов [7].

Эффект неспецифической стимуляции развития живых объектов малыми дозами различных воздействий физической и химической природы был отмечен, как общебиологическое явление еще в 40-е годы XX века Н. В. Тимофеевым-Ресовским. В лабораторных экспериментах при исследовании взаимосвязи дозы-эффекта разного рода ксенобиотиков эффект стимуляции биотестов устойчиво обнаруживался при использовании их низких доз [8].

Анализ морфологических показателей проростков кресс-салата в вариантах со стимуляцией роста их корней позволил выделить следующие типы изменений. Суточные проростки контрольного варианта имели более тургорный, короткий, толстый (1,4–1,5 мм), сильно опушенный корневыми волосками корень. В вариантах с почвенными образцами из г. Самары отмечалось небольшое (не более 20%) удлинение корня и разреженность корневых волосков. Для вариантов с почвенными образцами из г. Сызрани было характерно резкое увеличение длины корня (в 1,5–2 раза), его истончение (до 0,5 мм), слабое и редкое покрытие корневыми волосками зоны всасывания. Наиболее выраженной патологией развития корешков было удлинение зоны растяжения и полная потеря тургора.

Сходные эффекты были получены Н. Ю. Матвеевой при исследовании зависимости дозы-эффекта под влиянием фосфорорганических ксенобиотиков на проростки пшеницы и кукурузы. Низкие концентрации токсиканта вызывали аномалии в развитии корней проростков. В частности, увеличивалась их длина за счет активного роста в зоне растяжения, уменьшалось количество придаточных корней и корневых волосков [9].

Существуют рекомендации считать токсичными почвы, водные экстракты которых вызывают подавление роста биотеста более, чем на 20%, а стимулирующий эффект считать значимым при достижении 30% [10].

Контактное биотестирование почв в наших экспериментах в случае эффекта подавления также ограничивает пределы их нетоксичности величиной в 20%. Для определения токсичности почв в наших мониторинговых исследованиях можно условно использовать патологическое развитие проростков, сопровождающееся избыточным увеличением зоны растяжения корня и изменениями в зоне корневых волосков.

Биотестирование почв г. Самары и Сызрани с использованием семян кресс-салата оказалось более информативным. Оно позволило заключить, что почвенный покров города Сызрани диагностируется как весьма токсичный, поскольку эффект фитостимуляции был высоким для 19 почвенных проб из 20 изученных и в среднем составлял 75%. При этом достоверных различий по уровню стимуляции роста проростков почвенными образцами из разных функциональных зон города не было выявлено (рис. 1). Почвенные образцы г. Самары обнаружили низкую токсичность и по эффекту фитотоксичности, и по эффекту фитостимуляции. Стимуляция развития проростков кресс-салата была обнаружена только для половины исследованных образцов и не превы-

шала 21%. Для остальных образцов почвы из г. Самары был выявлен также слабый эффект подавления роста корней проростков, не превышающий 20% и не выходящий за пределы критериев экологически благополучных почв.

Таким образом, экотоксикологическое состояние почвенного покрова г. Сызрани диагностируется нами как высокотоксичное, что, предположительно, вызвано воздействием комплекса ксенобиотиков, которые аккумулировались в почве при прямом поступлении из потоков загрязнения, а также путем их последующей химической трансформации. Очевидно, обнаруженный нами уровень токсичности городских почв может негативным образом воздействовать на ранние и последующие стадии развития проростков высших растений. На степень проявления нарушений их развития будет влиять видовая специфика устойчивости проростков к комплексу действующих ксенобиотиков.

Литература

1. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д: Изд-во Южного федерального университета, 2013. 380 с.
2. Кабиров Р. Р., Сагитова А. Р., Суханова Н. В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. 1997. № 6. С. 408–411.
3. Трояновская Е. С., Абросимова О. В., Тихомирова Е. И. Оценка состояния почв городских территорий методом комплексного биотестирования // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 2. С. 32–36.
4. Валерко Р. А. Особливості біотестування антропогенно забруднених ґрунтів з метою їх екологічної оцінки // Вісник ХНАУ. 2013. № 2. С. 262–266.
5. Овчинникова Т. А., Панкратов Т. А. Методы экологии почвенных микроорганизмов. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2009. 62 с.
6. Терехова В. А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190–198.
7. Овчинникова Т. А. Фитотоксичность как биомониторинговый показатель состояния почв Самарской области // Тезисы доклада XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам. Сыктывкар, 2001. С. 151–152.
8. Булатов В. В., Хохоев Т. Х., Дикий В. В., Заонегин С. В., Бабин В. Н. Проблемы малых и сверхмалых доз в токсикологии // Российский химический журнал. 2002. Т. XLVI. № 6. С. 58–62.
9. Матвеева Н. Ю. Эколого-физиологические аспекты воздействия фосфорорганических ксенобиотиков на яровую пшеницу и кукурузу: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2006. 24 с.
10. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04. Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. М., 2014. 38 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БОРА НА КАТАЛАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯЧМЕНЯ

Ю. А. Злобина

Вятский государственный университет, ylechkaaaa@mail.ru

Известно, что микроэлементы содержатся в растениях в незначительных количествах. Однако, как недостаток, так и избыток многих из них, может вызывать неблагоприятные последствия для роста растений и их продуктивности. В связи с этим проблема снабжения растений микроэлементами имеет большое общебиологическое значение.

Необходимость бора для растений общеизвестна. Она заключается в том, что бор участвует в большом количестве обменных процессов, в том числе в синтезе углеводов и их превращении, а также передвижении питательных веществ по растению. Наряду с этим бор относится к нереутилизируемым элементам, и его большая часть накапливается в апопласте [1]. По сравнению с другими микроэлементами, бор присутствует в растениях класса двудольные в большей концентрации [2].

К настоящему времени установлено, что многие растения, даже наиболее устойчивые к фитотоксическому действию повышенных концентраций бора в почве, проявляют отдельные признаки борной интоксикации [3]. При этом, как влияет избыток бора в почве на её биологическую активность, не отмечается.

Биологическая активность почв является важным параметром, характеризующим размеры и направленность процессов превращения веществ и энергии в экосистемах суши, интенсивность переработки органических веществ и разрушения минералов [4–6]. Одним из важных показателей биологической активности почвы является её ферментативная активность. Она определяет интенсивность и направленность биохимических процессов, от которых зависит плодородие почвы. На активность ферментов в почве влияют различные факторы, в том числе факторы антропогенной нагрузки. Таким образом, изменение активности ферментов может являться сигналом о начале неблагоприятных процессов в почве, связанных, в том числе, с её загрязнением.

Цель работы – исследование влияния бора в дозах 8, 80, 800, 8000 мг/кг на каталазную активность почвы при выращивании однодольных растений (на примере ячменя сорта «Белгородский-100»).

Опыты проводили с использованием универсального грунта на основе торфа. Содержание необходимых микроэлементов, в том числе питательных веществ: азот 170, фосфор 160, калий 270 мг/кг. Кислотность солевой вытяжки из грунта составила 5,5. Варианты опыта включали почву до и после выращивания растений.

Определение каталазной активности почвы проводили газометрическим методом. Он основан на измерении скорости разложения пероксида водорода при его взаимодействии с почвой, по объёму выделившегося кислорода [7].

Степень обеспеченности почвы каталазой оценивали по шкале Звягинцева: очень бедная – менее 1, бедная – от 1 до 3, средняя – от 3 до 10, богатая – от 10 до 30, очень богатая – более 30 см³ O₂ за 1 мин.

В результате исследования влияния различных концентраций бора на каталазную активность почвы до выращивания растений, было установлено, что дозы бора 8, 80, 800 и 8000 мг/кг ингибируют активность каталазы от 18,2 до 36,4% (рис.).

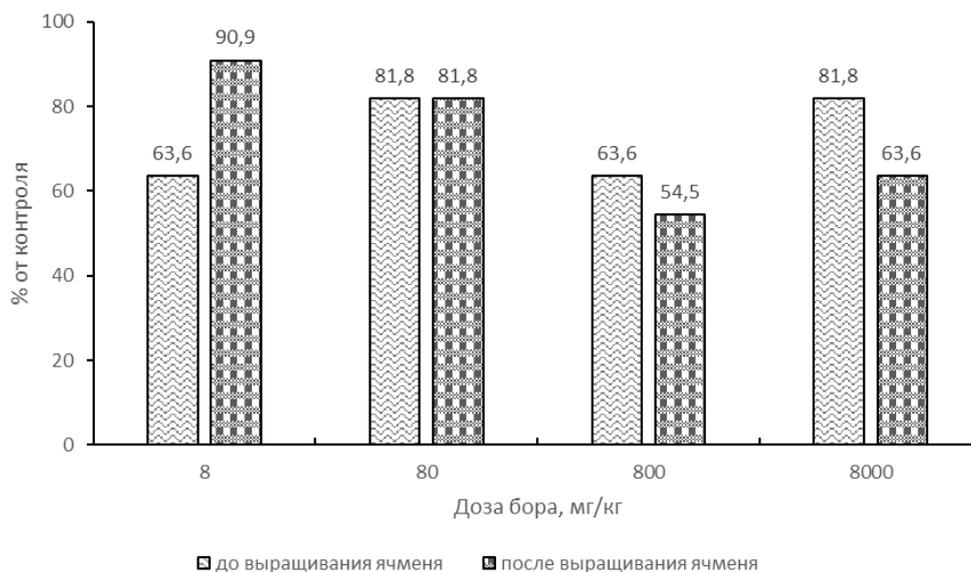


Рис. Влияние бора на каталазную активность почвы

По обеспеченности каталазой все исследуемые почвы до выращивания растений относились к категории очень бедных (0,7–0,9 см³ O₂ за 1 мин), за исключением контроля, который был отнесен к бедным (1,1 см³ O₂ за 1 мин). При этом, если до выращивания растений каталазная активность почвы при внесении бора варьировала от 63,6 до 81,8% относительно контроля, то после выращивания растений – от 54,5 до 90,9%.

Оценка каталазной активности после выращивания растений позволила установить, что в варианте опыта с дозой бора 8 мг/кг, почва по обеспеченности каталазой относится к категории бедных (1,0 см³ O₂ на 1 г почвы за 1 мин), а в вариантах с дозой бора 80, 800, 8000 мг/кг – очень бедных (0,6–0,9 см³ O₂ на 1 г почвы за 1 мин). В контрольном варианте уровень каталазной активности почвы не изменился.

Сравнительная характеристика каталазной активности почвы в зависимости от дозы бора позволила установить, что выращивание растений в варианте с минимальной дозой бора 8 мг/кг снижает ингибирующее действие бора на активность каталазы почвы, тогда как в вариантах опыта с дозами бора 80, 800 и 8000 мг/кг данного эффекта не прослеживается (табл.).

Наибольшее увеличение каталазной активности (142% от контроля) после выращивания растений фиксировали в варианте опыта с минимальной дозой бора (8 мг/кг). В случае более высоких исследуемых в опыте доз бора в почве (800 и 8000 мг/кг) отмечали её снижение на 14,3 и 22,3% соответственно.

Изменение каталазной активности почвы при выращивании растений

Концентрация бора, мг/кг	Каталазная активность, % от контроля
0	100
8	142
80	100
800	86
8000	78

Таким образом, повышение дозы бора в почве вызывает снижение её каталазной активности. Даже наименьшие исследуемые в опыте концентрации бора (8 мг/кг) снижают обеспеченность почвы каталазой, переводя её из категории средних в категорию бедных почв. Однако выращивание однолетних растений позволяет снизить ингибирующее действие бора на каталазную активность почвы в случае низких его доз (8 мг/кг).

Литература

1. Алёхина Н. Д., Балнокин Ю. В., Гавриленко В. Ф. Физиология растений М.: Издательский центр «Академия», 2005. 640 с.
2. Смирнова Т. Б. Влияние бора и цинка на урожайность и качество семян капусты белокачанной на лугово-черноземной почве Омского прииртышья: Дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 2003. 165 с.
3. Blevins D. G., Lukaszewski K. M. Functions of Boron in Plant Nutrition (англ.) // Plant Physiology. American Society of Plant Biologists. 1998. Vol. 49. P. 481–500.
4. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М.: МГУ, 2005. 445 с.
5. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. 216 с.
6. Коваленко М. В. Биологические показатели и плодородие почвы // Актуальные вопросы агрономической науки в XXI веке. Самара, 2004. С. 424–430.
7. Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсеева Т. И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: Уч. пособие для вузов / Под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. М.: Академия, 2007. 288 с.

ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКОЙ НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЕННОСТЬ ПРОЦЕССА АЗОТФИКСАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ г. ВОРОНЕЖА

И. Д. Свистова, И. И. Корецкая, Е. И. Истомина
Воронежский государственный педагогический университет,
i.svistova@mail.ru

Для оценки антропогенного воздействия на экосистемы широко применяется микробиоиндикация почвы. Большинство биоиндикационных работ выполнено для агроэкосистем, зон влияния крупных промышленных предприятий или карьеров, есть данные по придорожным экосистемам федеральных автотрасс [1–4]. Нарушения микробного сообщества приводят к тому,

что почва перестает выполнять свои экологические функции, в ней нарушаются круговороты биогенных элементов.

Урбоэкосистемы – особые природно-техногенные экосистемы с наиболее выраженным антропогенным воздействием. Для городских почв предложена особая классификация: физически и химически преобразованные почвы, урбаноземы и др. [5]. В последние годы появляются работы, посвященные биоиндикации почвы крупных городов. Показано, что под влиянием городской нагрузки меняется трофический и видовой состав микробного сообщества, накапливаются токсигенные и аллергенные виды, что представляет угрозу для здоровья человека [6, 7].

Азотфиксация – уникальный процесс, который осуществляет узкая группа бактерий-азотфиксаторов, имеющих особый фермент нитрогеназу. Известно, что под влиянием разных антропогенных воздействий (переуплотнение, загрязнение и обработка почвы) процесс азотфиксации в почве нарушается, т.е. эта группа микроорганизмов может использоваться в качестве биоиндикаторов [1,2].

Целью работы было изучение влияния городской нагрузки на содержание бактерий-азотфиксаторов и активность процесса азотфиксации в разных категориях почвы г. Воронежа.

Пробы почвы отбирали из слоя 0–20 см в городских зонах с разным уровнем нагрузки в Центральном районе Воронежа (рекреации, зона жилой застройки, транспортная зона на расстоянии 1–2 м от полотна дороги). Контролем служила почва пригородной зоны (чернозем выщелоченный) на расстоянии 30 км от города (целина, Рамонский район). Рекреации: Центральный парк, дендрарий ВГЛТУ (физически преобразованный чернозем). Селитебные зоны: внутриквартальные территории многоэтажной жилой застройки (урбанозем). Транспортные зоны: участки на подъемах и перекрестках оживленных городских автомагистралей (химически преобразованная почва или интрузем). Всего было выбрано 12 точек отбора проб. Почвенные образцы отбирали трижды за сезон: во II декаде мая, II декаде июля и III декаде сентября 2018 г.

Содержание бактерий рода *Azotobacter* (аэробы-гетеротрофы, основные азотфиксаторы в черноземах) оценивали методом обрастания почвенных комочков на агаризованной среде Эшби и выражали в % [8].

Потенциальную активность азотфиксации почвы оценивали газохроматографическим методом в воздушно-сухих образцах, увлажненных до 60% полной влагоемкости с внесением глюкозы в дозе 2%. Активность нитрогеназы в указанных условиях определяли по образованию этилена из ацетилен и выражали в мкмоль C_2H_4 /г·час [9, 10].

Содержание азотобактера в пригородной почве было высоким (табл. 1), что соответствует данным по черноземам. Сезонная динамика свидетельствует, что показатели снижались в 1,2–1,4 раза летом в период сильного иссушения почвы.

В городских почвах четко проявлялась зависимость содержания азотобактера от вида и уровня антропогенной нагрузки. В рекреациях значения мало отличались от контроля, в селитебных зонах содержание азотобактера в середине сезона было в 1,5–2 раза ниже контроля, осенью в условиях достаточного увлажнения этот показатель возрастал и достигал 80% от контроля. Катастрофически низкое содержание азотобактера выявлено в почве транспортных зон на расстоянии 1–2 м от полотна дороги, показатели были ниже контроля в 4,3–9,6 раза независимо от сезона. Обращает на себя внимание возрастание разброса min-max содержания азотобактера, что соответствует микромозаичности загрязнения почвы в городах.

Таблица 1

Содержание азотобактера в почве г. Воронежа, % обрастания почвенных комочков (min-max/ среднее значение)

Сроки отбора почвенных проб	Контроль	Городские зоны		
		рекреации	селитебные	транспортные
май	<u>85-90</u> 87	<u>88-90</u> 89	<u>80-98</u> 94	<u>20-38</u> 24
июль	<u>60-74</u> 67	<u>56-78</u> 62	<u>30-46</u> 41	<u>5-18</u> 9
сентябрь	<u>96-100</u> 97	<u>90-94</u> 92	<u>76-82</u> 79	<u>10-22</u> 17

Представляло интерес изучить не только биодинамику азотфиксирующих бактерий, но и активность осуществляемых ими процессов в почве урбоэкосистем (табл. 2). В рекреациях потенциальная способность городской почвы к связыванию азота сохранена, в селитебных зонах оказалась ниже контроля в 1,4–2,5 раза, в транспортных зонах в 3,4–7,6 раз. Следует учитывать, что определенная нами потенциальная активность азотфиксации (в условиях оптимальной влажности) всегда превышает активность этого процесса в почве в реальных условиях.

Таблица 2

Потенциальная активность азотфиксации в почве г. Воронежа, мкмоль C_2H_4 /г·сут (min-max значение)

Сроки отбора почвенных проб	Контроль	Городские зоны		
		рекреации	селитебные	транспортные
май	161–188	155–178	80–106	43–55
июль	130–159	100–137	51–92	14–36
сентябрь	178–214	197–217	102–116	42–69

Резкое снижение активности процесса несимбиотической фиксации атмосферного азота указывает на незамкнутость процессов круговорота азота в городских почвах, снижение поступления азота ведет к падению плодородия, дегумификации и потере экологических функций городских почв.

Таким образом, в почвах г. Воронежа с разными видами и уровнями городской нагрузки заметно нарушается не только состав микробного сообщества почвы, но и его активность в осуществлении процессов круговорота азо-

та. Негативные тенденции усиливаются в ряду рекреации < селитебные зоны < транспортные зоны города. Оба показателя (содержание азотобактера и активность азотфиксации) имели аналогичную динамику и могут применяться для биоиндикации и экологического картирования почвы в разных зонах города.

Литература

1. Биологический мониторинг природно-техногенных систем / Под ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалыкиной. Сыктывкар: УрО РАН, 2011. 388 с.
2. Свистова И. Д. Биодинамика микробного сообщества чернозема в антропогенных экосистемах лесостепи. Дис. ... д-ра биол. наук. Петрозаводск, 2005. 485 с.
3. Свистова И. Д., Корецкая И. И. Биоразнообразие почвенных микромицетов в зоне влияния автомагистрали федерального значения М4 «Дон» // Экология и биология почв: Материалы междунар. конф. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2014. С. 115–119.
4. Корецкая И. И., Свистова И. Д. Биодинамика почвенных микромицетов в разных типах придорожных экосистем // Современная микология в России. 2015. Т. 4. Вып. 2. С. 207–209.
5. Строганова М. Н., Мягкова А. Д., Прокофьева Т. В. Роль почв в городе // Почвоведение. 1997. № 1. С. 16–24.
6. Назаренко Н. Н., Корецкая И. И., Свистова И. Д. Биоиндикация почвы транспортных зон города Воронежа // Вестник ВГУ сер. География и геоэкология 2015. № 1. С. 46–50.
7. Свистова И. Д., Назаренко Н. Н., Корецкая И. И. Накопление санитарно опасных мицелиальных микроорганизмов в урбопочвах г. Воронежа // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. С. 247–250.
8. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2014. 216 с.
9. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов. М.: МГУ, 1986. 215 с.
10. Soil reclamation processes. Microbiological analyses and applications / Ed. L. Tate, D.A. Klein – New York, 1985. 349 p.

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, ФОСФОРИТОВОЙ МУКИ И САПРОПЕЛЯ ПРИ РАЗДЕЛЬНОМ И СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЗЛАКОВ

*А. В. Маркова¹, А. С. Таляр¹, А. А. Камнева¹, Н. В. Кручинина¹,
А. Э. Русских¹, И. С. Солодянкина¹, Т. И. Кутявина¹,
Т. Я. Ашихмина^{1,2}*

¹ *Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Ранее нами проведены исследования по изучению отдельного и сочетанного воздействия ионов меди, кадмия, свинца и цинка в присутствии соединений азота на состояние почв, рост и развитие проростков ячменя сорта Новичок [1–4]. Установлено, что при совместном воздействии ионов свинца и цинка на рост и развитие корня при внесении в почву данных металлов в дозе 5 ОДК избыток цинка подавляет токсическое воздействие ионов свинца, в то

время как цинк в избытке – угнетает рост и развитие корня. В дозе 10 ОДК для ионов кадмия и цинка наблюдается аналогичная картина, т. е. избыток цинка подавляет токсический эффект кадмия на корневую систему ячменя, а для комбинации по совместному воздействию меди и кадмия, медь подавляет токсическое воздействие кадмия.

В данной работе представлены результаты исследования по изучению влияния соединений хрома, цинка, свинца, меди и кадмия при различных вариациях металлов и их дозах в присутствии сапропеля на рост и развитие злаковых растений, на примере ячменя *Hordeum vulgare* L.

Почвенные образцы, отбирались на пойменном участке р. Вятки в окрестностях Кирово-Чепецкого промышленного комплекса в мае 2019 г. Пробы аллювиально-дерновых почв были отобраны специалистами лаборатории биомониторинга с участка на территории луга на пойменной гриве у озера Бобровое-3 на фоновом участке мониторинга.

Для модельного опыта было взято 600 г почвы. В почву были внесены соли ТМ в дозе 10 ПДК и удобрения по схеме № 1.

Таблица 1

**Варианты внесения соединений металлов и удобрений в почву
в модельном эксперименте (схема 1)**

Контроль	Фосфоритная мука	Сапропель	Гель из сапропеля	Фосфоритная мука + сапропель	Фосфоритная мука + гель из сапропеля
Cd^{2+}	Фосфоритная мука + Cd^{2+}	Сапропель + Cd^{2+}	Гель из сапропеля + Cd^{2+}	Фосфоритная мука + сапропель + Cd^{2+}	Фосфоритная мука + гель из сапропеля + Cd^{2+}
Pb^{2+}	Фосфоритная мука + Pb^{2+}	Сапропель + Pb^{2+}	Гель из сапропеля + Pb^{2+}	Фосфоритная мука + сапропель + Pb^{2+}	Фосфоритная мука + гель из сапропеля + Pb^{2+}
Zn^{2+}	Фосфоритная мука + Zn^{2+}	Сапропель + Zn^{2+}	Гель из сапропеля + Zn^{2+}	Фосфоритная мука + сапропель + Zn^{2+}	Фосфоритная мука + гель из сапропеля + Zn^{2+}
Cu^{2+}	Фосфоритная мука + Cu^{2+}	Сапропель + Cu^{2+}	Гель из сапропеля + Cu^{2+}	Фосфоритная мука + сапропель + Cu^{2+}	Фосфоритная мука + гель из сапропеля + Cu^{2+}
Cr^{3+}	Фосфоритная мука + Cr^{3+}	Сапропель + Cr^{3+}	Гель из сапропеля + Cr^{3+}	Фосфоритная мука + сапропель + Cr^{3+}	Фосфоритная мука + гель из сапропеля + Cr^{3+}

Соединения тяжёлых металлов вносились в почву в виде их хлоридов. Для расчёта дозы внесения удобрений была рассчитана влажность на влагомере.

Таблица 2

Содержание влаги в удобрениях, %

Удобрение	Фосфоритная мука	Сапропель	Гель из сапропеля
Влажность, %	1,15	69,54	9,35

Соотношение в удобрении соблюдалось следующее: фосфоритной муки 100%, а сапропеля 20% (геля из сапропеля 20%). С учетом влажности были взяты массы образцов в следующих соотношениях для создания удобрения (фосфоритной муки + сапропеля): $m(\text{фос. муки}) = 10 \text{ г}$, $m(\text{сапропеля}) = 21,39 \text{ г}$; удобрения (фосфоритной муки + геля из сапропеля): $m(\text{фос. муки}) = 10 \text{ г}$, $m(\text{геля из сапропеля}) = 2,88 \text{ г}$. Два компонента смешивали, добавляли воду для лучшего связывания в случае с фосфоритной мукой и гелем из сапропеля, и помещали в сушильный шкаф на 30 мин., далее удобрение протиралось через сито, для получения гранул, снова помещали в сушильный шкаф для полного высыхания.

Масса удобрения для внесения на 600 г почвы составила 0,144 г. Варианты массы для отдельного внесения сапропеля (геля из сапропеля), фосфоритной муки составили на 600 г почвы: $m(\text{фос. муки}) = 0,12 \text{ г}$; $m(\text{сапропеля}) = 0,26 \text{ г}$; $m(\text{геля из сапропеля}) = 0,035 \text{ г}$.

После внесения удобрения и соединений ТМ почву выдерживали 1 месяц с 11.12.2018 по 10.01.2019. Далее в почву высевали семена ячменя сорта Новичок по 30 штук в пластиковый контейнер. Растения выращивали 21 день в комнатных условиях с дневной температурой 20 °С и ночной температурой 18 °С. Измерена рН почвенной солевой вытяжки до посева семян ячменя и после удаления растений из почвы. В среднем значение рН почвенных вытяжек в начале эксперимента находилось в пределах 4,9–5,8 и несколько снизилось после изъятия растений из почвы до 4,2–4,8.

Анализ полученных данных по изучению биометрических показателей проростков ячменя свидетельствует о том, что в сравнении с контролем длина корневой системы ячменя при добавлении в почву исследуемых соединений металлов в дозе 10 ПДК уменьшилась: в случае с хромом в 3 раза, цинком – в 2 и с медью – в 1,7 раза. При добавлении в почву с внесённой фосфоритной мукой соединений ТМ при такой же дозе позволило выявить уменьшение длины корневой системы в 3 раза под воздействием соединений меди и хрома, в 2 раза – цинка и в 1,3 – кадмия. В присутствии сапропеля и геля из сапропеля в почве соединения ТМ при этой концентрации в меньшей степени угнетают развитие корневой системы. Соединения свинца не оказали токсического действия на развитие корневой системы, результаты получены на уровне контрольных образцов. На развитие побега, стебля и листьев, как в присутствии фосфоритной муки, так и сапропеля, и геля-сапропеля соединения кадмия, цинка, меди, хрома и свинца при дозе 10 ПДК существенного воздействия не оказали.

Проведено изучение влияния соединений исследуемых металлов на развитие массы вегетативных органов ячменя. Анализ данных по изменению массы корневой системы (сухого остатка) позволяет сделать вывод о том, что наибольшая масса характерна для корней растений, выращенных на почве, в которую добавлены фосфоритная мука, сапропель и соединения ТМ. Причём более высокие показатели по биомассе корневой системы проявляются при

добавлении в почву соединений свинца, кадмия и цинка; значительно ниже эти показатели в случае с соединениями меди и хрома.

В соответствии со схемой 1 (табл. 1) проведён модельный эксперимент по изучению всхожести семян ячменя на 4-е, 7-е и 21-е сутки. Всхожесть 30 семян на 21-е сутки проявилась только в случае совместного присутствия в почве геля из сапропеля и соединений свинца (схема 1), близкие к этому значению результаты по всхожести 29 семян получены при совместном присутствии фосфоритовой муки и сапропеля. Наиболее низкие показатели по всхожести семян получены в вариантах почвенных образцов, в которые вносились только соединения металлов без добавления фосфоритной муки и сапропеля. В сравнении с контролем установлен ряд металлов оказывающих при 10 ПДК снижающее действие на всходы семян: Cr, Cu, Zn, Cd, Pb. Однако добавление в почву фосфоритной муки, сапропеля и геля из сапропеля значительно повышает всхожесть семян ячменя в присутствии данных металлов.

Исследовано содержание подвижного фосфора в почвенных образцах до начала проведения эксперимента и в конце после извлечения растений из почвы. Прежде всего, следует отметить, что содержание подвижного фосфора уменьшается в присутствии соединений хрома и свинца в почве. Добавление в почву геля из сапропеля и сапропеля не приводит к увеличению содержания подвижного фосфора в почве. Увеличение значения данного показателя проявляется в почвах при совместном присутствии в них фосфоритной муки, сапропеля, геля из сапропеля и соединений кадмия или соединений цинка.

Нами исследовано с участием соединений хрома, меди, кадмия, свинца и цинка накопление металлов в проростках ячменя. Выявлено, что добавление в почву фосфоритной муки увеличивает по сравнению с контролем накопление в корневой системе ячменя: цинка в 12 раз, кадмия и свинца в 2 раза, однако содержание меди уменьшается в 1,2 раза. Добавление сапропеля увеличивает накопление корневой системой кадмия, свинца, цинка в 30 раз, меди – в 23 раза в сравнении с контролем. Фосфоритная мука и сапропель при совместном присутствии увеличивают в 122 раза накопление цинка в корневой системе, в 34 раза – кадмия, в 7,5 раза – меди и свинца. Добавление в почву фосфоритной муки увеличивает накопление ТМ в побегах растения: цинка в 11 раз, кадмия в 7, свинца в 6 раз, но уменьшает содержание меди в 30 раз. Совместное присутствие в почве фосфоритной муки и сапропеля значительно увеличивает накопление ТМ в побегах растений – цинка в 250 раз, свинца в 18 раз, кадмия и меди в 2 раза.

В целом, на основании полученных данных в модельном эксперименте по изучению влияния на рост и развитие злаков соединений хрома, цинка, свинца, меди и кадмия при добавлении к ним фосфоритной муки, сапропеля и геля из сапропеля можно сделать следующие вывод:

– наибольший эффект по снижению развития корневой системы ячменя проявляется при добавлении в почву соединений хрома, меди и цинка, в то время как соединения кадмия и свинца не позволили выявить отчётливого воздействия их на рост и развитие корневой системы;

– наибольшая масса корневой системы (сухого остатка) характерна для растений, выращенных на почве, в которую добавлены фосфоритная мука, сапропель и соединения ТМ. Причём более высокие показатели по биомассе корневой системы в этом случае получены при добавлении в почву соединений свинца, кадмия и цинка; значительно ниже эти показатели в случае с соединениями меди и хрома;

– соединения свинца и кадмия при концентрации 10 ПДК в наибольшей степени снижают всхожесть семян ячменя. Установлен ряд металлов при концентрации 10 ПДК, оказывающих снижающее действие на всходы семян: Cr, Cu, Zn, Cd, Pb;

– в присутствии фосфоритной муки, сапропеля, и геля-сапропеля соединения кадмия, цинка, меди, хрома и свинца при дозе 10 ПДК существенного воздействия на развитие побега, стебля и листьев, не оказали.

Выполнено при поддержке государственного задания Вятского государственного университета по теме «Механизмы адаптации и устойчивости почвенной микробиоты к техногенному загрязнению» №5.4962.2017/БЧ.

Литература

1. Петухова Е. С., Русских А. Э., Солодянкина И. С., Болюбаш Р. А., Ашихмина Т. Я. Особенности воздействия ионов тяжёлых металлов и соединений азота при различных их концентрациях на вегетативные органы ячменя *Hordeum vulgare* L. // Биодиагностика природных и природно-техногенных систем: Материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2017. С. 63–68
2. Петухова Е. С., Ашихмина Т. Я. К вопросу о сочетанном воздействии солей тяжёлых металлов на биометрические показатели ячменя *Hordeum vulgare* L. // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2017. С. 63–68.
3. Бердникова Е. А., Колобова В. Д., Тюкалова Ю. А., Петухова Е. С., Ашихмина Т. Я. Изучение воздействия солей тяжёлых металлов на активность каталазы в почвенных образцах // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2017. С. 68–74.
4. Болюбаш Р. А., Русских А. Э., Петухова Е. С., Будина Д. В., Григорьев В. В., Ашихмина Т. Я. Сравнительный анализ сезонной динамики содержания аммонийного азота и соединений тяжёлых металлов в почве пойменных участков // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2017. С. 75–79.

ВЛИЯНИЕ САПРОПЕЛЯ И ФОСФОРИТНОЙ МУКИ ПРИ РАЗДЕЛЬНОМ И СОВМЕСТНОМ ИХ ПРИСУТСТВИИ НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ, ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ

*А. С. Таляр¹, А. В. Маркова¹, А. А. Камнева¹, Н. В. Кручинина¹,
А. Э. Русских¹, И. С. Солодянкина¹, С. Г. Скугорова^{1,2}, Т. Я. Ашихмина^{1,2}*

¹ Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

В последние годы существенно изменилось плодородие почв, в них крайне мало вносятся фосфор-, азот-, серу-, калийсодержащие удобрения и микроэлементы. Это связано с тем, что вносимые ранее удобрения становятся дороже. Сельскохозяйственные предприятия, вследствие недостаточности финансирования, вывозят навоз от фермерских хозяйств на поля расположенные в основном вблизи ферм. Сельскохозяйственные почвы беднеют, повышается их кислотность.

Одной из актуальных проблем сельскохозяйственного производства является обеспечение плодородия почв достаточным количеством макро- и микроэлементов, повышение усвояемости, поиск путей мобилизации их из труднорастворимых соединений в легкодоступные для растений формы. К числу наиболее труднорастворимых минеральных удобрений, в первую очередь, следует отнести фосфорсодержащие удобрения. С целью повышения подвижности фосфора целесообразным является применение органических удобрений, которые способствуют увеличению емкости поглощения фосфатов почвой и улучшению перехода фосфатов твердой фазы почвы в почвенный раствор [1]. Подвижность фосфорсодержащих минеральных и органических удобрений, а значит, и доступность для растений зависит от свойств почв: в кислых почвах образуются фосфаты полуторных оксидов алюминия и железа, которые труднорастворимы и недоступны растениям; в почвах, насыщенных основаниями, образуются преимущественно двух- и более замещенные фосфаты кальция.

Изучение влияния фосфоритной муки, сапропеля и геля из сапропеля на свойства почвы и всхожесть проростков ячменя проводили с использованием почв, отобранных вблизи Кирово-Чепецкого промышленного комплекса в 2016–2019 г. Пробы аллювиально-дерновых почв были отобраны специалистами лаборатории биомониторинга с участка на территории луга на пойменной гриве у озера Бобровое-3 (точка 1 на рис.).



Рис. Карта-схема отбора проб почв в окрестностях Кирово-Чепецкого промышленного комплекса

Для проведения опытов использовали образцы сапропеля из озера «Карачинское» Новосибирской области. Химический состав компонентов, образующих сапрпель, колеблется в широких пределах и из различных месторождений значительно отличается [2]. Сапрпельевые отложения озер и торфяников образуются в результате зарастания, кроме того, это осадочные отложения, состоящие из преимущественно органических остатков [3]. На органическую часть в составе сапрпеля приходится 12,0–79,5% и она состоит из азотсодержащих веществ, сахаров и биологически активных веществ – гуминовых кислот [4]. Кроме того, сапрпели содержат витамины, макро- и микроэлементы [5, 6], аминокислоты, жиры, ферменты и антибиотики [3].

Минеральная часть в сапрпеле представлена: фосфатами, сульфатами, нитратами, карбонатами, хлоридами, фторидами, боратами, солями калия, натрия, аммония, магния, кальция, стронция, марганца, меди, кобальта, цинка, железа и др. С агрономической и биологической точки зрения все они, в соответствующих дозах, являются крайне полезными для плодородия почвы.

В ходе работы хроматографическим методом на ионном хроматографе «Стайер» определен ионный состав водных вытяжек (соотношение сапрпель/гель : вода = 1 : 10) из проб сапрпеля и геля из сапрпеля (табл. 1). Содержание ионов аммония, стронция, фторид- и фосфат-ионов было ниже предела обнаружения метода. Пробы сапрпеля и геля из сапрпеля достаточно сильно различаются по содержанию неорганических ионов, исключение составило только содержание ионов калия: оно было примерно одинаковым для обоих образцов. В целом, более насыщенным ионным составом отличается гель из сапрпеля по сравнению с сапрпелем.

Таблица 1

**Содержание неорганических ионов в водной вытяжке
из сапропеля и геля из сапропеля, мг/л**

Образец	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Сапропель-гель	157±23	9,6±1,4	51±5	77±8	75±7	92±14	439±44
Сапропель	72±11	9,1±1,4	15,2±3,0	32,5±3,3	23,3±2,3	0,76±0,11	88±9

Сапропель как ценное органическое удобрение используют как в чистом виде, так и в виде смеси с другими органическими и минеральными удобрениями, например, с суперфосфатом, аммиачной водой, соединениями калия. Гуминовые вещества, содержащиеся в сапропеле, способны активировать фосфоритную муку, то есть увеличить подвижность фосфора и его доступность для растений. Гель из сапропеля представляет сапропель, обработанный методом ультразвуковой кавитации.

Целью данного исследования являлось выявление влияния органоминеральных удобрений (ОМУ) на основе сапропеля и фосфоритной муки на плодородие почвы и всхожесть семян ячменя сорта Новичок.

Модельный эксперимент проводили в лабораторных условиях. В каждый контейнер помещали навеску почвы массой 1 кг. Сапропель вносили в количестве 0,43 г, гель из сапропеля – 0,058 г и фосфоритную муку – 0,20 г. Почву инкубировали вместе с удобрениями в течение двух месяцев. Далее из каждого контейнера отбирали почву по 250 г, помещали в другой пластиковый контейнер и проводили биотестирование исследуемой почвы (в двукратной повторности). В каждый контейнер высевали по 15 штук семян ячменя. Растения проращивали в течение 7 дней при температуре 20/18 °С день/ночь.

В пробах почвы проводился анализ по определению рН, каталазной активности, содержанию подвижного фосфора в день внесения удобрений, по истечении одного и двух месяцев инкубации, а также после биотестирования.

Таблица 2

Значения рН солевой вытяжки

Вариант	До посадки растений			После снятия растений
	№ 1	№ 2	№ 3	
Контроль	5,0	5,1	4,6	4,4
Фосфоритная мука	5,1	5,1	4,7	4,4
Сапропель	5,1	5,1	4,6	4,4
Гель из сапропеля	5,1	5,1	5,0	4,5
Фосфоритная мука + сапропель	5,1	5,1	4,9	4,4
Фосфоритная мука + гель из сапропеля	5,1	5,1	4,6	4,4
Исходная почва	4,9			

Примечание: здесь и далее в таблицах 3 и 4 № 1 – проба почвы сразу после внесения удобрения 11.12.2018; № 2 – после 1 месяца инкубации почвы 10.01.2019; № 3 – после двух месяцев экспозиции почвы 15.02.2019. Погрешность измерения составила 0,1 ед. рН.

Полученные данные (табл. 2) свидетельствуют о том, что исследуемые в эксперименте почвы относятся к почвам со слабокислой реакцией среды. Причем внесение в почву в различных комбинациях удобрений: фосфоритная мука, сапропель, гель из сапропеля и в смеси фосфоритная мука + сапропель, и фосфоритная мука + гель из сапропеля приводит к подкислению почвы в сравнении с начальным значением $pH = 4,9$, создавая тем самым более благоприятные условия для роста и развития растений. При инкубации образцов почв с удобрениями один, а затем два месяца кислотность почв увеличилась в среднем со значений 5,1 до 4,6 ед. pH , почва стала иметь среднюю кислотность. Еще более кислотность почв увеличилась на 7 сутки, после снятия растений и в среднем достигла значений $pH = 4,4-4,5$, что может быть обусловлено кислыми корневыми выделениями растений (кислотность сильная). Таким образом, внесенные удобрения: фосфоритная мука, сапропель и гель из сапропеля в различных комбинациях незначительно повысили кислотность почвы.

Определение подвижных соединений фосфора проводили по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Метод основан на извлечении подвижных соединений фосфора (P_2O_5) из почвы раствором соляной кислоты (экстрагирующим раствором) молярной концентрацией 0,2 моль/дм³ и последующем количественном определении подвижных соединений фосфора (P_2O_5) на спектрофотометре при длине волны 710 нм (табл. 3).

Таблица 3

Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг

Вариант	До посадки растений			После посадки растений
	№ 1	№ 2	№ 3	
Контроль	46±9	47±9	51±10	47±9
Сапропель	53±11	52±10	48±10	47±9
Гель сапропеля	52±10	51±10	53±11	48±10
Фосфоритная мука	57±11	50±10	51±10	47±9
Фосфоритная мука + сапропель	50±10	54±11	54±11	46±9
Фосфоритная мука + гель из сапропеля	48±10	50±10	50±10	46±9

Из данных таблицы 3 следует, что наименьшее содержание подвижного фосфора, равное 48 и 50 мг/кг, определено в пробе почвы, в которую внесена смесь фосфоритной муки и геля из сапропеля, а также фосфоритной муки и сапропеля. Максимальное содержание подвижного фосфора (57 мг/кг) отмечено в пробе с фосфоритной мукой.

Однако при инкубации почвы с фосфоритной мукой в течение одного и двух месяцев происходило закрепление фосфора в почве и снижение подвижного фосфора до 50–51 мг/кг. Это могло произойти за счет превращения некоторой части подвижных фосфатов в фосфаты полуторных оксидов и прежде всего в фосфаты кальция и алюминия. Содержание подвижного фосфора в почве после посадки семян ячменя уменьшилось до 45–48 мг/кг во всех комбинациях с удобрениями и в обеих повторностях, вероятно, за счет использования его растением.

В пробах почв с внесенными в них удобрениями изучали каталазную активность почвы. Полученные данные (табл. 4) свидетельствуют о значительном повышении каталазной активности почвы в 2 раза во всех комбинациях в сравнении с исходной пробой почвы.

Таблица 4

Каталазная активность, см³ O₂ на 1 г почвы за 1 мин

Вариант	До посадки растений			После снятия растений
	№ 1	№ 2	№ 3	
Контроль	3,3	3,4	2,8	3,1
Фосфоритная мука	2,4	2,4	2,9	2,9
Сапропель	2,5	2,3	3,0	2,8
Гель из сапропеля	2,4	2,9	3,0	3,2
Фосфоритная мука + сапропель	2,9	1,9	2,9	3,1
Фосфоритная мука + гель из сапропеля	2,8	3,1	2,5	3,0
Исходная проба почвы	1,5			

Примечание: № 1 – проба почвы сразу после внесения удобрения 11.12.2018; № 2 – после 1 месяца инкубации почвы 10.01.2019; № 3 – после двух месяцев экспозиции почвы 15.02.2019.

Полученные результаты по определению всхожести семян в течение 7 суток с внесением и без внесения ОМУ представлены в таблице 5.

Таблица 5

Число проросших семян и всхожесть семян ячменя

Вариант	Число проросших семян, шт.					Всхожесть, %
	на 2-е сут.	на 4-е сут.	на 5-е сут.	на 6-е сут.	на 7-е сут.	
Контроль	0	1	8	8	12	80,0
Фосфоритная мука	0	0	9	13	13	86,7
Сапропель	0	2	9	10	11	73,3
Гель из сапропеля	0	0	2	8	10	66,7
Фосфоритная мука + сапропель	0	1	11	12	12	80,0
Фосфоритная мука + гель из сапропеля	0	2	12	12	13	86,7

Показатель всхожести семян ячменя самый высокий в почве с фосфоритной мукой. На седьмые сутки всхожесть в этом варианте была наибольшей и составила 86,7%. Близкие к ним значения получены в вариантах со смесью фосфоритной муки и геля из сапропеля, а также в варианте фосфоритная мука + сапропель.

В ходе эксперимента определяли всхожесть и биометрические показатели 7-дневных растений ячменя: длина корня, побега, стебля, листьев (табл. 6). Статистическая обработка проводилась при помощи пакета программы MS Excel. Статистически достоверными считали различия при $p \leq 0,05$.

Из данных таблицы 6 видно, что наиболее восприимчивым к действию всех вносимых удобрений оказались корни растений ячменя: во всех опытных

вариантах отмечали увеличение длины и сырой массы корней на 15–41% по сравнению с контролем. В наибольшей степени этот эффект проявился в вариантах с внесением геля из сапропеля. Внесение удобрений влияло и на рост побега растений ячменя, причем в вариантах с внесением фосфоритной муки отмечали незначительное увеличение длины побегов и листьев.

Таблица 6

Биометрические показатели проростков ячменя

Вариант	Длина, см				Масса сырая, г	
	корень	побег	стебель	лист	корень	побег
Контроль	5,9±1,2	7,9±1,9	2,1±0,4	5,8±1,7	0,921	1,393
Фосфоритная мука	7,6±1,5	8,7±1,4	2,3±0,3	6,7±1,1	1,057	1,407
Сапропель	7,3±1,4	7,2±1,0	2,5±0,2	5,0±1,2	0,798	0,957
Гель из сапропеля	7,7±1,4	5,8±1,4	2,4±0,3	4,7±1,0	1,459	1,055
Фосфоритная мука + сапропель	7,1±1,3	8,3±1,2	2,2±0,3	6,1±1,1	1,173	1,356
Фосфоритная мука + гель из сапропеля	8,3±1,9	8,3±2,6	2,1±0,4	5,8±2,3	1,568	0,943

Таким образом, по результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1) Внесение в почву фосфоритной муки, сапропеля и геля из сапропеля приводят к незначительному увеличению содержания подвижного фосфора в почве и усилению каталазной активности почвы через 2 месяца инкубации.

2) В вариантах с внесением фосфоритной муки отмечается всхожесть семян на уровне контроля и выше ее (86,7%), а также незначительное увеличение длины побегов и листьев.

3) Наиболее восприимчивым к действию всех вносимых удобрений оказались корни растений ячменя: во всех опытных вариантах отмечали увеличение длины и сырой массы корней на 15–41% по сравнению с контролем. В наибольшей степени этот эффект проявился в вариантах с внесением геля из сапропеля.

Выполнено при поддержке государственного задания Вятского государственного университета по теме «Механизмы адаптации и устойчивости почвенной микробиоты к техногенному загрязнению» №5.4962.2017/БЧ.

Литература

1. Евтефеев Ю. В., Казанцев Г. М. Основы агрономии: учебное пособие. М.: ФОРУМ, 2013. 368 с.
2. Димитров Д. П., Георгиев Г. Ц., Димитров П. С. Некоторые результаты применения глубоководных органо-минеральных осадков дна Черного моря для агротехнических целей // Геология и полезные ископаемые мирового океана. 2006. № 1. Киев, С. 74–80.
3. Бенсман В. Р. Проблемы классификации торфяников и сапропелей // Молодой ученый. 2010. № 1–2 (13). Т. 1. Чита. С. 146–147.
4. Раковский В. Г. Сапропели, их образование и химическое использование // Проблемы использования сапропеля в народном хозяйстве: Тезисы 2-ой респ. науч. конф. Минск, 1974. С. 43–44.

5. Дубинина Л. Ф., Тележникова К. Н., Дацук Л. Б. К вопросу об источниках накопления микроэлементов в сапропелях // Проблемы использования сапропеля в народном хозяйстве: Тезисы 2-ой респ. науч. конф. Минск, 1974. С. 40–41.

6. Мишин Г. М. Физические и химические качества средне-уральских сапропелей // Вторая междунар. вет. науч. конф. по использованию сапропелей в сельском хозяйстве. Свердловск, 1966. С. 83–85.

СОЛЮБИЛИЗАЦИЯ n-ГЕКСАДЕКАНА В ВОДНОЙ И МИНЕРАЛЬНОЙ СРЕДАХ В ПРИСУТСТВИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Е. С. Заруева, О. Н. Пономарева

Тульский государственный университет, liza.zarueva@yandex.ru

В настоящее время загрязнение окружающей среды из-за разливов нефти является актуальной проблемой. Хорошо известна способность микроорганизмов (МО) к потреблению и утилизации нефти и нефтепродуктов, что дает возможность использовать их для процессов биоремедиации. Многие МО, способные участвовать в биodeградации гидрофобных соединений, продуцируют биологические поверхностно-активные вещества (биоПАВ, или биосурфактанты), которые обеспечивают доступность гидрофобных субстратов для МО. Механизмы утилизации углеводов бактериями при участии биосурфактантов изучаются многими авторами. Одним из предполагаемых механизмов является солюбилизация при участии биоПАВ нерастворимых в воде субстратов. На основе этих результатов разрабатываются технологии очистки нефтезагрязненных территорий с использованием МО-деструкторов углеводов нефти и синтетических ПАВ [1]. Для изучения процессов биodeградации гидрофобных субстратов в таких системах в первую очередь необходимо изучить способность синтетических ПАВ разных классов – потенциальных реагентов в технологиях биоремедиации, участвовать в солюбилизации углеводов нефти [2].

Гексадекан является одним из компонентов нефти и типичным представителем длинноцепочечных алканов. Это соединение часто используют в качестве модельного субстрата для изучения процессов биodeградации углеводов нефти. В настоящей работе проводили сравнительный анализ солюбилизирующей способности ПАВ разных классов (анионных и неионогенных) по отношению к модельному субстрату – n-гексадекану. Многие месторождения расположены в морях или прибрежных морских зонах. Повышенное содержание солей может влиять не только на биологическую активность МО, но и на процессы солюбилизации. Кроме того, биопрепараты готовят на основе буферных и минеральных сред.

Целью данной работы являлся сравнительный анализ процесса солюбилизации n-гексадекана в водных и минеральных растворах синтетических поверхностно-активных веществ разного строения.

В качестве солюбилизаторов выбраны синтетические поверхностно-активные вещества с различными типами гидрофильной группы: додецилсульфат натрия (ДСН) (анионный ПАВ), тритон X-100 (неионогенный ПАВ) и твин 80 (неионогенный ПАВ) (рис.).

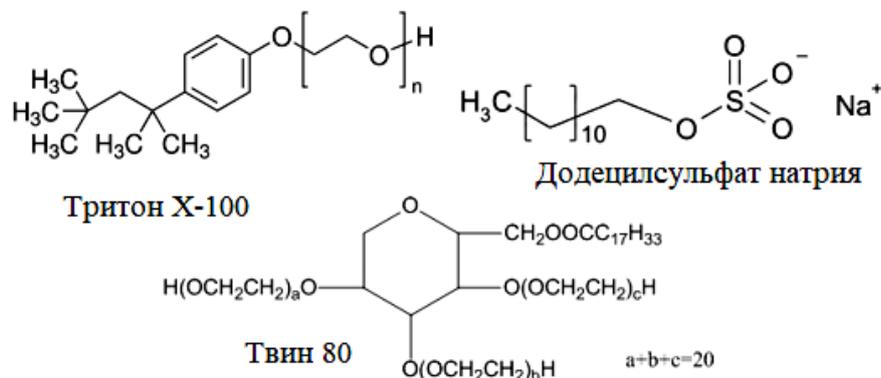


Рис. Поверхностно-активные вещества, использованные в исследовании

Для описания процесса солюбилизации использованы следующие характеристики: молярная солюбилизация (S_m), которая характеризует способность поверхностно-активных веществ коллоидно растворять солюбилизат (н-гексадекан), и коэффициент распределения солюбилизата между мицеллами и дисперсионной средой (K_p), которые можно рассчитать по следующим формулам [3]:

$$S_m = \frac{n_s - n_w}{c - c_k} \quad \text{моль/моль,}$$

где n_s – полная растворимость солюбилизата, моль/л; n_w – его растворимость в воде (минеральной среде), моль/л; c – общая концентрация ПАВ в растворе, моль/л; c_k – критическая концентрация мицеллообразования ПАВ, ККМ, моль/л.

$$K_p = \frac{S_m \cdot (c - c_k)}{n_w},$$

где S_m – молярная солюбилизация, моль/моль; n_w – растворимость солюбилизата в воде (минеральной среде), моль/л; c – общая концентрация ПАВ в растворе, моль/л; c_k – ККМ ПАВ, моль/л.

Параметры процесса солюбилизации н-гексадекана в течение 72 часов в водных и минеральных (МС) средах в присутствии ПАВ с содержанием, соответствующим ККМ5 (моль/л) для каждого вещества, представлены в таблице.

Молярная солюбилизация неионогенных ПАВ выше, чем у анионного ДСН (почти на порядок больше для твин 80, и на два порядка – для тритон X-100). Однако коэффициент распределения н-гексадекана в мицеллярном растворе ПАВ, который учитывает количество солюбилизатора в системе, максимальный в присутствии тритона X-100, что на порядок больше, чем в присутствии ДНС и на два порядка – твина 80.

**Коллоидные характеристики процесса солюбилизации н-гексадекана
поверхностно-активными веществами в течение 72 часов**

Коллоидные характеристики среда	Концентрация ПАВ (ККМ5), моль/л	Содержание н-гекса- декана, г/л		Молярная солюби- лизация S_m , моль/моль		Коэффициент распределения солюбилизата между мицел- лами и диспер- сионной средой $K_p \cdot 10^{-6}$	
		вода	МС	вода	МС	вода	МС
ПАВ ДСН	$4,1 \cdot 10^{-2}$	1,30	2,78	$0,12 \pm 0,03$	$0,25 \pm 0,03$	10 ± 3	50 ± 10
Твин 80	$6,0 \cdot 10^{-5}$	0,13	0,04	$8,0 \pm 2,0$	$4,0 \pm 1,0$	$1,0 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,2$
Тритон Х-100	$8,5 \cdot 10^{-4}$	21,3	8,55	90 ± 10	50 ± 10	200 ± 8	200 ± 6

Следует отметить, что минерализация среды способствует увеличению солюбилизации гексадекана только в системе с анионным ПАВ – ДСН. Данные по содержанию н-гексадекана в водной фазе коррелируют с коэффициентом распределения K_p .

Таким образом, наиболее эффективным солюбилизатором среднецепочечных алканов (на примере н-гексадекана) является неионогенный ПАВ на основе бензольного ядра, модифицированного полиэтиленгликолем и разветвленным алкильным радикалом в пара-положении.

Литература

1. Obayori O. S., Pori M. O., Adebusoye S. A., Oyetibo G. O., Omotayo A. E., Amund O. O. Degradation of hydrocarbons and biosurfactant production by *Pseudomonas* sp. strain LP1 // World J. Microbiol. Biotechnol. 2009. V. 25. P. 1615–1623.
2. Reddy M. S., Naresh B., Leela T., Prashanthi M., Madhusudhan N. C., Dhanasri G., Devi P. Biodegradation of phenanthrene with biosurfactant production by a new strain of *Brevibacillus* sp. // Bioresource Technol. 2010. V. 101. С. 7980–7983.
3. Бакеева Р. Ф., Вахитова О. Е., Юсупова Л. М., Сопин В. Ф. Солюбилизационная способность неионных ПАВ по отношению к биологически активному 5,7-дихлор-4,6-денитробензфуросану // Вестник Казанского технологического университета. Казань: КНИТУ, 2013. С. 73–76.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АСПЕКТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ОБРАСТАНИИ БЕРЕГОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

И. К. Евстигнеева¹, И. Н. Танковская¹, М. П. Евстигнеев²

¹ *ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, ikevstigneeva@gmail.com*

² *ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет*

Берегоукрепительные гидротехнические сооружения помимо прямой защиты берегов обладают биопозитивной функцией, поскольку являются дополнительным субстратом для формирования обрастания, играют важную роль в восстановлении и расширении поселений гидробионтов, в возникновении дополнительных зон естественной фильтрации. К сожалению, сведений, касающихся современного состояния и изменчивости биоразнообразия альгообрастания гидротехнических сооружений в Черном море, в научной литературе немного. Для расширения представлений о роли водорослей обрастания таких сооружений в поддержании естественного биоразнообразия и степени биопозитивности средств берегозащиты были проведены гидрботанические исследования на 31 станции, которые расположены на севере, северо-западе, юго-западе, юге и юго-востоке Крыма.

Цель работы – оценка структурных особенностей и пространственной изменчивости альгообрастания береговых гидротехнических сооружений. В задачи исследования входили определение видового состава, экологической структуры, встречаемости макроводорослей обрастания в пяти районах (север, северо-запад, юго-запад, юг и юго-восток) черноморского побережья, а также описание степени и характера изменчивости характеристик альгофлоры обрастания на береговых станциях.

Пробы перифитона отбирали вручную, методом пробных площадок (25 см x 25 см) в центральной части боковой стенки бун в летний период [1]. Схема расположения 31 станции представлена на рисунке. Общее количество собранных проб – 124. При обработке материала определяли видовой состав макроводорослей с учетом последних номенклатурных изменений и на основе полученных данных – экологический [2–4]. Для характеристики видовой и экологической структуры применяли коэффициенты флористического сходства Жаккара K_j (%), встречаемости R (%) и индекс доминирования (D_i) (соотношение числа станций или районов, в которых отдел или экологическая группа доминирует по тому или иному признаку, к их общему числу) [5]. Исходя из значений R , виды распределяли по группам постоянства (постоянные, добавочные, случайные). Данные по видовому составу применяли для расчета индекса Чени, позволяющего оценить принадлежность морской флоры к той или иной географической зоне и степень эвтрофирования водоема [6]. Для описания изменчивости характеристик фитоперифитона определяли лимиты,

размах их вариации и среднее значение [7]. По величине коэффициента вариации (C_v , %) оценивали тип изменчивости признаков (верхне- и нижненормальный, значительный, большой, очень большой, аномально высокий) [8].

Рис. Схема расположения станций



- 1 – пос. Портовое, 2 – пос. Межводное, 3 – Евпаторийский залив, 4 – пос. Новофедоровка, 5 – пос. Песчаное, 6 – пос. Орловка, 7 – пос. Любимовка, 8 – бухта Голландия, 9 – Килен-бухта, 10 – бухта Аполлонова, 11 – мыс Николаевский, 12 – бухта Мартынова, 13 – бухта Карантинная, 14 – бухта Песочная, 15 – бухта Круглая, 16 – бухта Камышовая, 17 – Золотой пляж, 18 – бухта Ласпи, 19 – пос. Форос, 20 – пос. Качивели, 21 – пос. Мисхор, 22 – мыс Мартъян, 23 – мыс Плака, 24 – пос. Малый Маяк, 25 – Профессорский уголок, 26 – Алуштинский залив, 27 – пос. Малореченское, 28 – бухта Карадагская, 29 – пос. Орджоникидзе, 30 – Феодосийский залив, 31 – пос. Приморский

Летом в обрастании береговых гидротехнических сооружений обнаружен 101 вид черноморских макрофитов, половина которых принадлежит к красным водорослям. Идентифицированные виды относятся к 56 родам, 30 семействам, 22 порядкам отделов Chlorophyta (Ch), Ochrophyta (Och) и Rhodophyta (Rh). Среди отделов высоким видовым разнообразием выделяется Rh (52% общего числа идентифицированных видов), за ним следует Ch (30%). Доля видов Och в несколько раз ниже, однако, разнообразие надвидовых таксонов позволяет отделу занимать вторую позицию. Видовая пропорция отделов в альгофлоре обрастания гидротехнического сооружения выглядит как 2 Ch : 1 Och : 3 Rh. Таксономические пропорции отделов не совпадают, за исключением соотношения семейств и порядков (1 : 1).

В зависимости от встречаемости на станциях идентифицированные виды делятся на постоянные, добавочные и случайные. Небольшой суммарный вклад видов постоянной и добавочной категорий, многочисленность случай-

ных видов, широкие лимиты вариации коэффициента Жаккара и его низкое среднее значение для всего ценоза фитообрастания и входящих в него отделов свидетельствует о высоком качественном своеобразии альгообрастания на станциях и в разных районах.

Абсолютное число перифитонных видов подвержено существенному варьированию как от станции к станции, так и между районами. Максимум этого показателя зарегистрирован на юге у мыса Мартьян, минимум – в бухте Мартынова Севастопольского региона. Среди районов по разнообразию видового состава Och и Rh выделяется южный участок, а Ch – юго-восточный. Среднее число видов Ch, Rh и всего сообщества по районам изменяется не столь значительно («верхняя» норма), как у Och («большая» изменчивость).

Пространственная изменчивость числа родов является «значительной», тогда как флуктуации общего числа семейств и порядков от района к району происходят без превышения «нормы» для биологических признаков. Наибольший вклад в общее разнообразие надвидовых таксонов вносит альгообрастание на южном участке, наименьший – на западном и, частично, на северо-западном. Таксоны всех рангов в районах представлены разным количеством, но их пропорция, как правило, совпадает.

Фитоперифитон в районах исследований включает виды, входящие в состав 12 экологических групп из 13 известных для черноморского фитобентоса. Экологические спектры такого ценоза в разных районах являются полночленными. Альгофлора обрастания в каждом районе содержит в качестве доминантов примерно одни и те же группы. Только на западе место лидера в галобной части занято солоноватоводно-морскими видами, а на юге синхронно господствуют одно- и многолетники. Особенностью доминантного комплекса Ch является превалирование такой комбинации групп, как редкая, однолетняя, мезосапробная и солоноватоводно-морская, что обеспечивает качественное своеобразие Ch среди других отделов. Комплекс базовых экогрупп у Och достаточно постоянен, поскольку вариативной остается та его часть, которая сформирована водорослями с разной продолжительностью жизни. Здесь единоличное господство многолетников может сменяться синхронным с сезонными видами, затем вновь проявляется однозначное доминирование сезонников и т. д. Подобная ситуация характерна и для Rh, у которого поочередно лидируют однолетники и многолетники, а в некоторых случаях их доминирование становится совместным.

Среди групп с разной встречаемостью их представителей в Черном море ведущие виды фитоперифитона превалируют в каждом районе с максимумом их абсолютного числа на юге и относительного – на западе. У видов с разной продолжительностью вегетации самый высокий индекс доминирования (100%) имеют однолетники. Суммарный вклад однолетней и сезонной групп позволяет считать, что основу фитоперифитона береговых гидротехнических сооружений в летний период составляют короткоживущие виды.

Водоросли перифитона в основном являются морскими и олигосапробными, а их состав наиболее разнообразен на юго-западе и юге. Несмотря на

доминирование этих групп по числу входящих в них видов, высокая встречаемость и общий вклад групп – индикаторов высокой и средней степени загрязненности и распреснения среды хорошо сочетается с уровнем индекса Чени, подчеркивая тем самым наметившуюся тенденцию изменения условий обитания водорослей.

Пространственные изменения числа видов в группах по шкале Г. Н. Зайцева соответствуют разным типам. Тип «большая» вариабельность характерен только сезонной группе, поскольку на северо-западе и западе она представлена небольшим числом видов, тогда как на других участках ее видовое разнообразие в несколько раз выше. Почти без изменений остается видовая насыщенность полисапробной и солоноватоводной групп, в пределах «нормы» варьирует состав ведущей, однолетней, солоноватоводно-морской групп, у оставшейся части групп такая «норма» превышена. В целом, за исключением сезонников, видовой состав групп в обрастании гидротехнического сооружения до определенных пределов остается устойчивым в пространстве.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ и г. Севастополь в рамках проекта № 18-45-920072.

Литература

1. Калугина А. А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования. М., 1969. С. 105–113.
2. Зинова А. Д. Определитель зелёных, бурых и красных водорослей южных морей СССР. М. – Л. Изд-во «Наука», 1967. 397 с.
3. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. Киев: Наукова думка, 1975. 248 с.
4. Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway – [http:// www.algaebase.org](http://www.algaebase.org). – Searched on 2019.
5. Розенберг Г. С. Количественные методы экологии и гидробиологии // Сб. науч. трудов, посвящ. памяти А. И. Баканова. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. 404 с.
6. Cheney D. T. R+C/P—a new and improved ratio for comparing seaweed floras // Phycology. N 2 (13). 1977. P. 12.
7. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 350 с.
8. Зайцев Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике. М: Наука, 1990. 296 с.

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ВОДОЕМОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. И. Кутявина¹, В. В. Рутман¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) широко применяются как к наземным, так и к водным экосистемам. Чаще ДЗЗ используется для изучения крупных водных объектов, таких как моря и океаны. Исследование рек и озер с использованием результатов космической съемки затруднительно по причине низкого разрешения изображений. Обычно разрешения изображений спутниковой съемки составляют 10, 20, 30 и 50 м. При этом небольшой водоем может разместиться примерно в 4–9 пикселях космоснимка, чего недостаточно для анализа и дешифрирования. Ширина реки на снимке может достигать размеров 1 пикселя и местами прерываться. Для дистанционного зондирования крупных озер, водохранилищ необходимы снимки с разрешением не менее 30 м.

Объектами изучения стали крупные водохранилища (пруды) Кировской области: Белохолуницкое, Омутнинское, Большое Кирсинское и Чернохолуницкое. Мониторинг состояния этих прудов с помощью наземных методов анализа проводится с 2011 года, на Омутнинском водохранилище зафиксированы признаки эвтрофирования водоема [1]. Площадь и конфигурация указанных водных объектов подходят для проведения исследования с применением данных спутниковой съемки с разрешением 30 м. За 2011 год доступны архивы снимков спутника Landsat 5. Рассматриваемые даты съемки: 07.05.2011, 16.05.2011, 26.07.2011, 11.08.2011, 13.08.2011.

В качестве материала для дешифрирования данных ДЗЗ были задействованы каналы спутника, используемые при исследовании водных объектов: синий (BLUE), дальний инфракрасный (SWIR) и каналы, используемые для дешифрирования растительности, поскольку процесс эвтрофикации связан с увеличением растительной биомассы в водоемах: зеленый (GREEN), красный (RED) и ближний инфракрасный (NIR).

В ходе работы были рассчитаны индекс цвета воды, нормализованный дифференцированный (разностный) вегетационный индекс (NDVI) и нормализованный разностный индекс воды (NDWI), а также определены индексы мутности воды и концентрации хлорофилла *a* [2].

Индекс цвета рассчитывали как отношение: GREEN/BLUE.

Данный индекс позволяет оценить глубину водоемов, также важен для определения таких показателей, как мутность, концентрация хлорофилла в воде, плотность и пространственное распределение планктонных водорослей.

Расчет NDVI проводили по формуле:

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED).$$

Для исследования водной растительности водохранилищ Кировской области NDVI применялся впервые. В связи с этим, возникла необходимость создания шкалы NDVI для водных объектов. Обычно значение этого индекса для воды находится в диапазоне от -1 до 0. Однако нулевое значение индекса можно считать лишь условным, поскольку увлажненные земли могут быть выделены со значением ниже нуля, а водоемы, подверженные процессам эвтрофикации, окажутся со значениями выше нулевых. Надводная растительность может дать очень высокие показатели, близкие к единице.

Формула для расчета NDWI имеет вид:

$$NDWI = (NIR - SWIR)/(NIR + SWIR).$$

Данный индекс позволяет четко выделить границы водного объекта.

Индекс мутности рассчитывали по формуле:

$$BLUE/(BLUE + GREEN + RED).$$

Он позволяет сравнить мутность разных участков водоемов и разные водоемы в одно и то же время.

Для расчета индекса концентрации хлорофиллаа использовали формулу:

$$(BLUE-RED)/GREEN.$$

Для построения индексных карт использовали программный продукт QGIS. Составлены относительные индексные шкалы. Результаты дешифрирования снимков в виде карт на примере Чернохолуницкого (справа) и Белохолуницкого (слева) прудов, представлены на рисунках 1–5 (дата съемки – 26.07.2011).

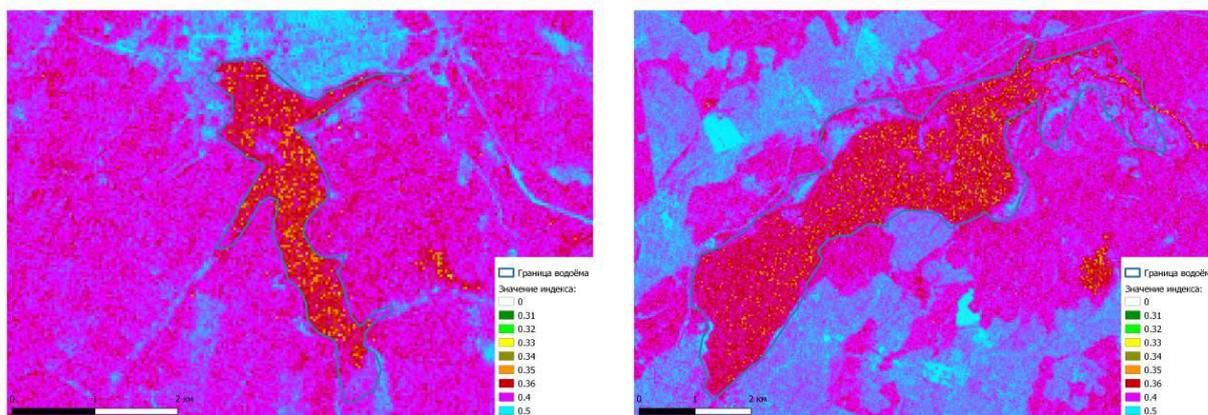


Рис. 1. Значение индекса цвета

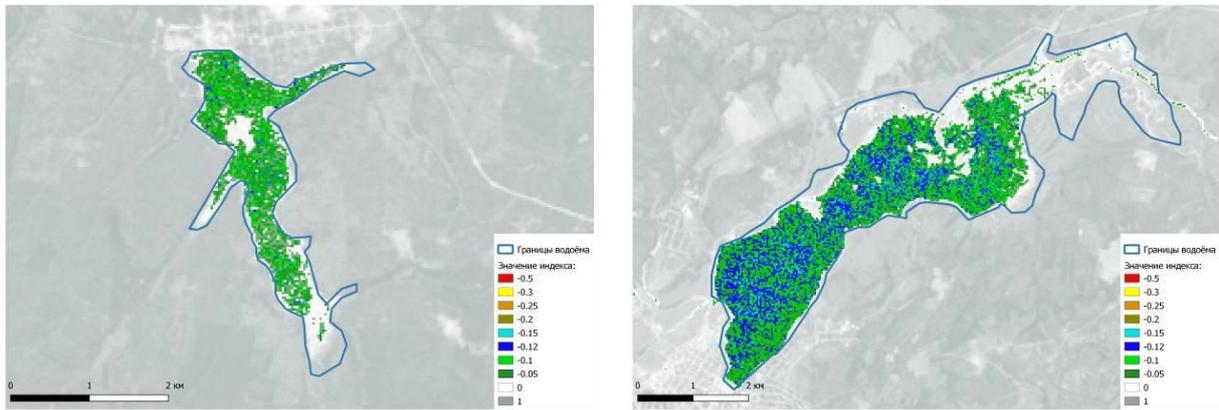


Рис. 2. Значение NDVI

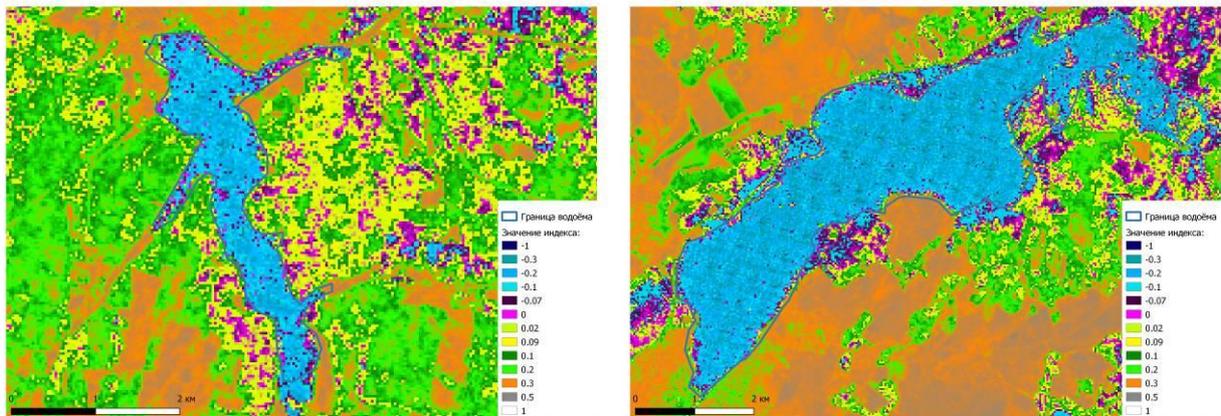


Рис. 3. Значение NDWI

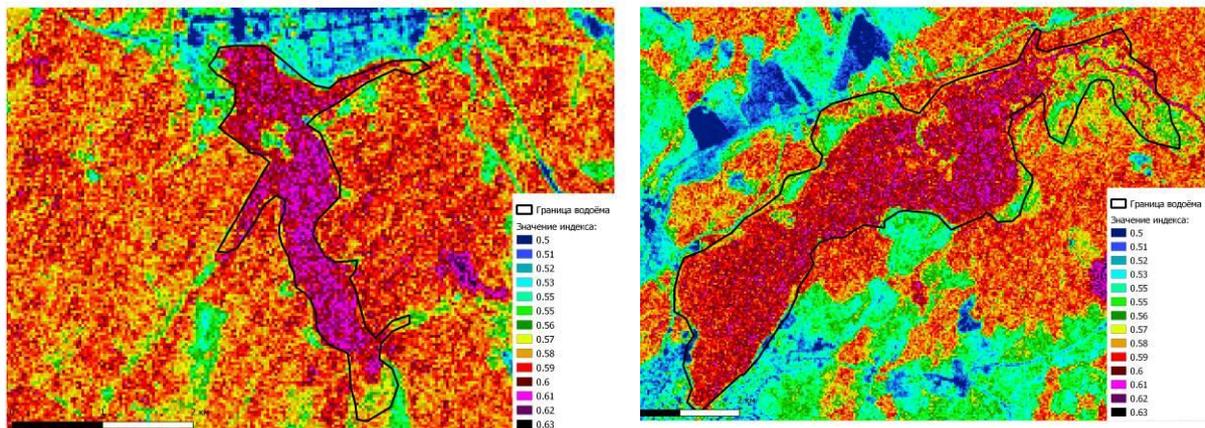


Рис. 4. Значение индекса мутности

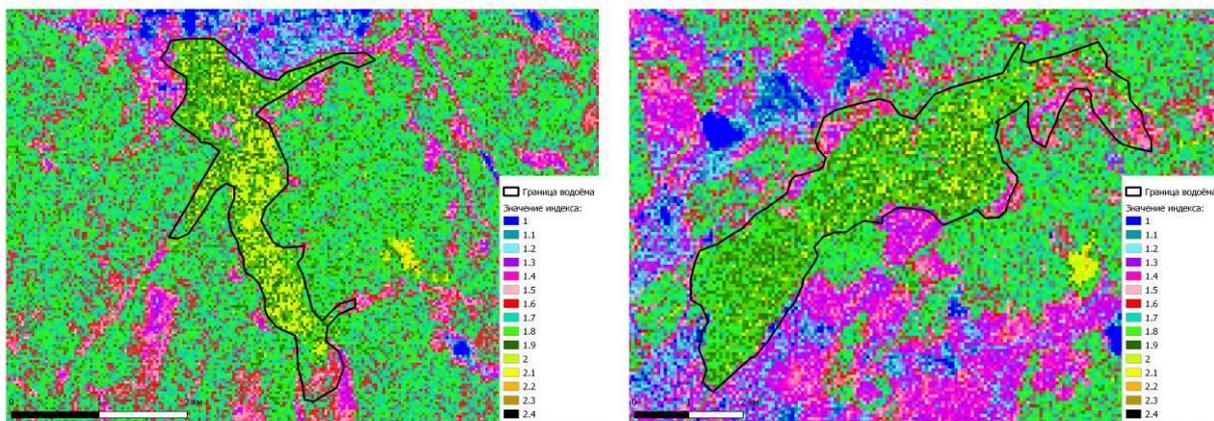


Рис. 5. Значение индекса концентрации хлорофилла *a*

При сопоставлении построенных индексных карт между собой и с данными наземных наблюдений, можно отметить некоторые особенности. Определение границ береговой линии прудов с помощью индексов NDVI (рис. 2) и NDWI (рис. 3) более достоверно по сравнению с индексом цвета воды (рис. 1), что связано с высокими значениями мутности и цветности воды, характерными для изучаемых водохранилищ. Участки водохранилищ с максимальными значениями индекса мутности воды совпадают с участками, для которых отмечены высокие значения индекса концентрации хлорофилла *a*. Как известно, высокие показатели концентрации хлорофилла *a* свидетельствуют об обильном развитии фитопланктона, что зачастую является главной причиной повышенной мутности и цветности водных масс [3]. Таким образом, в перспективе индекс мутности воды можно использовать как один из косвенных признаков для выявления участков массового развития фитопланктона в водоемах.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых – кандидатов наук (МК-86.2019.5).

Литература

1. Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В. Применение комплекса наземных методов исследования для диагностики загрязнения и процессов эвтрофирования водохранилищ Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 44–52.
2. Кутявина Т. И., Рутман В. В., Ашихмина Т. Я., Савиных В. П. Использование космических снимков для определения границ водоемов и изучения процессов эвтрофикации // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 28–33.
3. Тихомиров О. А., Бочаров А. В., Комиссаров А. Б., Хижняк С. Д., Пахомов П. М. Использование данных сенсора Landsat 8 (OLI) для оценки показателей мутности, цветности и содержания хлорофилла в воде Ивановского водохранилища // Вестник ТвГУ. Серия «Химия». 2016. № 2. С. 230–244.

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕГО ПРИТОКОВ МЕТОДОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МОДИФИКАЦИЙ

*Т. А. Кондратьева¹, Н. Ю. Степанова², Т. В. Никоненкова²,
А. Р. Гайсин², Т. Р. Латыпова²*

¹ *Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
Республики Татарстан, tatjana_kondrate@mail.ru*

² *Казанский (Приволжский) федеральный университет, step090660@yandex.ru*

Одной из актуальных задач в системе мониторинга водных объектов и оценки уровня их загрязнения является выявление характера отклика биотических сообществ (фито-, цилио-, зоопланктона, зообентоса) на уровень химического загрязнения воды и установление причинно-следственных связей между ними. В настоящее время одним из наиболее перспективных подходов к решению данной задачи считается метод экологических модификаций. Его принципы основаны на том, что в условиях увеличивающегося масштаба антропогенного воздействия на окружающую среду, происходит глубокая перестройка биоценозов. Биоценоз реагирует на подобные воздействия как единое целое приспособительными изменениями – экологическими модификациями [1]. Предложены градации состояния водных экосистем: фоновое состояние, состояние антропогенного экологического напряжения, состояние антропогенного экологического регресса и состояние антропогенного метаболического регресса. Этот подход, несомненно, более «экологичен», и поэтому представляется более обоснованным, нежели система сапробности или разнообразные биотические индексы, баллы и т. п. [2].

В этом подходе используется обобщение гидрохимических и гидробиологических данных с проекцией полученных оценок на динамическое состояние экосистемы. Учет состояния фито-, цилио-, зоопланктона и зообентоса позволяет расширить представление о процессах, происходящих в водной экосистеме, уловить тренды ее изменения.

В связи с этим цель работы – выявить экологические модификации в Куйбышевском водохранилище и его притоках.

Оценка состояния водных экосистем методом экологических модификаций проводилась по базе многолетних данных, полученных химическими и биологическими методами (1998–2018 гг.). Обобщались результаты гидрохимических и гидробиологических наблюдений на Куйбышевском водохранилище (г. Казань, г. Зеленодольск, г. Волжск – выпуск Марийского бумажного комбината, г. Чистополь, г. Нижнекамск, г. Набережные Челны, р. ц. Лаишево, Тенишево), его притоках (реки Казанка, Вятка, Степной Зай, Илеть и ее приток Юшут, Нокса, Свияга), а также на оз. Раифское. Гидробиологический анализ проводился на основе определения видового состава, численности, биомассы фитопланктона, цилиопланктона, зоопланктона и зообентоса, рассчитывались модальные (наиболее часто встречающиеся) интервалы (МИ)

показателей: численности фитопланктона, цилиопланктона, зообентоса, числа видов цилиопланктона, относительной численности коловраток и олигохет, мода и плотность вариационных рядов общей численности фитопланктона [3]. Гидрохимический анализ включал определение компонентного состава воды по 22 показателям, производилась оценка качества воды с использованием удельного комбинаторного индекса загрязнения вод (УКИЗВ), оценивались доля и степень антропогенного воздействия [4]. Для выявления факторов, определяющих гидрохимический состав исследованных водных объектов, на первом этапе был применен ординационный метод анализа главных компонент (РСА) [5].

Оценка по химическим показателям показала, что вода лентической экосистемы – Куйбышевского водохранилища (КВ) – по абиотической компоненте относится к категории «грязных». Основной вклад в загрязнение вносили ионы меди, ХПК, БПК₅, азот аммонийный, азот нитритный и нефтепродукты, загрязненность воды для которых определялась как «характерная». По доле антропогенной нагрузки состояние экосистемы КВ оценивается как переходное от равновесного к кризисному (МИ 6,7–66,7%), по степени антропогенного воздействия – как равновесное (случаев превышения ПДК более чем в 10 раз не отмечалось). В целом же, за последнее десятилетие по показателям УКИЗВ наметилась тенденция некоторого улучшения качества воды в КВ (рис.).

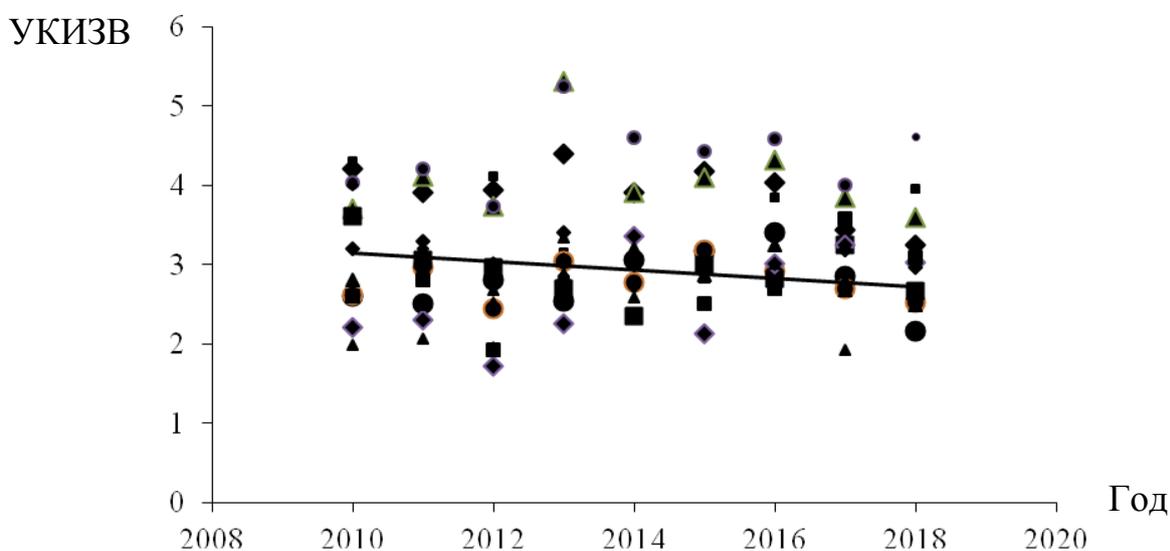


Рис. Изменение значений УКИЗВ в течение последнего десятилетия

К приоритетным показателям загрязненности лотических экосистем относятся органические вещества по ХПК и БПК₅, азот нитритный, ионы меди и железа, нефтепродукты, азот аммонийный, сульфаты. По содержанию аммонийного азота их состояние оценивается как кризисное (МИ 1–4,94 мг/л). По доле антропогенного воздействия все реки находятся в переходном состоянии из равновесного в кризисное (МИ 0–66%), а р. Нокса находится в кризисном состоянии (МИ 35–50%).

Анализ многолетних данных выявило широкое распределение значений численности фитопланктона в лентической экосистеме (КВ) по интервалам (табл.), однако более 50% данных укладываются в диапазон 0–4.

Таблица

Экологические модификации Куйбышевского водохранилища и его притоков по основным гидробиологическим группам

Водный объект / Качество воды по УКИЗВ	Фитопланктон МИ N*, млн. экз. м ³ / (M ₀ ; П ₀)	Цилиопланктон МИ N, тыс. экз. м ³ /Q	Зоопланктон МИ Nrot, %	Зообентос МИ N _{zb} , (тыс. экз./м ²)/ N _{ol} , %
Лентические экосистемы				
КВ, в целом грязное (3,82)	<u>0,02–1,99</u> 0,47; 27 ЭЭР	<u>400,0–1500,0</u> 5,0–6,0 АНЭЭР	10,0–57,0 АНЭЭР	<u>0,04–3,88</u> 0–25 ЭЭР
КВ, выпуск МЦБК чрезвычайно грязное (6,85)	<u>29,8–58,3</u> 41,3 ;2,43 АНЭв	<u>0,0–0,0</u> 0,0–800,0 ЭР, МР	0,0–21,0 АНЭЭР	<u>0,0–0,0</u> 0,0–0,0 ЭР, МР
Оз. Раифское, очень загрязнен- ное (3,45)	<u>0,9–1,3</u> 0,92; 75 АН	<u>346,5–603,9</u> 10,0–12,0 АН	5,6–29,3 АНЭЭР	<u>0,5–1,5</u> 3,8–12,0 Ф
Лотические экосистемы				
Р. Казанка, грязная (4,4)	<u>31,4–300,7</u> 51,9; 0,16 АНЭв	<u>2000,0–20000,0</u> 7,0–10,0 АНЭЭР	11,0–43,0 АНЭЭР	<u>0,04–2,77</u> 10,1–63,5 АНЭЭР
Р. Нокса, очень загрязнен- ная (3,34)	<u>1,0–1,7</u> 0,73; 73 ЭЭР	<u>0,0–800,0</u> 0,0–4,0 ЭЭР	13,6–49,2 АНЭЭР	<u>2,8–8,3</u> 60,0–99,0 ЭЭР
Р. Меша очень загрязнен- ная (3,6)	<u>0,15–1,01</u> 0,31; 82 ЭЭР	<u>1000,0–3000,0</u> 8,0–10,0 АНЭЭР	11,0–56,0 АНЭЭР	<u>0,28–2,67</u> 2,6–8,8 АНЭЭР
Р. Вятка очень загрязнен- ная (3,6)	<u>10,8–28,8</u> 18,24; 2,3 АНЭв	<u>700,0–3198,0</u> 14,0–16,0 АН	10,0–57,0 АНЭЭР	<u>0,02–1,40</u> 0,0–25,0 Ф
Р. Степной Зай, в целом очень за- грязненная (3,8)	<u>10,3–27,1</u> 12,2; 2,9 АН	<u>100,0–6800,0</u> 1,0–14,0 АНЭЭР	2,0–27,0 АНЭЭР	<u>0,1–24,3</u> 50,0–93,1 ЭЭР
рр. Илеть, Юшут загрязненные (2,66)	<u>0,2–0,5</u> 12,2; 2,9 Ф	<u>44,0–400,0</u> 229,60±70,03 Ф	2,0–22,0 АНЭЭР	<u>22,0–30,5</u> 91,0–97,0 АН

Примечание: *N – численность; Q – число видов; Nrot, % – относительная численность коловраток; N_{ol}, % – относительная численность олигохет; Ф – фоновое состояние; АН – антропогенное напряжение; АНЭЭР – антропогенное напряжение с элементами экологического регресса; АНЭв – антропогенное эвтрофирование; ЭЭР – элементы экологического регресса; ЭР – экологический регресс; МР – метаболический регресс.

Наиболее часто встречались значения в диапазоне 0–2 млн. кл/л, частота (W) составила 37,5–67%. Максимальная плотность вариационного ряда

составила (По) 48, что соответствует антропогенному напряжению с элементами экологического регресса. В лотических системах развитие фитопланктонных сообществ отличается достаточно широким размахом количественных характеристик. В р. Степной Зай МИ общей численности фитопланктона находится в переходном состоянии от антропогенного напряжения с элементами экологического регресса к состоянию с элементами экологического регресса. Для р. Казанка характерна высокая степень эвтрофирования, в р. Вятка отмечается средняя степень эвтрофирования, экосистемы рек Меша, Нокса, Свияга и Илеть испытывают элементы экологического регресса. Цилиопланктон в КВ на отдельных участках (ниже выпуска ГОС г. Казани) характеризовался высоким видовым разнообразием, что является признаком антропогенного напряжения. В лотических экосистемах количественные характеристики цилиопланктона ниже, чем в лентических, т. е. в условия естественного состояния экосистемы численность и видовое разнообразие не велико, а изменения в сообществе носят характер экологических модуляций. Так р. Вятка находится в равновесном состоянии, реки Казанка и Свияга – переходном из равновесного в кризисное, р. Нокса – кризисном состоянии.

Анализ данных зоопланктона показал, что по относительной доли в сообществе коловраток экосистема КВ в районе городов Казань и Тетюши характеризуется элементами экологического регресса (МИ 31,0–84,0). На остальных участках экосистема испытывает антропогенное эвтрофирование с элементами экологического регресса (МИ 1,0–27,0%). Реки Степной Зай, Вятка, Казанка, Илеть, Меша и Нокса по доле коловраток в сообществе характеризуются как экосистемы с элементами экологического регресса.

Бентосное сообщество КВ характеризуется широким диапазоном колебания численности. В целом, по отклику бентосного сообщества на антропогенное воздействие, экосистема Куйбышевского водохранилища испытывает элементы экологического регресса В оз. Раифское МИ общая численность зообентоса составила 0,5–1,5 тыс. экз./м², МИ доли олигохет

4,0–12,0, что можно рассматривать как фоновое состояние экосистемы озера.

В малых реках наблюдается значительные колебания качественных и количественных характеристик зообентоса. Реки Степной Зай, Нокса и Илеть по общей численности зообентоса и относительной доле олигохет характеризуется как состояние с элементами экологического регресса. Состояние реки Казанка характеризуется антропогенным эвтрофированием с элементами экологического регресса, а состояние рек Вятка и Меша – как фоновое с переходом к антропогенному напряжению.

Визуализация пространственной конфигурации двух главных компонент РС1 (минерализация, жесткость, гидрокарбонаты, хлориды, нитриты, нитраты, фосфаты) и РС2 (растворенный кислород, взвешенные вещества, органические вещества по БПК₅, хром, АСПАВ) позволила разделить объекты исследования на группы:

- 1) Куйбышевское водохранилище (низкая минерализация);

- 2) река Казанка (большая минерализация и жесткость);
- 3) река Вятка (низкая минерализация и высокое содержание анионов);
- 4) река Степной Зай (повышенное содержание хлоридов);
- 5) остальные реки (качество воды определяется преимущественно факторами антропогенной природы).

Таким образом, кластеризация данных разделила водные объекты на лентические и лотические, а последние были поделены по содержанию основных анионов, что в большой степени определяет природные гидрологические особенности формирования их гидрохимического режима.

Для выявления факторов, влияющих на количественные и качественные показатели гидробиоценозов был применен корреляционный метод, который выявил интервалы содержания химических компонентов (минерализация, взвешенные вещества, БПК, ХПК, фосфаты, хлориды, сульфаты, аммоний, нитриты, нитраты, нефтепродукты, Fe, Cu, Cr) в воде, оказывающие влияния на биотические показатели фитопланктона (численность, биомасса), зоопланктона (численность, биомасса), зообентоса (численность).

В целом, исследованные водные объекты значительно различаются между собой как по абиотическим, так и биотическим составляющим и находятся на разных стадиях антропогенного воздействия: от фонового (оз. Рафское, р. Вятка, р. Илеть, р. Юшут) до метаболического регресса (выпуск Марбум-комбината).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта №18-44-160027.

Литература

1. Абакумов В. А. Экологические модификации и критерии экологического нормирования // Труды международного симпозиума. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 334 с.
2. Булгаков Н. Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов // Усп. соврем. биол. 2002. Т. 122. № 2. С. 115–135.
3. РД 52.24.633-2002. Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 32 с.
4. Рекомендации. Оценка риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные воды суши. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 25 с.
5. Шитиков В. К., Зинченко Т. Д. Многомерный статистический анализ для экологических сообществ (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 1. С. 5–11. doi: 10.25750/1995-4301-2019-1-005-011

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДЕ РОДНИКОВ г. КИРОВА

О. М. Абдухалилов¹, С. Г. Скугорева^{1,2}

¹ Вятский государственный университет, *alimbay.1998@mail.ru*

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, *skugoreva@mail.ru*

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) относятся к ксенобиотикам, которые являются серьезными загрязнителями окружающей среды (ОС). Они являются побочным продуктом неполного сгорания органических веществ, а также образуются при сжигании нефти, угля и бензина [1]. ПАУ проявляют канцерогенные и мутагенные свойства, в связи с этим более 16 соединений данного класса находятся под законодательным контролем или интегрированы программой мониторинга научного комитета ЕС по продуктам питания (SCF), Всемирной организации здравоохранения, Агентством по охране ОС [2].

Бенз[а]пирен (БП) – один из представителей ПАУ, он относится к веществам 1 класса опасности. Предельно допустимая концентрация БП в водных объектах достаточно низка и составляет 10 нг/дм³ [3]. Ранее нами исследовано содержание этих соединений в почвах [4] и снеговом покрове вблизи ТЭЦ-5 г. Кирова [5], а также токсическое действие ПАУ на растения ячменя [6].

Источниками загрязнения ПАУ природных вод могут быть промышленные и муниципальные сточные воды, атмосферные осаднения, разливы нефти и др. [7–8].

Проблема чистой питьевой воды является одной из самых острых экологических проблем, так как она связана со здоровьем человека. Эта проблема всесторонне представлена в руководстве Всемирной организации здравоохранения по качеству питьевой воды [9]. В настоящее время проводятся исследования по содержанию в воде органических загрязнителей и ксенобиотиков, в том числе фосфорорганических пестицидов, тригалогенметанов, побочных продуктов дезинфекции [10–11]. Содержание ПАУ в воде из родников в черте города позволяет оценить степень загрязнения грунтовых вод данными соединениями.

Целью данного исследования было определить содержание полициклических ароматических углеводородов в воде из родников г. Кирова методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Отбор проб проводили из четырех родников г. Кирова: у Диорамы (№ 1), у Трифонова монастыря (№ 2), в овраге Засора (№ 3), в сквере 60-летия СССР (№ 4) (рис. 1).

Для извлечения ПАУ из проб воды проводили двукратную экстракцию с гексаном. Экстракты объединяли, осушали, пропуская через воронку со слоем безводного сернокислого натрия, в колбу. Экстракт упаривали до объема 3–5 см³. Остаток упаривали досуха в вакууме, помещая колбу на водяную

баню при 40–50 °С. Сухой остаток растворяли в 0,2–0,5 см³ ацетонитрила, осаждали на 15 мин и подвергали хроматографическому анализу [12].

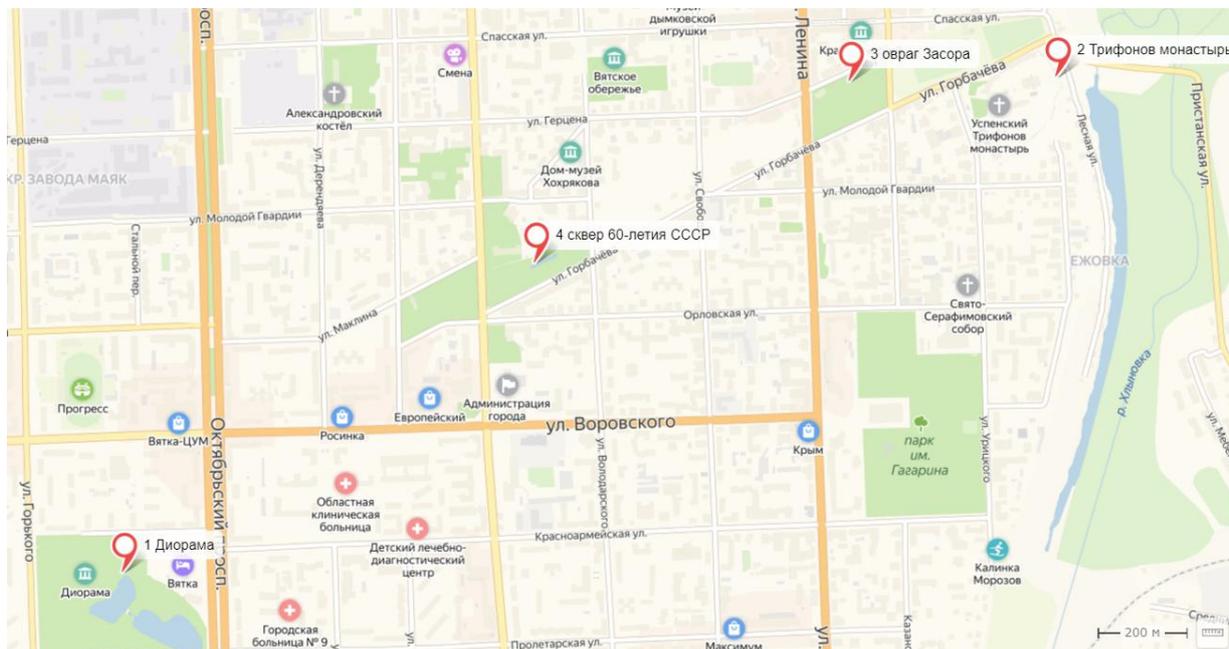


Рис. 1. Карта-схема расположения родников в г. Кирове

Канцерогенную активность суммы ПАУ $A_{\Sigma \text{ПАУ}}^k$ в абсолютных единицах рассчитывали по формуле [13]:

$$A_{\Sigma \text{ПАУ}}^k = \sum_{i=1}^m K_{\text{ПАУ}i} \cdot C_{\text{ПАУ}i},$$

где $K_{\text{ПАУ}i}$ – коэффициент канцерогенной активности i -ого ПАУ относительно бенз[а]пирена; $C_{\text{ПАУ}i}$ – массовая концентрация i -ого ПАУ в объекте, выраженная в абсолютных единицах; m – число ПАУ. Канцерогенная активность ПАУ: пирен – 0,001; хризен – 0,01; бенз[б]флуорантен – 0,1; бенз[к]флуорантен – 0,1; бенз[а]пирен – 1; дибенз[а,һ]антрацен – 1; бенз[g,һ,i]перилен – 0,01.

В таблице приведены данные по содержанию ПАУ в пробах родниковой воды. Легкие ПАУ – пирен и хризен – определены во всех отобранных пробах воды. Наибольшее их содержание было определено в пробе, отобранной в сквере 60-летия СССР. Минимальной была концентрация этих ПАУ в воде родника у Трифонова монастыря.

Бенз[б]флуорантен не был обнаружен с помощью метода ВЭЖХ в пробах, отобранных у Трифонова монастыря и в сквере 60-летия СССР. В пробе воды из родника оврага Засора установлено максимальное его содержание – 3,3 нг/дм³.

Для бенз[к]флуорантена, дибенз[а,һ]антрацена и бенз[g,һ,i]перилена максимальные значения концентраций отмечены в пробе воды из родника сквера 60-летия СССР, они составили 9; 8,5 и 19 нг/дм³ соответственно.

**Содержание полициклических ароматических углеводородов в воде
из родников г. Кирова, нг/дм³**

Родники \ ПАУ	Пи-рен	Хри-зен	Бенз[b] флу-орnten	Бенз[k] флу-орanten	Бенз[a]-пирен	Ди-бенз[a,h]а нтрацен	Бенз-[g,h,i]пер илен
Диорама	17,00	1,90	2,70	1,30	0,90	0,58	0,11
Трифонов монастырь	6,30	3,30	но	1,10	0,90	0,09	но
Овраг Засора	16,00	5,40	3,30	1,80	1,80	0,23	1,00
Сквер 60-летия СССР	22,00	58,00	но	9,00	29,00	8,50	19,00

Примечание: но – не обнаружено с помощью метода ВЭЖХ; жирным шрифтом выделены наибольшие значения.

Бенз[a]пирен был обнаружен во всех исследованных пробах. Минимальные его концентрации отмечались в пробах воды из родников у Диорама и Трифонова монастыря (по 0,9 нг/дм³). Наибольшее содержание БП, превышающее ПДК в 2,9 раза, определено в пробе родника в сквере 60-летия СССР.

На рисунке 2 представлены данные по показателям канцерогенности ПАУ в родниковой воде. Канцерогенная активность оказалась минимальной в пробе воды, отобранной у Диорама. В пробе воды из родника в сквере 60-летия СССР установлены наибольшие значения по канцерогенной активности ПАУ: как сумма ПАУ в абсолютных и в относительных единицах, так и вклад БП в этой пробе воды были высоки.

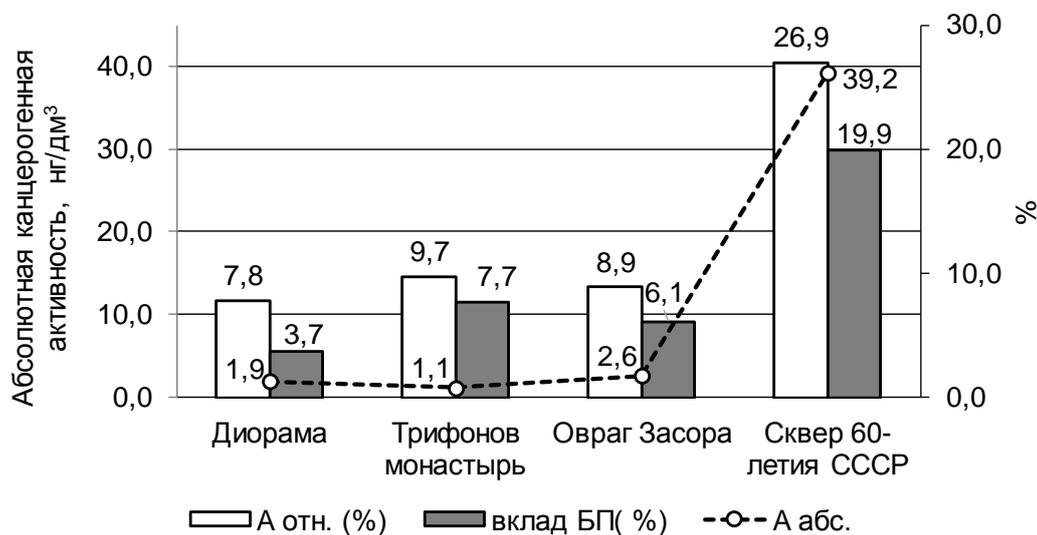


Рис. 2. Показатели канцерогенности ПАУ

Таким образом, в ходе исследования содержания ПАУ в воде из родников г. Кирова было идентифицировано и количественно определено семь представителей данного класса (пирен, хризен, бенз[b]флуорантен, бенз[k]флуорантен, бенз[a]пирен, дибенз[a,h]антрацен, бенз[g,h,i]перилен).

Для БП отмечено превышение ПДК в 2,9 раз в пробе воды, отобранной в сквере 60-летия СССР. В данной пробе также установлена самая высокая канцерогенная активность. Причиной того, что данный родник является загрязненным ПАУ может быть то, что он находится в непосредственной близости от улицы с оживленным движением автотранспорта – ул. Карла Маркса (рис. 1). Немало важно и то, что сквер расположен в понижении ландшафта, где могут скапливаться выбросы автотранспорта.

Наименьшим содержанием всех ПАУ характеризуется родник у Трифонова монастыря, так как он находится на отдаленной от источников загрязнения территории.

Литература

1. Майстренко В. Н. Хамитов Р. З., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия, 1996. 319 с.
2. Методы защиты человека от воздействия приоритетных поллютантов: учебно-метод. пособие / Под ред. Е. Г. Лебедева. Оренбург: Изд-во Оренб. гос. ин-т менеджмента, 2011. 141 с.
3. ГН 2.1.5.2280-07. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М: Минздрав России, 2007. 13 с.
4. Скугорева С. Г., Абдухалилов А. О. Оценка содержания бенз[а]пирена в почве вблизи ТЭЦ-5 г. Кирова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2018. С. 168–171.
5. Скугорева С. Г., Фокина А. И., Абдухалилов А. О., Ашихмина Т. Я. Оценка степени техногенной нагрузки в зоне влияния ТЭЦ-5 (г. Киров) по снеговому покрову // Бутлеровское сообщения. 2019. Т. 59. № 8. С. 147–155.
6. Абдухалилов О. М., Скугорева С. Г. Токсическое действие полициклических ароматических углеводородов на растения ячменя // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов: Материалы междунар. науч. конф. Киров: ВятГУ, 2019. С. 249–251.
7. Rodenburg L. A. Mass balances on selected polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Prepared for the «Industrial ecology, pollution prevention and the NY/NJ Harbor». Project of the New York Academy of Sciences. December 2006. P. 171.
8. WHO, Polycyclic aromatic hydrocarbons, selected non-heterocyclic (EHC 202, 1998), 1998 [Электронный ресурс] <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc202.htm> (Дата обращения: 02.11.2019).
9. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Addendum to V. 4. Health criteria and other supporting information. 2nd ed. Geneva, 1998. P. 631.
10. Berryman D., Houde F., DeBlois C., O'Shea M. Nonphenolic compounds in drinking and surface waters downstream of treated textile and pulp and paper effluents: a survey and preliminary assessment of their potential effects on public health and aquatic life // Chemosphere. 2004. V. 56 (3). P. 247–255.
11. Jafari A. J., Abasabad R. P., Salehzadeh A. Endocrine disrupting contaminants in water resources and sewage in Hamadan City of Iran // Iran J. Environ. Health. Sci. Eng. 2009. V. 6 (2). P. 89–96.
12. ГОСТ 31860-2012. Вода питьевая. Метод определения содержания бенз[а]пирена. М.: 2014. 11 с.

13. Nisbet I. C., La Goy P. K. Toxic equivalency factors views of environmental contamination and toxicology. (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1992. V. 16. No. 3. P. 290–300.

ОСОБЕННОСТИ РОЗЕТОЧНЫХ ФОРМ ФИТОИНДИКАТОРОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОТОПАХ ДОНБАССА

Т. И. Кравсун

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,
kf.botan@donnu.ru

Важность биоиндикационных исследований отмечается в актуальной потребности проведения экологического мониторинга [1], который нужен для успешного природопользования и менеджмента на территориях с интенсивным развитием промышленности (металлургической, химической, коксохимической и др.), например, для городских агломераций Центрального Донбасса [2–4]. Всестороннее изучение растений в урбаносреде с ярко выраженным спектром геохимической гетерогенности на примере узловых конструкций Донецко-Макеевского конгломерата уже содержит базовый перечень растений-индикаторов, выделяющихся в разных категориях целевого использования для экологической экспертизы и мониторинга [5], однако список индикационных значений нуждается в постоянном дополнении.

Цель работы – установить индикаторную значимость степени розеточности как проявления стратегии вегетативного характера растительных организмов в условиях промышленных экотопов Донецкого экономического региона.

Методическая часть организации эксперимента основывается на имеющихся научно-практических разработках в Донбассе [2, 4] и адаптированных методиках для такого целевого использования [6].

Общая тенденция ксерофитизации, уменьшения вегетационного периода, сравнительно быстрого перехода к генеративной стадии отмечается для всех розеточных форм сорно-рудеральной фракции урбанофлоры промышленных городов Донбасса.

Сбор материала с последующей гербаризацией проводили на промышленных площадках и экотопах условного контроля – буферных территориях природно-заповедного фонда региона.

Территория Енакиевского металлургического завода характеризуется регистрацией карликовых форм розеток *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Plantago major* L., *Senecio vernalis* L., дефолиации и депигментации *Tanacetum vulgare* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Artemisia vulgaris* L. и *Typha laxmanii* Lerpch., а также тератологическими преобразованиями устьичного аппарата листовых пластинок нижней формации *Berteroa incana* (L.) DC., *Cichorium intybus* L., *Polygonum aviculare* L. s. str., *Verbascum lychnitis* L. и *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.

Ясиновский коксохимзавод на своей территории формирует зоны существенного воздействия на атмосферу с последующим оседанием загрязнителей в почвенной среде; здесь отмечены гигантизм листовых пластинок *Amaranthus albus* L., *Chenopodium album* L.; атипичное опушение листового аппарата *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen, *Phalacroloma annuum* (L.) Dumort., *Daucus carota* L. и *Reseda lutea* L.; депигментация листового аппарата *Amaranthus retroflexus* L., *Cichorium intybus* L. *Echium vulgare* L., *Hyoscyamus niger* L., *Ambrosia artemisiifolia* L.; рыхлая (разреженная и редуцированная розеточность *Erysimum canescens* Roth и *Melilotus officinalis* (L.) Pall. и *Berteroa incana* (L.) DC.

Зона импакта Донецкого металлургического завода по наблюдению за особенностями проявления розеточности растений характеризуется: гигантизм листового аппарата *Chenopodium album* L., *Daucus carota* L., *Verbascum lychnitis* L., дефолиация *Berteroa incana* (L.) DC., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Polygonum aviculare* L. s. str., *Erysimum canescens* Roth, *Senecio vernalis* L. и *Plantago major* L.; одновременно отмечена редукция верхушечной части анастомозной сетки листьев розетки для *Artemisia vulgaris* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Phalacroloma annuum* (L.) Dumort., *Plantago major* L., *Tanacetum vulgare* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.

Макеевский металлургический комбинат по наблюдаемым признакам характеризуется особенностями, схожими по своему наличию на территории Енакиевского металлургического завода (те же признаки) с дополнительно отмеченными появлениями кроющих трихом у *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Echium vulgare* L., *Phalacroloma annuum* (L.) Dumort. и *Reseda lutea* L.

Отмеченные особенности проявления розеточности важны для пополнения существующей базы по фитоиндикаторам в Донецком экономическом регионе.

Литература

1. Khondhodjaeva N. B., Ismillaeva K. B., Ruzimbayeva N. T. Bioindication and its importance in the conducting of ecological monitoring // European Science. 2018. № 4 (36). P. 68–70.
2. Сафонов А. И. Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 35–43.
3. Сафонов А. И. Инвентаризация промышленных объектов Донбасса по фитоиндикационным критериям // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2019. № 1. С. 121–128.
4. Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998–2018 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 67–72.
5. Сафонов А. И. Сорно-рудеральная фракция урбанофлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов: Материалы Междунар. науч. конф. (Киров, 16–18 апреля 2019 г.). Киров: ВятГУ, 2019. С. 13–16.

6. Поспелова А. О., Мардра Ю. А., Зеленская Т. Г., Гудиев О. Ю. Оценка экологического состояния окружающей среды городских территорий методами биоиндикации и биотестирования. Ставрополь: Ставропольский гос. агр. ун-т, 2017. 161 с.

ОЦЕНКА ФИТОМАССЫ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В РАЗНЫХ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Н. В. Герлинг, С. И. Тарасов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, gerling@ib.komisc.ru

Оценка фитомассы древостоев необходима для исследований потоков вещества и энергии в лесных экосистемах. В основе таких оценок лежит аллометрическая связь между фитомассой отдельных фракций и частей дерева и его таксационными показателями. В подавляющем большинстве при аппроксимации зависимости надземной фитомассы дерева от его диаметра на высоте 1,3 м используется аллометрическая функция вида

$$y=ax^b \quad (1)$$

где y – абсолютно сухая надземная фитомасса, x – диаметр на высоте 1,3 м, a , b – коэффициенты [1]. Методически, оценка надземной фитомассы древостоя осуществляется следующим образом: проведя рубку вблизи пробной площади и измерив надземные фитомассы нескольких деревьев, эквивалентных по таксационным показателям деревьям исследуемого древостоя, строят модель, описывающую зависимость надземной фитомассы и диаметра дерева. На основании данной модели оценивают надземную фитомассу каждого дерева в составе древостоя, далее, суммируя полученные значения, делают оценку общей надземной фитомассы древостоя.

Метод трудоемок и требует значительных затрат ресурсов и времени, которые увеличиваются по мере увеличения диаметров модельных деревьев. К тому же отбор модельных деревьев на определенных лесных территориях (заказники, заповедники, водоохранные зоны и т. п.) часто невозможен. Это заставляет искать универсальные модели, описывающие связь надземной фитомассы и таксационных показателей дерева, которые применимы для широкого круга лесных фитоценозов.

Цель настоящей работы: выяснить возможность использования универсальной модели для оценки надземной фитомассы пихты сибирской.

Для решения поставленной задачи в 2017–2019 гг. были проведены исследования в лесных насаждениях с преобладанием пихты сибирской, расположенных в средней и южной подзонах тайги Республики Коми. В Прилузском, Княжпогостском и Троицко-Печорском районах были заложены 3 постоянные пробные площади (ППП) размером 0,25 га: ППП 1, ППП 5 и ППП 8. Лесотаксационные описания пробных площадей проводили по стандартной методике [2]. Вблизи пробных площадей были отобраны модельные деревья

пихты, общим количеством 35 (11, 12, 12) экземпляров [3, 4], и методом нелинейной оптимизации построены регрессионные модели, связывающие диаметр на высоте 1,3 м и надземную фитомассу дерева. В качестве модели во всех рассматриваемых случаях было выбрано уравнение (1). Для уменьшения влияния неоднородности данных при аппроксимации использовали весовую функцию $w_i = 1/y_i^2$. С целью выяснения близости полученных моделей и возможности объединения их в общую модель, нами проведено сравнение моделей.

Результаты регрессионного анализа показали, что все три модели статистически значимы с высоким коэффициентом детерминации и адекватно описывают экспериментальные данные. Параметры всех трех моделей оказались близки, визуальное сравнение моделей в графической форме, также указывает на близость моделей (рис.).

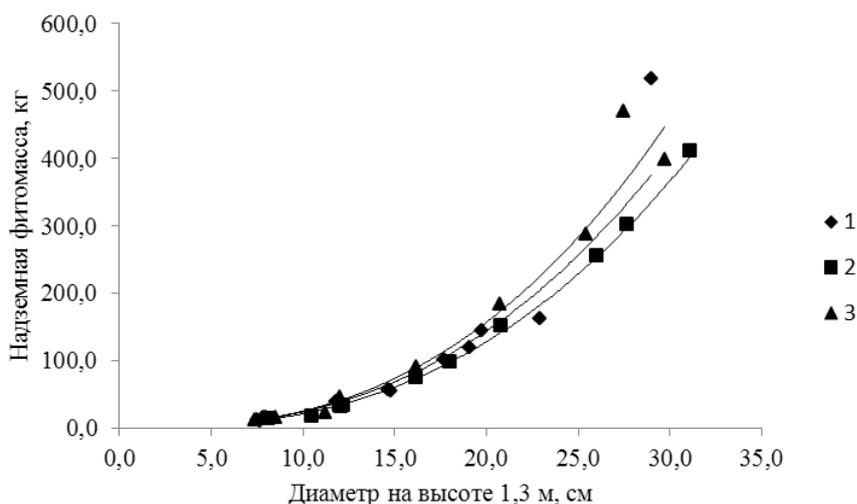


Рис. Зависимость надземной фитомассы пихты от диаметра ствола на высоте 1,3 м: 1– Прилузский район; 2 – Княжпогостский район; 3 – Троицко-Печорский район. Модельные кривые обозначены сплошной линией

На основании полученных результатов была выдвинута гипотеза о возможности описания всех наборов экспериментальных данных единой общей моделью. С целью проверки данной гипотезы имеющиеся в распоряжении выборки были объединены в одну. Основываясь на объединенной выборке была построена общая модель. Для статистической проверки выдвинутой гипотезы все модели приводили к линейному виду путем логарифмирования исходных уравнений и применяли метод сравнения линейных регрессий: каждую частную модель сравнивали с общей.

При сравнении уравнений установлено, что каждое частное уравнение статистически неотлично от общего уравнения, т.е. не противоречат выдвинутой гипотезе о применимости единого уравнения для оценки надземной фитомассы пихты. Сопоставление частной и общей моделей для оценки надземной фитомассы пихты на шести пробных площадях показало, что относи-

тельная разность оценок общей надземной фитомассы, полученных с использованием частных и общей моделей, изменяется от 0,02% до 2,2% и в среднем составляет 1,2%.

Полученный результат означает, что на территориях, по крайней мере, средней и южной подзон тайги Республики Коми общая модель, построенная на основе обобщенной выборки, может использоваться для оценки надземной фитомассы пихты без проведения рубок модельных деревьев.

Литература

1. Zianis D., Muukkonen P., Mäkipää R., Mencuccini M. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica Monographs* 4. 2005. 63 p.
2. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. 60 с.
3. Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности земного шара. М.; Л.: Наука, 1965. С. 40–147.
4. Усольцев В. А., Залесов С. В. Методы определения биологической продуктивности насаждений. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. 147 с.
5. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.

СРАВНЕНИЕ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

С. И. Тарасов, Н. В. Герлинг

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, tarasov@ib.komisc.ru

Способность живого вещества продуцировать биомассу – является неотъемлемым свойством биосферы и носит название биологической продуктивности [1]. Наиболее важная количественная оценка биологической продуктивности – это биологическая продукция сухого органического вещества или энергии, выражаемая в единицах массы (энергии) в единицу времени. В отношении наземных растительных сообществ биологическая продукция, понимаемая как интенсивность продукционного процесса (накопления органического вещества), подразделяется на четыре категории – общая первичная (*GPP*), чистая первичная (*NPP*), чистая экосистемная (*NEP*) и чистая биомная (*NBP*) [1]. Чистая первичная продукция (*NPP*) может быть измерена таксационными методами учета прироста фитомассы и используется как мера при сравнении биопродуктивности растительных сообществ.

Один из основных методов оценки первичной продукции деревьев и насаждений, основанных на прямом измерении фитомассы, предусматривает отбор образцов древесины стволов, ветвей и корней, с последующей оценкой фитомассы отдельного дерева (абсолютно сухое вещество (а.с.в.)) в начале и конце исследуемого периода, и экстраполяции последней на древостой [2]. В общем случае оценка первичной продукции выполняется по соотношению

$$Z_t = \Delta P + \Delta L + \Delta G, \quad (1)$$

где Z_t – первичная (чистая) продукция общей фитомассы дерева (насаждения) за период времени t_2-t_1 ; ΔP – разность значений общей фитомассы дерева (насаждения), измеренной в моменты времени t_1 и t_2 ; ΔL – опад общей фитомассы за период наблюдения; ΔG – фитомасса, потребленная консументами за период наблюдения. Оценка опада общей фитомассы и фитомассы, потребленной консументами, затруднена, поэтому на практике слагаемыми ΔL и ΔG пренебрегают и определяют первичную продукцию как сумму приростов составляющих дерево фракций (с последующим пересчетом на насаждение)

$$Z_t = \Delta P = \Delta P_s + \Delta P_b + \Delta P_f + \Delta P_r \quad (2)$$

где ΔP_s , ΔP_b , ΔP_f , ΔP_r – годичный прирост стволов, ветвей, листы и корней соответственно. Таким образом, оценкой чистой первичной продукции NPP выступает Z_t . В связи с трудоемкостью оценки фитомассы корней, особенно у деревьев с большими диаметрами, последнее слагаемое ΔP_r также часто отбрасывается или оценивается теоретически. Большая величина Z_t – соответствует большей биопродуктивности насаждения.

Использование чистой первичной продукции для сравнения биопродуктивности насаждений не лишено недостатков. Временной интервал, через который проводится повторный учет фитомассы, составляет, как правило, 5 или 10 лет. Это делает невозможным оперативное сравнение продуктивности древостоев с использованием оценки NPP . К тому же, сама оценка NPP неоднозначна. Скорость роста дерева зависит от его возраста, следовательно, оценка NPP насаждения будет зависеть от стадии его развития и определяться скоростью роста возрастной группы деревьев, имеющей в составе древостоя наибольшее представительство. Указанные недостатки можно преодолеть, если использовать такой показатель, как удельная скорость роста.

Известно, что рост дерева, в частности, увеличение его биомассы в зависимости от времени, адекватно описывается сигмоидной (S-образной) кривой [3]. В простейшем случае это логистическая функция

$$y = \frac{y_{\max} y_0}{y_0 + (y_{\max} - y_0)e^{-bt}}, \quad (3)$$

где y – надземная фитомасса дерева (а.с.в.), t – возраст (время), y_0 – начальное значение надземной фитомассы растения (а.с.в.); y_{\max} – максимальное значение надземной фитомассы растения (а.с.в.) в данных условиях; b – удельная скорость роста, достигаемая деревом в начальной фазе роста

$(b = \frac{1}{y_0} \cdot \frac{dy}{dt})$. На практике, данные о максимальной достижимой надземной фитомассе дерева в предельном возрасте получить сложно. Однако в области малых значений аргумента t логистическая функция может быть записана как [3]

$$y = y_0 e^{bt}. \quad (4)$$

Аппроксимируя зависимость надземной фитомассы дерева (а.с.в.) от его возраста функцией (4), можно оценить удельную скорость роста дерева b

в заданных лесорастительных условиях. Потенциально все деревья конкретного древостоя могут расти с такой скоростью. Так же, как и зависимость фитомассы выборочных модельных деревьев от диаметра экстраполируется на весь древостой, удельную скорость роста отдельного дерева можно рассматривать как характеристику совокупности деревьев одного вида произрастающих в одинаковых климатогеографических условиях. В благоприятных условиях произрастания удельная скорость роста дерева (и, соответственно, древостоя) будет больше, следовательно, его продуктивность будет выше. Это дает возможность оценивать и сравнивать биопродуктивность насаждений по их удельной скорости роста.

Для практической реализации и проверки предлагаемого метода были использованы данные, полученные в 2017–2019 гг. при проведении исследований в лесных насаждениях с преобладанием пихты сибирской, расположенных в средней и южной подзонах тайги Республики Коми. В Прилузском, Княжпогостском и Троицко-Печорском районах были заложены 3 постоянные пробные площади (ППП) размером 0,25 га: ППП 1, ППП 5 и ППП 8. Лесотаксационные описания пробных площадей проводили по стандартной методике [4]. Вблизи пробных площадей были отобраны модельные деревья пихты, общим количеством 35 экземпляров [2, 5]. На каждой пробной площади отбирали хвою пихты сибирской для изучения структурно-функциональных особенностей. Анатомическую структуру хвои пихты сибирской изучали при помощи светового микроскопа «Axiovert 200 M» (Karl Zeiss, Германия), для определения концентрации пигментов в хвое использовали методику [6].

На основании полученных экспериментальных данных методом нелинейной оптимизации была построена общая регрессионная модель, связывающая диаметр на высоте 1,3 м и надземную фитомассу дерева пихты сибирской (а.с.в.). Полученная регрессионная модель использовалась для оценки надземной фитомассы деревьев пихты сибирской на исследованных пробных площадях.

Для оценки возраста всей совокупности деревьев на экспериментальных пробных площадях использовали данные о соотношении возраста и диаметра на высоте 1,3 м, также собранные при отборе модельных деревьев. Имеющиеся выборки были дополнены данными, полученными при взятии кернов на соответствующих пробных площадях. Анализ данных показал, что между продолжительностью жизни отдельного дерева и его диаметром существует сильная корреляционная связь, указывающая на наличие функциональной зависимости. Зависимость носит нелинейный характер и может быть описана функцией вида [7]

$$y = A(1 - e^{-kD_{1,3}}), \quad (5)$$

где y – возраст дерева, $D_{1,3}$ – диаметр на высоте 1,3 м, A , k – коэффициенты.

Ограниченность выборок и сосредоточенность данных в области малых значений при моделировании приводит к неоправданному завышению воз-

раста деревьев с большими диаметрами. Поэтому параметр k оценивали следующим образом. Коэффициент A – это максимальный возраст дерева, при увеличении диаметра $D_{1,3}$ значение возраста у асимптотически приближается к величине A . Было введено ограничение: при диаметре равном 40 см возраст дерева равен 0,99с. Тогда $e^{-kD_{1,3}} = 0,01$, откуда следует $k = -\frac{\ln 0.01}{40} = 0.1151$.

Полученное значение рассматривали как оценку коэффициента k во всех моделях, соответственно в качестве модели использовали функцию

$$y = A(1 - e^{-0.1151D_{1,3}}), \quad (6)$$

Результаты регрессионного анализа зависимости диаметра от возраста дерева показали, что полученные модели адекватны, статистически значимы и не противоречат экспериментальным данным. Полученные выборочные регрессионные уравнения использовали для оценки возраста всех деревьев пихты на соответствующих пробных площадях.

Далее, на основании оценок возраста и надземной фитомассы деревьев пихты, для каждого района исследования строились модели, описывающие рост дерева пихты на начальных стадиях развития в различных климато-эдафических условиях. В качестве модели использовали уравнение (4).

В графическом виде, полученные результаты представлены на рисунке 1.

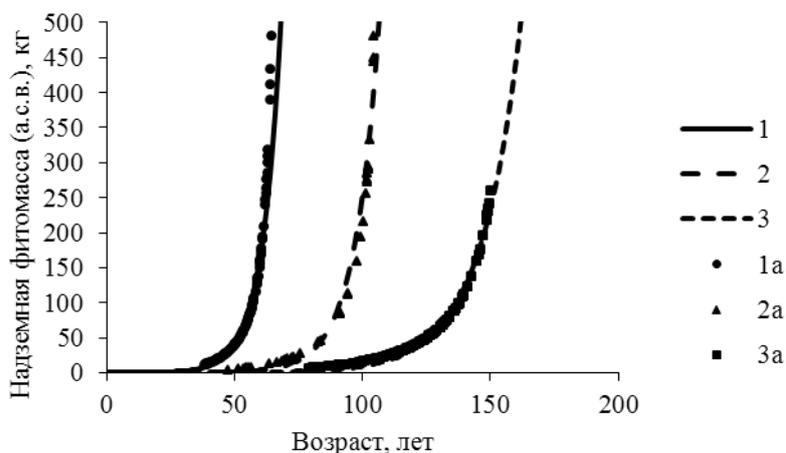


Рис. 1. Зависимость надземной фитомассы дерева пихты (а.с.в.) от его возраста; Прилузский район (ППП 5): 1 – модель, 1a – эксперимент; Княжпогостский район (ППП 1): 2 – модель, 2a – эксперимент; Троицко-Печорский район (ППП 8): 3 – модель, 3a – эксперимент

Анализ показал, что различия между начальными значениями надземной фитомассы деревьев пихты исследованных районов статистически незначимы. Наибольшая удельная скорость роста соответствует деревьям пихты, произрастающим в Прилузском районе ($0,14 \text{ год}^{-1}$), далее по степени убывания удельной скорости следуют деревья пихты Княжпогостского ($0,11 \text{ год}^{-1}$) и Троицко-Печорского ($0,06 \text{ год}^{-1}$) районов. Это позволяет утверждать, что био-

логическая продуктивность исследованных лесных насаждений соотносится аналогичным образом.

Продуктивность дерева прямо пропорциональна размерам ассимиляционного аппарата и его производительности [8]. Следовательно, проверку адекватности предложенной методики можно провести, сравнивая количество и структурно-функциональные особенности хвои пихты сибирской. Оценку количества хвои делали на основе данных по фитомассе хвои, в качестве показателя использовали среднюю фитомассу хвои (а.с.в.), приходящуюся на ступень толщины. Для каждого района исследований были построены модели, описывающие зависимость фитомассы хвои (а.с.в.) от диаметра дерева. В качестве аппроксимирующей функции была выбрана экспоненциальная функция

$$y = fe^{gx}, \quad (7)$$

где y – фитомасса хвои (а.с.в.), x – диаметр, f , g – коэффициенты. Результаты регрессионного анализа показали, что полученные модели статистически значимы и адекватны экспериментальным данным. На основе выборочных регрессионных уравнений были получены оценки абсолютно сухой массы хвои в зависимости от диаметра ствола на высоте 1,3 м для каждого дерева на объектах исследования. Далее, рассчитывали среднюю фитомассу хвои, приходящуюся на ступень толщины. Полученные результаты в графической форме представлены на рисунке 2.

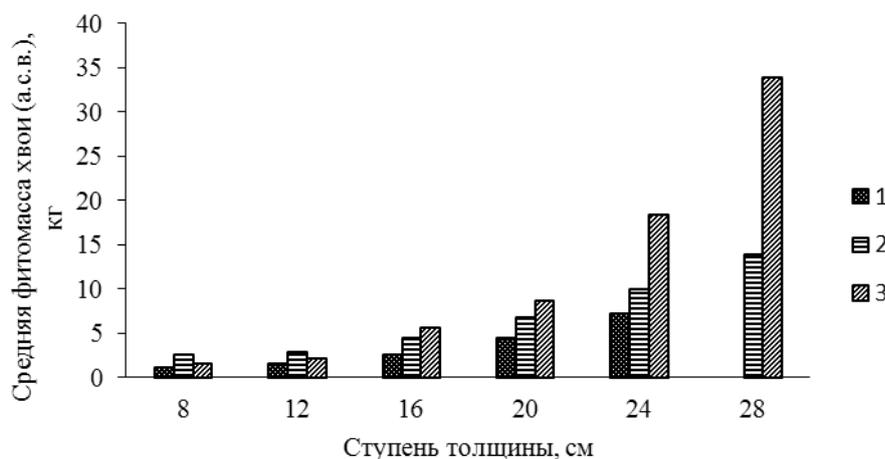


Рис. 2. Зависимость средней фитомассы хвои (а.с.в.) от ступени толщины; 1 – Троицко-Печорский район (ППП 8), 2 – Княжпогостский район (ППП 1), 3 – Прилузский район (ППП 5). Ось абсцисс ограничена значением 28, т.к. на ППП 8 отсутствуют деревья соответствующего диаметра, для ППП 1 и ППП 5 основная тенденция сохраняется до 40 ступени толщины

Анализ показывает, что хотя для начальных ступеней толщины (8,12) по среднему количеству хвои лидирует пихта, произрастающая в Княжпогостском районе (ППП 1), для ступеней толщины больших 16 на первое место выходит пихта Прилузского района (ППП 5). Самый малый средний вес для

всех ступеней толщины имеет хвоя пихты, произрастающая в Троицко-Печорском районе (ППП 8).

Оценку структурно-функциональных особенностей хвои пихты сибирской проводили на основании морфолого-анатомических показателей хвои и ее пигментного комплекса. Наибольшей длины хвоя пихты достигает в Прилузском районе (ППП 5), у пихты Княжпогостского района (ППП 1) она минимальна. Наибольшая площадь поперечного сечения хвои наблюдается у пихты в Княжпогостском районе (ППП 1). В Троицко-Печорском (ППП 8) и Прилузском (ППП 5) районах этот показатель достоверно не различается. Однако изучение мезоструктуры хвои показало, что количество мезофилла в единице объема хвои пихты сибирской в Прилузском районе (ППП 5) на 28% выше, чем в хвое пихты из Княжпогостского и Троицко-Печорского районов. Оценки количества мезофилла в единице объема хвои пихты сибирской этих районов достоверно не различались. В целом, это свидетельствует о большем количестве ассимиляционной ткани в хвое пихты сибирской, произрастающей в Прилузском районе.

Изучение содержания зеленых пигментов и каротиноидов в хвое пихты, показало, что сумма хлорофиллов ($a + b$) в хвое пихты Троицко-Печорского района статистически достоверно ниже концентрации этих пигментов в хвое пихты Княжпогостского и Прилузского районов. Низкий показатель зеленых пигментов в хвое пихты Троицко-Печорского района обусловлен неблагоприятными лесорастительными условиями. Это подтверждается высокой концентрацией каротиноидов в хвое пихты Троицко-Печорского района, которая почти в 2 раза превышает этот показатель хвои пихты Княжпогостского и Прилузского районов. В Княжпогостском и Прилузском районах различия концентраций каротиноидов в хвое пихты статистически не достоверны.

Таким образом, ассимиляционный аппарат пихты сибирской, произрастающей в трех климатогеографических районах имеет различия, как в количестве фитомассы, приходящейся на ступень толщины, так в структуре и содержании основных фотосинтезирующих пигментов. Хвоя, как основной ассимилирующий орган, оказалась наиболее развитой в структурном отношении у пихты сибирской в Прилузском районе (ППП 5). Наряду с тем, что среднее количество хвои, приходящееся на ступень толщины в Прилузском районе самое большое, это свидетельствует о большей продуктивности пихты в этом районе и согласуется с большей удельной скоростью роста пихты этого района. Хотя количество ассимиляционной ткани в хвое пихты Княжпогостского района и Троицко-Печорского района одинаково, однако среднее количество хвои, приходящееся на ступень толщины, больше в Княжпогостском районе и она имеет более развитый комплекс зеленых пигментов, что обеспечивает большую биопродуктивность пихты Княжпогостского района по сравнению с пихтой Троицко-Печорского района. Такое соотношение продуктивности пихты в исследованных районах очевидно связано с комплексом лесорастительных условий. В естественных экосистемах высокие скорости про-

дуцирования биомассы наблюдаются там, где физические факторы благоприятны [9].

Таким образом, удельная скорость роста – показатель, предлагаемый для оценки биопродуктивности, и методика сравнения продуктивности древостоев на его основе не противоречит имеющимся экспериментальным данными и согласуется с оценками биопродуктивности, полученным другими методами.

Литература

1. Базилевич Н. И., Гребенщиков О. С., Тишков А. А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.
2. Усольцев В. А., Залесов С. В. Методы определения биологической продуктивности насаждений. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. 147 с.
3. Thornley J. H. M. Mathematical models in plant physiology. London: Academic Press, 1976. 331 p.
4. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. 60 с.
5. Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности земного шара. М.; Л.: Наука, 1965. С. 40–147.
6. Сапожников Д. И., Маслова Т. Г., Попова О. Ф., Попова И. А., Королева О. Я. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов // Бот. журн. 1978. Т. 63. С. 1586–1592.
7. Катютин П. Н., Ставрова Н. И. Взаимосвязь возраста и величины диаметра особей в ценопопуляциях ели сибирской на разных стадиях послепожарных сукцессий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1 (5). С. 1257–1260.
8. Феклистов П. А., Бабич Н. А. Биометрические показатели ассимиляционного аппарата культур сосны // Экология и защита леса: межвуз. сб. науч. тр. Л.: ЛТА, 1990. С. 56–59.
9. Одум Ю. Экология: В 2-х т. Т. 1. М.: Мир, 1986. 328 с.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ОХОТНИЧЬИХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ПОМОЩИ СОВРЕМЕННЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

О. А. Греков

*Российский государственный аграрный заочный университет,
airops@yandex.ru*

В настоящее время в среде обитания охотничьих животных под воздействием факторов природного и антропогенного характера происходят существенные изменения, влекущие снижение качества экологических систем особенно в урбанизированных регионах.

В правовых документах [1, 2] содержатся требования о проведении комплексной качественной оценки элементов среды обитания охотничьих ре-

сурсов с учетом факторов, влияющих на распространение и жизнедеятельность охотничьих ресурсов.

Своевременный анализ изменений в среде обитания охотничьих животных может быть проведен при организации постоянного мониторинга элементов природных ландшафтов, в границах которых обитают естественные популяции диких растений и животных.

Современные способы мониторинга состояния ландшафтов более производительные, чем традиционные. Они основаны на применении современных технических устройств, способных получать информацию о среде обитания в разных участках электромагнитного диапазона. Эти устройства устанавливаются на космических и авиационных аппаратах и могут производить разные виды аэрокосмических съемок: оптическую, инфракрасную, лазерную, мультиспектральную, гиперспектральную и др.

Получение данных о состоянии ландшафтов осуществляется пассивными и активными методами. Пассивные методы реализуются за счет получения естественного отраженного или вторичного теплового излучения поверхности Земли. Активные методы реализуются за счет генерирования искусственных импульсов в соответствующем диапазоне и приемом отраженных сигналов от элементов ландшафта (рис. 1).

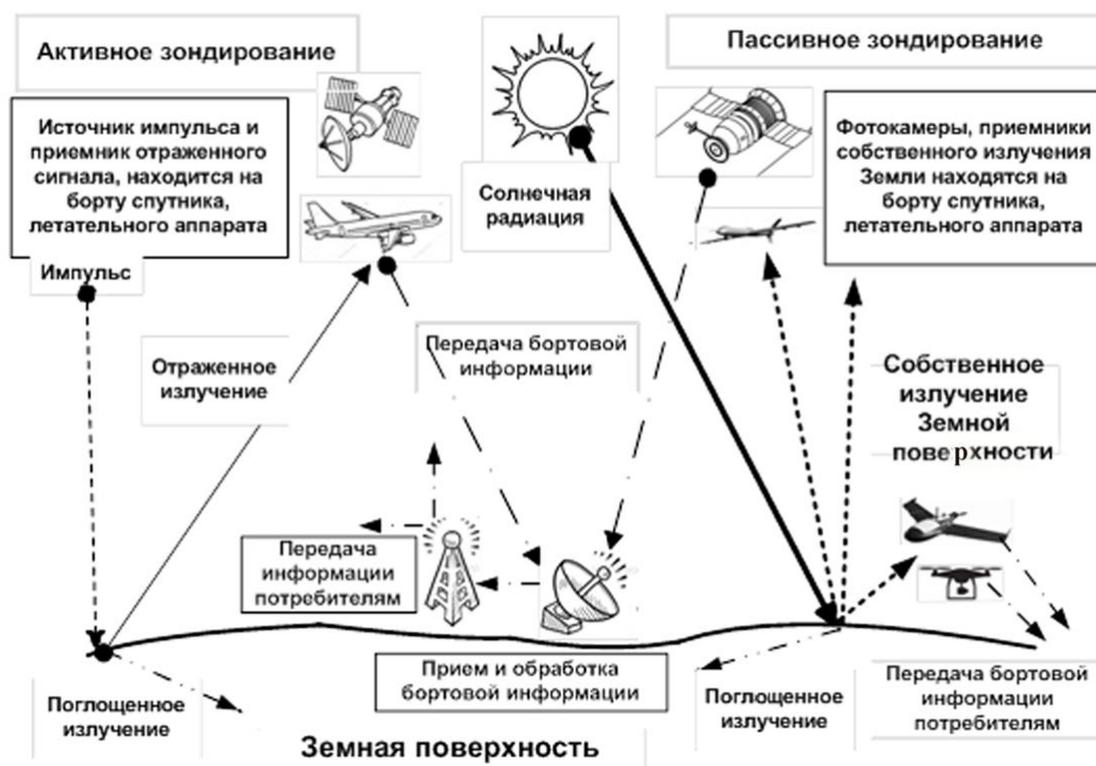


Рис. 1. Схема дистанционного зондирования земной поверхности

Космические аппараты находятся на значительных расстояниях от объектов мониторинга и расположены на разных орбитах. Они обладают широкими пространственными возможностями для дистанционного зондирования поверхности Земли (ДЗЗ). В настоящее время в состав российской космиче-

ской группировки входят около 10 спутников природоресурсного, гидрометеорологического назначения и мониторинга чрезвычайных ситуаций. Планируется к 2025 г. довести группировку до 30 спутников.

Для доступа заинтересованных организацией к результатам космической съемки в 2016 г. была введена в эксплуатацию Единая территориально-распределенная информационная система (ЕТРИС) России.

Авиационная группировка представлена летательными аппаратами, в т.ч. и беспилотными (БЛА), оборудованными средствами аэрофотосъемки, лазерным, инфракрасным и оптико-электронным оборудованием.

В настоящее время эксплуатируются легкие транспортные и легкомоторные самолеты и вертолеты отечественного и иностранного производства. Они могут быть как пилотируемые, так и беспилотными и способны вести фото, видео, инфракрасную съемку и воздушное лазерное сканирование. Есть опыт применения для комплексной аэросъемки среды обитания и самих охотничьих животных при помощи дирижабля Аи-30.

Воздушное лазерное сканирование (ВЛС) – активно внедряемый в практику способ ДЗЗ. Результатом ВЛС является 3D массив точек лазерных отражений, классифицированный по признаку «земля/не земля», плотностью до нескольких десятков точек на 1 м² и точностью определения их координат менее 10 см.

По результатам лазерной съемки можно определить конфигурацию рельефа местности и водных объектов; очертания, размеры крон и толщину стволов деревьев; контуры просек, зон ветровалов, зон затопления и т.п.

По полученным данным ВЛС может быть построена цифровая модель местности высокой точности, основа для ортофотопланов, топографических планов, 3D моделей, по которым могут оцениваться защитные условия для животных и вероятные места их стадий.

Полученные данные о состоянии исследуемых ландшафтов являются основой для расчета качества среды обитания (уровней бонитета) для разных видов охотничьих животных (рис. 2).

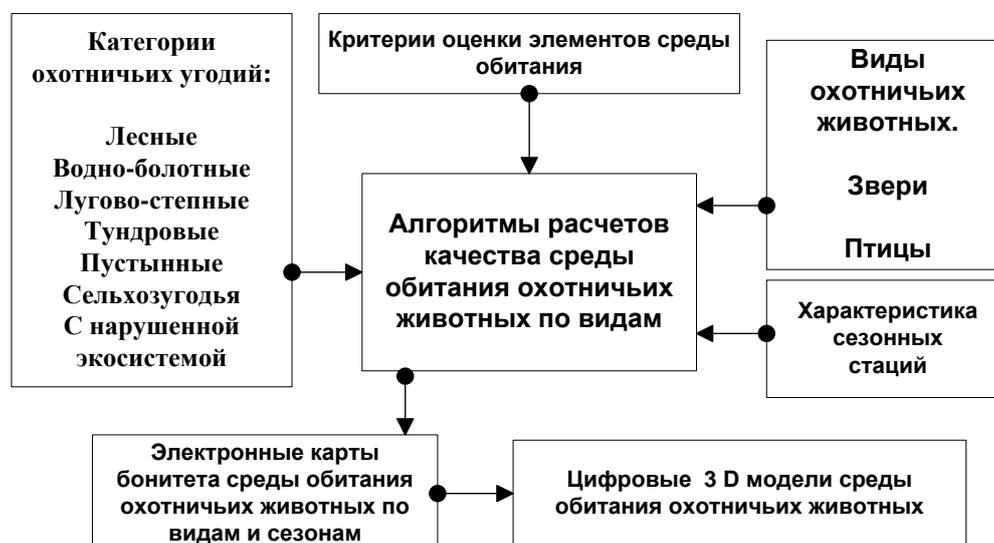


Рис. 2. Порядок определения бонитета охотничьих угодий

С использованием ГИС могут создаваться электронные карты с участками разного уровня бонитета (рис. 3).



Рис. 3. Пример электронной карты с бонитировкой охотничьих угодий

Современные способы мониторинга состояния среды обитания охотничьих животных, реализуются при помощи аэрокосмических средств, обладающих широкими пространственными возможностями получения информации в разных диапазонах электромагнитного излучения. Полученные в цифровом виде данные обрабатываются с применением информационных технологий, которые позволяют своевременно обрабатывать огромный объем исходной информации и представлять результаты мониторинга на электронных картах.

Современные геоинформационные технологии позволяют рассчитывать качество среды обитания разных видов охотничьих животных, строить 3D модели местности с визуализацией основных стаций и осей маршрутов миграции охотничьих животных.

В перспективе такие модели будут обладать с возможностью интерактивного управления информацией о состоянии охотничьих ресурсов для принятия рациональных решений в сфере охотничьего хозяйства.

Литература

1. Федеральный закон от 24.07.2009 № 209-ФЗ «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов».
2. Приказ Минприроды России от 31 августа 2010 года № 335 «Об утверждении порядка составления схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории субъекта Российской Федерации, а также требований к ее составу и структуре».
3. Греков О. А. Мониторинг состояния био- и агроценозов с использованием современных технических средств и информационных технологий. // Вестник охотоведения. 2017. Т. 14. № 4. С. 272–280.

4. Греков О. А. Авиационный мониторинг охотничьих животных и элементов среды их обитания с применения современных авиационных платформ, новых технических средств и информационных технологий // Вестник охотоведения. 2016. Т. 13. № 3. С. 198–206.

5. Ембаев И. А., Абросимов А. В. Инвентаризация охотничьих угодий по результатам классификации мультиспектральных изображений // Геоматика. 2009. № 3. С. 33–39.

6. Мышляков С. Г., Скачкова А. С., Величенко В. В. Создание карты среды обитания охотничьих ресурсов по результатам дешифрирования разновременных мультиспектральных космических снимков // Геоматика. 2015. № 1. С. 68–79.

АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ НИЖНЕ-ИВКИНСКОЙ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ

Т. А. Мусихина, А. Д. Клиндухова, М. А. Сысолятина, А. В. Пенелеева
Вятский государственный университет, usr04011@vyatsu.ru

Природно-техногенная система (ПТС) – сложная, искусственно созданная человеком конструкция, которая работает в контакте с природной окружающей средой. Различают следующие типы техногенных систем: промышленная, транспортная, лесотехническая, сельскохозяйственная, селитебная, водоохранная, рекреационная. Три последние характерны для случая с Нижне-Ивкинской ПТС (Н-И ПТС), где природный комплекс сочетается с курортной зоной Нижне-Ивкино, в т. ч. с ее лечебно-оздоровительной инфраструктурой, населенными пунктами, объектами теплоснабжения, водоснабжения и канализации, массивами дачных участков.

Исследуемая территория Н-И ПТС расположена в Куменском и Оричевском районах, на левобережной водосборной площади р. Ивкины, второго притока р. Вятки. Кроме того, этот участок входит в водоохранную зону Ивкины и зону санитарной охраны водозабора пос. Лянгасово.

Границами Н-И ПТС можно считать: с запада – автодорогу (региональная трасса Р-168 Киров-Адышево-Верхошижемье-Советск); с востока – русло р. Ивкины, с юга – верхний по течению створ реки в районе гидросооружения, с севера – нижний по течению створ реки – северная граница дер. Саунич.

Исследуемый природный комплекс Н-И ПТС складывается из поверхностных и подземных водных объектов, растительности водосборной площади, почв, атмосферного воздуха. В работе рассмотрены состояние водных объектов по химическим показателям и растительности.

1. Основной водный объект Н-И ПТС – р. Ивкина впадает в р. Быстрицу на 76 км от устья. Длина реки – 104 км, площадь водосбора – 1120 км², расход средний 95% обеспеченности – 1,6 м³/сек, водоохранная зона – 100 м [1].

Фоновый верхний по течению створ реки Ивкины в районе гидросооружения по химическим показателям согласно проведенным гидрохимическим исследованиям характеризуется как соответствующий нормативам качества водных объектов хозяйственно-питьевого значения [2].

Формирование химического состава реки Ивкины происходит за счет природных и антропогенных факторов. Для определения вклада в формирование химического состава р. Ивкины природных самоизливающихся минеральных источников проведены следующие работы:

1) определен дебит подземных источников: № 1 – 0,7 л за 5 сек; № 2 – 10 л за 1,5 сек; № 3 – 10 литров за 7 сек; № 4 – 10 л за 7 сек;

2) определен химический состав суммарного образующегося стока со всех источников, где выявлены превышения по сульфатам (2,3 ПДК_{х.п.}) и железу общему (1,3 ПДК_{х.п.}).

На территории ПТС также имеется несколько самоизливающихся родников с пресной водой с примерным дебитом по 1 л/сек. В роднике в дер. Холуи по химическому составу наблюдается превышение санитарно-гигиенических нормативов по нитратам. В роднике в районе поверхностного водозабора в пос. Нижне-Ивкино – по химическому составу превышений не выявлено.

Не смотря на обнаруженные превышения гигиенических нормативов [2] в самоизливающихся пресных и минеральных источниках, химический анализ в контрольном замыкающем створе реки Ивкины Н-И ПТС превышений нормативов для водных объектов хозяйственно-питьевого назначения не выявил, что говорит о значительном разбавлении самоизливающихся подземных вод с речными водами.

2. В соответствии с ботанико-географическим делением [3] природно-техногенная система в районе курорта Нижнеивкино входит в состав Уральско-Западносибирской провинции Европейской таежной хвойной лесной области. Согласно карте растительности Кировской области, исследуемая территория приурочена к подзоне южной тайги.

Территория изучаемой природно-техногенной системы в районе курорта Нижнеивкино занята: первичная древесная растительность – 3,056 км²; вырубки – 1,296 км²; сельхоз угодья – 0,878 км².

Травянистый ярус представлен луговыми растениями: костер безостый (*Bromus inermis*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), чина луговая (*Lathyrus pratensis*), люцерна рогатый (*Lotus corniculatus*), мышиный горошек (*Vicia cracca*), клевер луговой (*Trifolium pratense*), луговик дернистый (*Deschampsia caespitosa*), кислица обыкновенная (*Oxalis Acetosella*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), крапива двудомная (*Urtica dioica*) [4].

Большая часть изучаемого участка занята зелеными насаждениями. Древесный ярус: берёза повислая (*Betula pendula*), жимолость татарская (*Lonicera tatarica*), ива остролистная (*Salix acutifolia*), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*), шиповник собачий (*Rosa canina*), вяз гладкий (*Ulmus laevis*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), осина обыкновенная (*Populus tremula*), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), клен ясенелистный (*Acer negundo*), ель обыкновенная (*Picea abies*) [4].

Определение видовой принадлежности возможно с помощью Иллюстрированного определителя растений Средней России и Определителя деревьев и кустарников в безлиственном состоянии. Анализ информации Красной Книги Кировской области о распространении редких и особо охраняемых видов животных, а также натурное обследование, позволили сделать заключение о том, что «краснокнижные» виды на участке не встречаются. Следовательно, исследуемая территория не представляет ценности в деле сохранения «краснокнижных» видов растений. Редкие и исчезающие виды растений, занесенных в Красную книгу Кировской области и Красную книгу Российской Федерации, не выявлены.

Таким образом, в работе дана характеристика современного состояния основных природных факторов формирования Нижне-Ивкинской природно-техногенной системы – природных водных объектов и растительности. Результаты исследования говорят о соответствии гидрохимического состава реки Ивкины объектам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования. На территории Н-И ПТС преобладают территории с первичной древесной растительностью, что способствует повышению рекреационного потенциала территории.

Литература

1. Каталог малых рек Кировской области (утв. решением Кировского облисполкома №74 от 28.02.1991).
2. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».
3. Растительность Европейской части СССР. Л., 1980.
4. Скворцов В. Э. Атлас-определитель сосудистых растений таежной зоны Европейской России. М.: Гринпис России, 2000.

БАЛАНС ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ ПАРКА «ЕКАТЕРИНГОФ» САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Е. А. Иванова¹, В. Ф. Ковязин¹, П. М. Демидова²

¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
им. С. М. Кирова, *elena271974@mail.ru, vfkedr@mail.ru*,

² Санкт-Петербургский горный университет, *polina_piter88@mail.ru*

Санкт-Петербург – урбанизированная макроэкосистема, меняющаяся в своих границах и во времени, в которой доминирует человек, который искусственно создает и регулирует биологический круговорот веществ. При определенных условиях природные объекты поддерживают равновесие между человеческой деятельностью и состоянием окружающей среды. Микроэкосистемой Адмиралтейского района Санкт-Петербурга является парк «Екатерингоф», выполняющий биосферные функции, соотношение площадей земельных угодий которого определяет экологическую роль растительности.

Целью работы является расчет баланса земельных угодий парка для оценки биосферной роли зеленых насаждений и для кадастрового учета растительности, представляющий собой систематизированный свод сведений о количественном и качественном состоянии природного ресурса. На сегодняшний день целостное представление о садово-парковом объекте может дать его картографическое изображение и использование современных географических информационных систем (ГИС). Эти инструменты использованы при наших исследованиях [3].

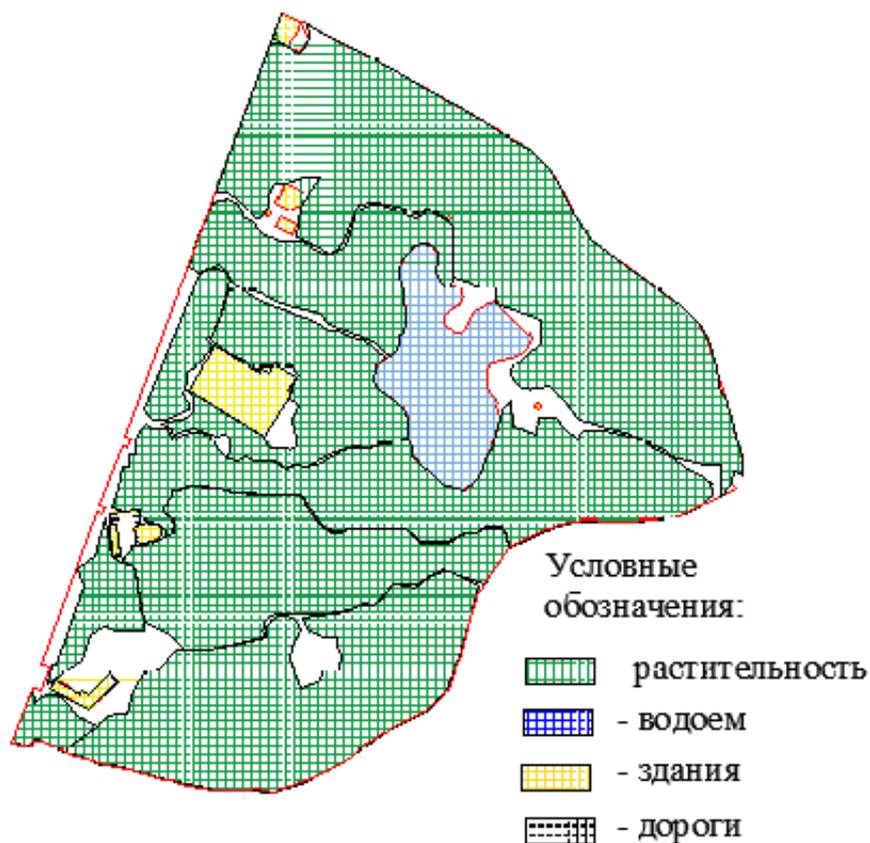
Объектом исследований является парк «Екатерингоф», расположенный на юго-западе Адмиралтейского района Санкт-Петербурга, ведущий свою историю с 1711 г. Тогда в устье речки Екатерингофки выстроили Подзорный дворец, а вокруг его сформировали парк. В 1823 г. по инициативе военного генерал-губернатора Петербурга графа М. А. Милорадовича парк благоустроили и построили административное здание, спроектированное архитектором О. Монферраном. Название ему дали лишь в 1933 г., назвав парк имени Первого Мая. В 1948 г. его переименовали в парк имени 30-летия ВЛКСМ [2]. Первоначальное название парку «Екатерингоф» возвращено в 1992 г. Парк «Екатерингоф», площадью 33,86 га, используется жителями района для кратковременного отдыха. Баланс земельных угодий парка является одним из показателей объекта зеленого строительства. Он характеризует соотношение озелененной территории (растительность) и занятой другими элементами благоустройства: садово-парковыми дорожками, водоемом и капитальным строением.

При разработке кадастра растительности необходим учет объектов озеленения с учетом каждого элемента: общей площади парка, земель, занятых деревьями, кустарниками, газонами, цветниками, садово-парковыми дорожками, водоемами и строениями [4]. Баланс земельных угодий парка нами определен с использованием ГИС-технологий: региональной геоинформационной системой (РГИС) и комплексом AutoCAD.

Границы земельного участка всего парка установлены на основании сведений РГИС, имеющиеся в открытом доступе. Эта геоинформационная система разработана согласно Закона Санкт-Петербурга № 430-85 «О зеленых насаждениях общего пользования» от 19.09.2007 г. [1]. Граница парка в системе РГИС определена с точностью 0,1 м по результатам проведения топогеодезических работ. С помощью РГИС определялись геодезические координаты границы парка, а в пределах его – границы земельных угодий. Координаты границ парка и земельных угодий на нем переносились в комплекс AutoCAD, в который подгружалось растровое изображение земельного участка с использованием Google Map. По результатам наложений разработана цифровая тематическая карта парка (рисунок), а результаты установления площадей земельных угодий приведены в таблице

Из приведенных данных таблицы видно, что 52,00% площади парка занято растительностью, 39,80% – водой и 6,70% – дорогами и 1,50% – строением. Рассчитанные показатели свидетельствуют, что парк способен

обеспечить эффективное рекреационное пользование в соответствии с современными природоохранными требованиями. Наличие в парке «Екатерингоф» более половины площади (52%), занятой растительностью, представленной деревьями, кустарниками, газонами и водой, почти 40%, являются наиболее благоприятными факторами для отдыха горожан. Кроме того, деревья, кустарники и газоны очищают атмосферу от загрязнения, кондиционируют воздух, снижают уровень шума, препятствуют возникновению неблагоприятных



ветровых режимов и благотворно воздействуют на эмоциональное состояние людей. В парке площадью 34 га не должно быть никаких строений, которые не выполняют рекреационную роль, а занимают парковую площадь [5].

Рис. Цифровая карта земельных угодий парка «Екатерингоф» Санкт-Петербурга

Таблица

Распределение площади парка «Екатерингоф» по земельным угодьям

Показатель	Площадь				Итого
	растительность	дороги	вода	здания	
га	17,58	2,26	13,50	0,52	33,86
%	52,00	6,70	39,80	1,50	100,00

В результате проведенных исследований разработана цифровая карта земельных угодий парка, определены площади элементов озеленения: растительность, садово-парковые дороги, вода и здания. Соотношение земельных угодий в парке, полученное в результате применения ГИС-технологий свиде-

тельствует о возможном использовании парка для рекреационных целей. Деревья и кустарники решают экологические проблемы, а газоны препятствуют проникновению шума. Парк не только улучшает окружающую среду, но является местом для занятий спортом, подвижными играми под открытым небом и радовать жителей Санкт-Петербурга. Полученные материалы могут использоваться при планировании и размещении новых парков, а также при выявлении проблемных территорий под строительство зеленых насаждений.

Литература

1. Закон Санкт-Петербурга № 430-85 «О зеленых насаждениях общего пользования» от 19.09.2007 г. (дата пользования 25.10.2019 г.).
2. Андреев А. И. Остров Екатерингоф // Невский архив: Историко-краеведческий сборник / Санкт-Петербургский фонд культуры Вып. II. СПб.: Atheneum-Феникс, 1995. Вып. 2. 1995. 477 с.
3. Ковязин В. Ф., Нгуен Тхи Тхюи Рациональное использование зеленых насаждений на землях Санкт-Петербурга // Актуальные проблемы экологии и природопользования в современных условиях. Материалы междунар. науч.-практ. конф. (5–7.12. 2017 г.) Киров: Вятская ГСХА, 2017. Ч. 2. С. 293–295.
4. Ковязин В. Ф., Демидова П. М., Нгуен Тхи Тхюи Установление площади элементов садово-парковых ландшафтов с применением ГИС-технологий // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 225. С. 6–16.
5. Ковязин В. Ф., Нгуен Тхи Тхюи Состояние зеленых насаждений в саду «Василеостронец» Санкт-Петербурга // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов. Материалы XIII междунар. ландшафтной конф. (14–17 мая 2018 г.) Воронеж: Воронежский государственный университет. Истоки, 2018. Т. 2. С. 243–244.

СЕКЦИЯ 2 МЕТОДЫ БИОДИАГНОСТИКИ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

МЕДИАТОРНЫЙ БИОСЕНСОР НА ОСНОВЕ ГЕКСАЦИАНОФЕРРАТА(III) КАЛИЯ И МИКРООРГАНИЗМОВ *E. COLI* ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСА БИОХИМИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА

А. С. Илюхина, А. С. Харькова, В. А. Арляпов
Тульский государственный университет, ilyuhina.nastya@mail.ru

Показатель биохимического потребления кислорода (БПК) относится к основному индикатору загрязнения водных объектов органическими веществами. По определению, БПК является количеством кислорода, израсходованного на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов, входящих в исследуемую пробу, в течение фиксируемого периода. Стандартный метод определения БПК, регламентированный в международных стандартах ИСО 5815-1:2003 и Российском ПНДФ 14.1:2:3:4.123-97, основан на измерении разности содержания растворенного кислорода до и после инкубации при установленных нормативными документами условиях. Основной недостаток методики – длительность анализа (5 суток для БПК₅), что не позволяет оперативно оценить качество очистки сточных вод. Кроме того, полученные результаты межлабораторных исследований могут расходиться более чем на 20% из-за различного состава активного ила, используемого в БПК-анализе [1]. В настоящее время все промышленные предприятия и водоочистные сооружения РФ используют для повседневного рутинного анализа сточных вод упомянутый метод БПК₅.

К настоящему времени известно несколько лабораторных моделей и промышленно выпускаемых биосенсорных анализаторов БПК. Для того, чтобы на содержание органических и токсичных соединений, определяемое с помощью микробного биосенсора, не влияло количество растворенного кислорода в образце, используют биосенсоры медиаторного типа [3]. Принцип функционирования медиаторного биосенсора заключается в том, что в процессе окисления субстратов ферментными системами микроорганизмов распознающего элемента увеличивается концентрация восстановленной формы медиатора, которая в дальнейшем окисляется на электроде при наложении соответствующего потенциала, что вызывает прохождение тока через внешнюю нагрузку. В связи с этим, целью данной работы является формирование наиболее перспективной рецепторной системы «микроорганизм-медиатор»

для создания амперометрического биосенсора для экспресс-определения индекса биохимического потребления кислорода.

Электрохимические измерения окислительной активности биологического материала проводили при помощи гальванопотенциостата «IPC-micro» (ООО НТФ Вольта, Россия), интегрированного с ПК. Диапазон регистрируемых токов 5 нА–20 мкА. Ошибка измерения потенциала не больше 0,1 мВ для интервала ± 5 мВ. Регистрацию ответов биосенсоров проводили по двухэлектродной схеме. Рабочим электродом служил угольно-пастовый с иммобилизованными клетками, электродом сравнения – насыщенный хлорсеребряный. Измерения проводили в калий-натрий фосфатном буфере с pH = 6,8. Измерения велись при непрерывном перемешивании раствора с медиатором, находящегося в электролитической ячейке, при помощи магнитной мешалки (300 об./мин). Измеряемым параметром сигнала сенсора явилась амплитуда изменения силы тока (мкА), определяемая как разность между конечным и начальными значениями токов до и после введения исследуемого раствора в измерительную кювету.

В ходе работы был создан безреагентный биосенсор для экспресс-анализа БПК на основе медиатора гексацианоферрата(III) калия и бактерий *E. coli*. С помощью модельного раствора глюкозо-глутаматной смеси (ГГС) была получена градуировочная зависимость отклика биосенсора от БПК₅, имеющая гиперболический характер и аппроксимированная по уравнению Михаэлиса–Ментена. Для повешения чувствительности был выделен линейный участок градуировочной кривой, представленный на рисунок 1.

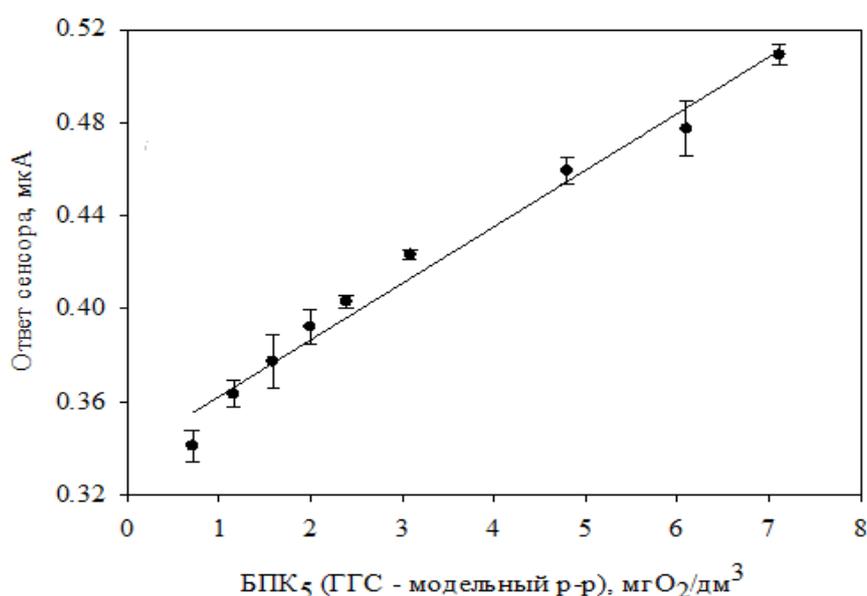


Рис. 1. Линейная зависимость ответа биосенсорана основе бактерий *E. coli* и медиатора гексацианоферрата(III) калия от БПК₅ (мг O₂/дм³) в измерительной кювете

В таблице 1 представлены основные характеристики медиаторного биосенсора на основе бактерий *E. coli*.

Характеристики разработанного безреагентного медиаторного биосенсора на основе *E. coli* и гексацианоферрата(III) калия

Показатель	<i>E. coli</i> /гексацианоферрат(III) калия	<i>P. yeii</i> /гексацианоферрат(III) калия [5]
Операционная стабильность, %	2,0	3,1
Долговременная стабильность, сутки	21	17
Длительность единичного измерения, мин	4–5	8–15
Диапазон определяемых значений БПК ₅ , мг О ₂ /дм ³	0,7–11,0	2,1–18,0

По данным, приведенным в таблице 1, можно сделать вывод о том, что разработанный безреагентный медиаторный биосенсор на основе клеток бактерий *E. coli* и медиатора гексацианоферрата(III) калия позволил получить стабильный аналитический сигнал, так как относительное стандартное отклонение не превышало 5%. Важно также отметить, что разработанный биосенсор по своим характеристикам не уступает аналогу, так как нижняя граница определения БПК отличается в разы, в разработанном биосенсоре нижняя граница составила 0,7 мгО₂/дм³, а в работе [5] – 2,1 мгО₂/дм³.

Разработанный медиаторный биосенсор с использованием медиатора гексацианоферрата(III) калия прошёл апробацию на 7 образцах речной воды. Были отобраны пробы воды из прудов ЦПКиО им. Белоусова г. Тула и образец речной воды из р. Упы. Определение БПК₅ в отобранных пробах проводили стандартным методом разбавления согласно действующим нормативным документам [6]. На рисунке 2 показана корреляция между значениями БПК₅ образцов воды, определенными с помощью медиаторного биосенсора, и значениями БПК₅, определенными стандартным методом разбавления.

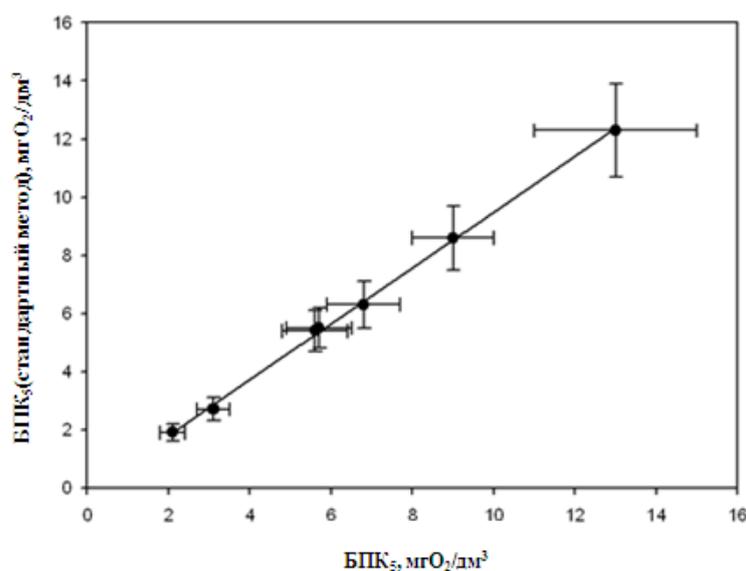


Рис. 2. Корреляция между значениями БПК₅ (мг О₂/дм³), определенными с помощью разработанного медиаторного биосенсора на основе гексацианоферрата(III) калия и бактерий *E. coli*, и значениями БПК₅, определенными стандартным методом

Статистическая обработка полученных данных показала, что результаты анализа, полученные стандартным методом разбавления, и биосенсорным методом незначимо различались между собой. Таким образом, разработанный медиаторный биосенсор на основе бактерий *E. coli* и гексацианоферрата(III) калия можно эффективно использовать для анализа различных образцов воды.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Тульской области, договор № ДС/122.

Литература

1. Guyard C. BOD 5: a rising parameter // L'Eau, l'industrie, les nuisances. 2010. V. 334. P. 51–58.
2. Jouanneau S., Recoules L., Durand M. J., Boukabache A., Picot V., Primault Y., Lakel A., Sengelin M., Barillon B., Thouand G. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review // Water research. 2014. V. 49. С. 62–82.
3. Понаморева О. Н., Решетиллов А. Н., Алферов В. А., Бабкина Е. Е., Арляпов В. А., Алферов С. В. Основы функционирования биосенсоров. М., 2011. 206 с.
4. Zaitseva A. S. Arlyapov V. A., Yudina N. Yu., Alferov S. V., Reshetilov A. N. Use of one-and two-mediator systems for developing a BOD biosensor based on the yeast *Debaryomyces hansenii* // Enzyme and Microbial Technology. 2016. V. 98. P. 43–51.
5. Харькова А. С., Арляпов В. А., Туровская А. Д., Автух А. Н., Старадумова И. П., Решетиллов А. Н. Медиаторный БПК-биосенсор на основе клеток микроорганизмов, выделенных из активного ила // Прикладная биохимия и микробиология. 2019. Т. 55. № 1. С. 1–10.
6. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПК_{полн.}) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах. М.: 2004. 25 с.

МИКРОБНЫЙ БИОСЕНСОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СЫРЬЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ И КОМБИКОРМОВ

*М. А. Кондрашова, А. С. Харькова, В. А. Арляпов, В. А. Алферов
Тульский государственный университет, marina_kondrashova_98@mail.ru*

Электрохимические биосенсоры на основе микроорганизмов демонстрируют превосходные перспективы в определении токсичности с преимуществами: реакция происходит непосредственно между микроорганизмом и токсикантом; длительность анализа сокращается; электрохимические методы чувствительны, а электрохимические устройства миниатюрны и недороги. Целью данной работы является разработка лабораторной модели микробного медиаторного биосенсора на основе различных бактериальных штаммов и медиатора ферроцена для определения интегральной токсичности технологического сырья производства кормов и комбикормов.

При регистрации сигнала биосенсорной системы использовали потенциостат, регистрирующий зависимость силы тока от времени – «IPC-micro» (НПО «Вольта», Россия), к которому подключались электроды. Измерения проводили при постоянном потенциале

250 мВ, соответствующему окислительно-восстановительному потенциалу медиатора ферроцена. Для регистрации ответов биосенсора применяли двухэлектродную схему. Рабочим электродом служил угольно-пастовый, модифицированный медиатором ферроценом с иммобилизованными клетками, электродом сравнения – насыщенный хлоридсеребряный. Электроды во время измерения погружали в ячейку с 20 мМ калий-натрий-фосфатным буферным раствором, рН=6,8. Аналитическим сигналом служил индекс ингибирования, рассчитываемый по формуле (1):

$$I_{инг} = \frac{\Delta I_{глюкоза} - \Delta I_{глюкоза+токсикант}}{\Delta I_{глюкоза}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $\Delta I_{глюкоза}$ – ответ сенсора при введении раствора, содержащего глюкозу (концентрация в измерительной кювете 11 мМ), $\Delta I_{глюкоза+токсикант}$ – ответ сенсора при введении раствора, содержащего глюкозу (концентрация в измерительной кювете 11 мМ) и требуемое количество токсиканта.

В качестве биоматериала были использованы штаммы микроорганизмы: *Escherichia coli*, *Paracoccus yeii* и *Pseudomonas veronii*. Выбор биоматериала для создания биочувствительного элемента основывался на чувствительности микроорганизмов к тяжелым металлам и органическим соединениям. Накопление тяжелых металлов и органических соединений в кормах в значительной степени зависит от содержания в почве токсикантов и их потенциальной доступности для растений. В качестве токсикантов были выбраны ионы тяжелых металлов, которые используются как модельные для различных тест-систем: четыре тяжелых металла (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+}) и органические соединения (фенол и п-нитрофенол) [1]. Для каждого токсиканта и микроорганизма были построены ингибирующие кривые, типичный вид которых представлен на рисунке.

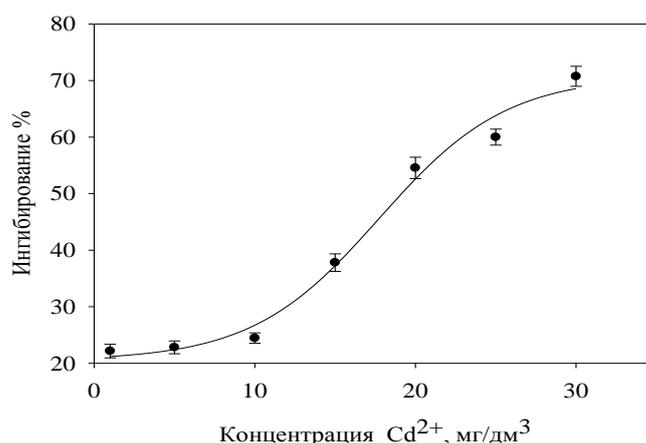


Рис. Ингибирующая кривая для биоэлектрода на основе медиатора ферроцена и клеток *Paracoccus yeii*

По полученным результатам были найдены концентрации токсикантов (EC_{50}), вызывающие снижение активности рецепторного элемента биосенсора на 50% (табл. 1). Данный показатель был использован, так как в большинстве описанных лабораторных и коммерческих анализаторов чувствительность микроорганизмов к различным токсикантам оценивают по показателю EC_{50} .

Таблица 1

Сравнительная характеристика показателей ЕС₅₀, полученных рецепторных систем с известными аналогами

Медиатор / био-материал	Токсикант, мг/дм ³							Ссылка
	Pb ²⁺	Ni ²⁺	Cd ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	фе-нол	п-нитрофенол	
ферроцен / <i>P. yeai</i>	9,9	9,2	18,2	21,1	47,5	9,9	2,1	Данная работа
ферроцен / <i>E. coli</i>	0,8	4,6	–	47,6	46,4	17,6	–	Данная работа
ферроцен / <i>P. veronii</i>	169,8	–	–	286,3	–	13,5	–	Данная работа
п-бензохинон / <i>E. coli</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>S. cerevisiae</i>	–	–	20,5	16,5	–	–	–	[2]
менадион и феррицианид калия / <i>S. cerevisiae</i> , <i>E. coli</i>	34,6	17,06	13,9	10,1	–	44,5	–	[1]
тионин / <i>E. coli</i>	34,4	–	36,2	20,2	53,2	–	–	[3]

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что бактерии *P. yeai* более предпочтительны при создании биосенсора для мониторинга качества воды, так как, в целом они имеют более высокую чувствительность к действию ионов тяжелых металлов и к органическим соединениям.

Для апробации созданного биосенсорного анализатора токсичности произведено определение токсичности пяти проб комбикормовой продукции, соевого шрота, предоставленных ООО «Агрофид Рус». Исследование проводили двумя методами: биотестированием с использованием тест-объекта *Styloynchia* (лаборатория ООО «Агрофид Русс») и разработанным медиаторным биосенсором на основе системы «угольно-пастовый электрод-ферроцен- бактерии *P. yeai*».

Принцип метода определения общей токсичности комбикормового сырья основан на выживаемости стилонихий [4]. Полученные результаты представлены в таблице 2. Образец считается нетоксичным, если значения выживаемости не ниже 80%.

Таблица 2

Определение общей токсичности исследуемых образцов

Образец	Выживаемость (референтный метод), % ООО «Агрофид Русс»	Общая токсичность, % Разработанный биосенсор
1	93±7	3,9±0,7
2	91±8	0
3	91±7	0
4	89±7	0
5	89±6	23±5

На основе полученной таблицы можно сделать вывод, что исследуемые образцы являются нетоксичными и могут в дальнейшем использоваться в производстве комбикорма. Результаты, полученные двумя методами, различаются статистически незначимо, поэтому разработанный биосенсор можно использовать как альтернативу стандартному методу анализа. Таким образом, биосенсор на основе бактерий *P. yeai* и

медиатора ферроцена в дальнейшем может быть использован для создания прототипа анализатора, позволяющего определять индекс токсичности.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Тульской области, договор № ДС/122.

Литература

1. Gao G., Fang D., Yu Y., Wu L., Wang Y., Zhi J. A double-mediator based whole cell electrochemical biosensor for acute biotoxicity assessment of wastewater // *Talanta*. 2017. V. 167. I. 15. P. 208–216.

2. Gao G., Qian J., Fang D., Yu Y., Zhi J. Development of a mediated whole cell-based electrochemical biosensor for joint toxicity assessment of multi-pollutants using a mixed microbial consortium // *Analytica chimica acta*. 2016. T. 924. I. 14. P. 21–28.

3. Fang D. F., Gao G., Shen J., Yu Y., Zhi J. A reagentless electrochemical biosensor based on thionine wrapped *E. coli* and chitosan-entrapped carbon nanodots film modified glassy carbon electrode for wastewater toxicity assessment // *Electrochimica Acta*. 2016. V. 222. P. 303–311.

4. ГОСТ 31674-2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности. М.: Стандартинформ, 2014. 26 с.

РАЗРАБОТКА ПРОВОДЯЩЕЙ ГИБРИДНОЙ МАТРИЦЫ НА ОСНОВЕ БСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ БПК-БИОСЕНСОРА

С. К. Курбаналиева, А. С. Харькова, В. А. Арляпов

Тульский государственный университет, saniyatkyrbanalieva@yandex.ru

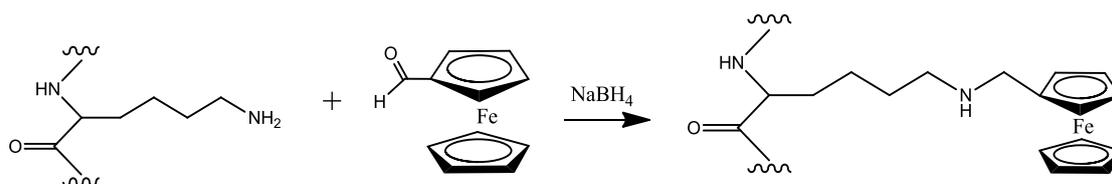
Загрязнение окружающей среды является главной причиной беспокойства общественности. Соблюдение экологических стандартов требует точных и экономичных методов мониторинга. Существует много методов, обеспечивающих высокую точность измерений, однако они требуют дорогостоящее специализированное оборудование, обученный персонал и затрачивают много времени на анализы. Альтернативой стандартным методам могут стать медиаторные биосенсоры, работа которых основана на переносе электрона от активного центра фермента на электрод [1]. Использование медиаторов обеспечивает высокую чувствительность метода и коротко временный анализ.

С целью создания безреагентного биосенсора для мониторинга окружающей среды применяют матрицы, полученные на основе сшивки медиаторов с полимерами, которые также применяются для иммобилизации микроорганизмов, так как они достаточно эффективны, обеспечивают стабильность сенсора, безреагентность анализа и отсутствие вымывания медиатора в процессе работы, могут использоваться для создания биосенсоров на основе клеток микроорганизмов. Таким образом, формируются рецепторные элементы, которые применяются для экспресс-определения биохимического потребления кислорода (БПК) [2]. Биосенсорные анализаторы БПК представляют собой надежные, простые и дешевые аналитические инструменты, которые с успехом используются для контроля водных экосистем за рубежом. В связи с этим, целью данной работы является исследование возможности использова-

ния рецепторных элементов на основе клеток бактерий *Paracoccus yeei* ВКМ В-3302 и электропроводящего геля бычьего сывороточного альбумина (БСА), ковалентно связанного с ферроценкарбоксальдегидом (ФЦ) и для создания биосенсора для мониторинга окружающей среды.

В качестве медиатора использовался ферроценкарбоксальдегид, что обусловлено его нетоксичностью по отношению к микроорганизмам, а также наличием функциональных групп (аминогрупп), необходимых для синтеза гидрогеля. Благодаря высокой биосовместимости, биоразлагаемости и нетоксичности для создания электропроводящих гидрогелей использовали полимер бычий сывороточный альбумин. Данные свойства необходимы при использовании разработанных электропроводящих матриц для иммобилизации микроорганизмов при создании биосенсоров и биотопливных элементов. В качестве микроорганизмов были взяты клетки бактерий *Paracoccus yeei* ВКМ В-3302, так как данные микроорганизмы выделены из активного ила и при использовании в составе биосенсора показали высокую чувствительность определения БПК₅ [3].

Получение электропроводящего геля на основе бычьего сывороточного альбумина и медиатора ферроценкарбоксальдегида проводили с образованием основания Шиффа в соответствии со схемой:



Для определения содержания железа в синтезированных матрицах использовали метод атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе МГА-915М. Данный метод заключается в количественном элементном анализе по атомным спектрам поглощения. По полученным данным массовая доля железа в образце составила 3,6%, массовая доля ферроцена – 14,1%.

Структуры, как чистого медиатора ферроценкарбоксальдегида, и полимера БСА, так и разработанного электропроводящего гидрогеля были изучены с помощью ИК-спектроскопии и представлены на рисунке ниже.

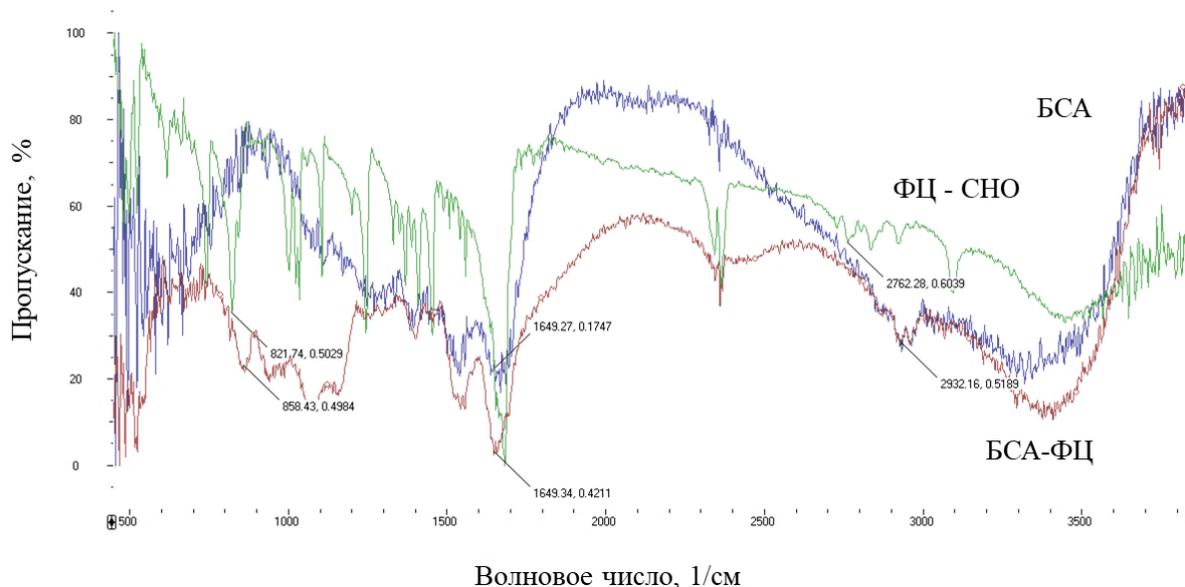


Рис. ИК-спектр ковалентно связанного ферроценкарбоксальдегида с бычьим сывороточным альбумином (БСА-ФЦ) и чистых ферроценкарбоксальдегида (ФЦ-СНО) и бычьего сывороточного альбумина (БСА)

На рисунке 1 на ИК-спектре с БСА и ФЦ–СНО просматриваются колебания амидной группы, которые соответствуют 1649 см^{-1} . Наличие ферроценилов в изучаемой матрице доказывают деформационные колебания С-Н при 821 см^{-1} . В полученной пленке данная полоса поглощения появляется при 858 см^{-1} . Колебаниям альдегидной группы (-СНО) у ферроценкарбоксальдегида соответствует полоса 2762 см^{-1} , в матрице она равна 2932 см^{-1} [4].

Для определения электрохимических свойств матрицы были исследованы циклические вольтамперные кривые, основанные на изучении зависимости потенциала пика от скорости развертки. По сильному расхождению анодного и катодного пика были сделаны выводы о необратимости процесса переноса электронов в проводящей системе БСА-ФЦ. Природу тока выявляли по анализу зависимости логарифма тока от логарифма скорости развертки, тангенс угла которой соответствует коэффициенту скорости или его еще называют критерий Семерано. Полученное значение составило $0,81 \pm 0,04$, из чего следует, что процесс переноса электронов лимитируется поверхностной реакцией.

Гетерогенная константа скорости переноса для поверхностной реакции была найдена с помощью модели Лавирона [5]. Для системы БСА-ФЦ для анодного процесса она составила $0,25 \pm 0,04 \text{ (с}^{-1} \cdot \text{см)}$.

Для количественного определения содержания анализируемых веществ в матрице была получена градуировочная зависимость ответа сенсора от концентрации БПК₅ для электропроводящего геля на основе матрицы БСА и медиатора ферроценкарбоксальдегида. Из полученной кривой был выделен линейный участок, на основании которого была найдена нижняя граница определяемых содержаний. Результаты сравнивались с аналогами разработанных

медиаторных БПК-биосенсоров на основе различных микроорганизмов (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики разработанного медиаторного биосенсора и аналогов

Биоматериал	Проводящая система	Нижняя граница определяемых значений БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Ссылка
<i>P. yeii</i>	БСА-ФЦ	2,5	данная работа
<i>B. subtilis</i>	ГЦК/графен/ полипиррол	4	[6]
<i>P. aeruginosa</i>	ГЦК/полипиррол	5	[7]
Активный ил	МС/хитозан/графен	1	[8]
<i>P. aeruginosa</i>	пНК/полипиррол	3	[9]
Активный ил	ГЦК	2	[10]
<i>C. violaceum</i>	ГЦК	20	[11]

При сравнении разработанного медиаторного БПК-биосенсора с известными аналогами (табл. 1) можно сделать вывод, что электропроводящий гель на основе матрицы БСА, модифицированного ферроценом не уступает по значениям чувствительности, а даже превосходит некоторые системы. Также о целесообразности использования электропроводящего геля БСА-ФЦ можно судить по таким критериям как субстратная специфичность, долговременная и операционная стабильность. Анализ субстратной специфичности бактерий *P. yeii* позволил оценить широкий спектр окисляемых субстратов разработанного биосенсора, из чего можно предположить, что полученные с его использованием результаты анализа воды будут коррелировать с результатами стандартного метода. Долговременная и операционная стабильность характеризуют длительность и устойчивость работы сенсора. Матрица бычьего сывороточного альбумина с ферроценкарбоксальдегидом оказалась достаточно стабильной, так как относительное стандартное отклонение не превышает 7%. Данная проводящая система с клетками *P. yeii* продолжала давать ответ в течение 38 дней.

На основе разработанной проводящей системы была проведена апробация биосенсора на четырнадцати образцах природной и сточной воды. Отбор проб и определение БПК₅ стандартным методом проводилось согласно действующим нормативным документам (табл. 2).

Таблица 2

Апробация образцов воды

Анализируемые образцы	Разработанный биосенсор	БПК ₅ станд., мгО ₂ /дм ³
1	2	3
Вода из реки Воронки (Тульская область), образец № 1	4,4±0,4	4,6±0,6
Вода из реки Воронки (Тульская область), образец № 2	3,6±0,3	3,7±0,5
Вода из Черепетского Водохранилища (Суворовский район), образец № 1	3,1±0,7	3,2±0,5
Вода из Черепетского Водохранилища (Суворовский район), образец № 2	3,3±0,5	3,0±0,3

Окончание таблицы 2

1	2	3
Вода из озера Байкал (Суворов), образец № 1	3,2±0,3	3,1±0,3
Вода из озера Байкал (Суворов), образец № 2	3,3±0,5	3,5±0,5
Вода из реки Упы (Тульская область), образец № 1	3,0±0,5	3,3±0,5
Вода из реки Упы (Тульская область), образец № 2	4,2±0,5	4,3±0,6
Коэффициент корреляции	0,9868	

Таким образом, был сформирован биосенсор на основе клеток бактерий *P. yeii* и электропроводящего гидрогеля БСА с использованием ферроценкарбоксальдегида в качестве медиатора. Лимитирующей стадией переноса электронов явилась поверхностная реакция. Вследствие чего была посчитана гетерогенная константа скорости электрохимической реакции, которая составила $0,25 \pm 0,04$ (см/с).

Были определены основные характеристики разработанного биосенсора. Диапазон определяемых концентраций БПК₅ составил 2,5–47,0 мгО₂/дм³, что не уступает по чувствительности литературным значениям известных аналогов.

Также благодаря таким характеристикам, как субстратная специфичность, долговременная и операционная стабильность можно говорить о возможности эффективного применения разработанного проводящего гидрогеля для экспресс-мониторинга окружающей среды.

На основании представленных исследований был проведен анализ сточных вод с использованием разработанного биосенсора на основе матрицы БСА-ФЦ. Полученные данные (табл. 2) незначимо различаются с результатами стандартного метода. Что указывает на перспективу использования разработанного биосенсора в качестве альтернативы стандартному анализу.

Литература

1. Понаморев О. Н., Решетиллов А. Н., Алферов В. А. Биосенсоры. Принципы функционирования и практическое применение. Тула: Изд-во ТулГУ. 2007. 255 с.
2. Nakamura H. et al. A new BOD estimation method employing a double-mediator system by ferricyanide and menadione using the eukaryote *Saccharomyces cerevisiae* // *Talanta*. 2007. V. 72. I. 1. P. 210–216.
3. Будников Г. К., Майстренко В. Н., Вяселев М. Р. Основы современного электрохимического анализа. М.: Мир, 2003. 592 с.
4. Васильев А. В. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений. СПб.: СПбГЛТА, 2007.
5. Laviron E. General expression of the linear potential sweep voltammogram in the case of diffusionless electrochemical systems // *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*. 1979. V. 101. I. 1. P. 19–28.
6. Hu J., Li Y., Gao G., Xia S. A Mediated BOD Biosensor Based on Immobilized *B. Subtilis* on Three-Dimensional Porous Graphene-Polypyrrole Composite // *Sensors*. 2017. V. 17. No. 11. P. 2594.
7. Hu J., Gao G., Xia S. Development of a mediator-type bioelectrochemical sensor based on polypyrrole immobilized ferricyanide and microorganisms for biochemical oxygen demand fast detection // *International journal of electrochemical science*. 2015. V. 10. P. 9695–9705.

8. Niyomdecha S., Limbut W., Numnuam A., Asawatreratanakul P., Kanatharana P., Thavarungkul P. A novel BOD biosensor based on entrapped activated sludge in a porous chitosan-albumin cryogel incorporated with graphene and methylene blue // *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2017. V. 241. P. 473–481.

9. Hu J., Gao G., Xia S. A Mediated BOD Microsensor Based on Poly (Neutral Red) and Bacteria Modified Interdigitated Ultramicroelectrode Array // *International journal of electrochemical science*. 2016. V. 11. No. 7. P. 6387–6402.

10. Jordan M. A., Welsh D. T., Teasdale P. R. Ubiquity of activated sludge ferricyanide-mediated BOD methods: A comparison of sludge seeds across wastewater treatment plants // *Talanta*. 2014. V. 125. P. 293–300.

11. Khor B. H., Ismail A. K., Ahamad R., Shahir R. S. A redox mediated UME biosensor using immobilized *Chromobacterium violaceum* strain R1 for rapid biochemical oxygen demand measurement // *Electrochimica Acta*. 2015. V. 176. P. 777–783.

НА ПУТИ К СОЗДАНИЮ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОБАЛЬТА В ВИДЕ Co^{3+} МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

К. Д. Лялина, В. Н. Кулаков, А. И. Фокина

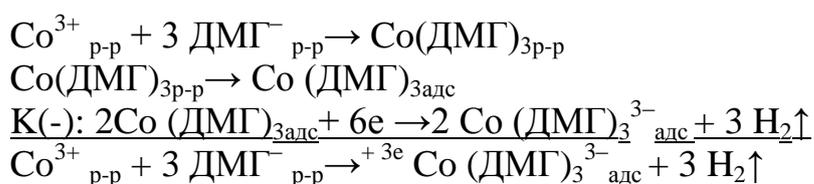
Вятский государственный университет, noijberr@yandex.ru

Кобальт широко распространен как в составе материалов, применяемых в народном хозяйстве (сплавы металлов, лекарственные препараты и т. д.), так и в окружающей среде (почва, залежи руды и т. д.) [1]. В настоящее время для количественного определения кобальта используют такие методы, как спектрофотометрия, атомно-абсорбционная спектроскопия, инверсионная вольтамперометрия (ИВА) и некоторые другие [2]. Метод инверсионной вольтамперометрии является перспективным, благодаря своей экономичности и чувствительности. Существуют методики ИВА для определения Co в виде Co^{2+} с диметилглиоксимом [3]. В наших исследованиях было замечено, что аналитический эффект, даваемый кобальтом трехвалентным в ходе инверсионно-вольтамперометрического определения, иногда в десятки раз более выраженный, чем при определении в виде кобальта двухвалентного по аттестованной методике [4, 5]. Однако методики для определения кобальта в виде кобальта трехвалентного методом ИВА не существует. Поэтому целью данной работы стала разработка методики количественного определения кобальта в растворе методом инверсионной вольтамперометрии с дисковым вращающимся электродом.

Объекты исследования – методика определения кобальта методом инверсионной вольтамперометрии в виде Co^{3+} .

Предмет исследования – метрологические характеристики методики определения Co^{3+} .

Метод исследования – кобальт определяли методом ИВА с дисковым вращающимся электродом на анализаторе «Экотест-ВА». Появление аналитического сигнала в виде пиков на вольтамперограмме при минус 1100–1200 мВ обусловлено адсорбционным концентрированием диметилглиоксиматных комплексов (ДМГ) кобальта на поверхности рабочего электрода:



Аналитическим сигналом является пик тока катодного восстановления адсорбированных комплексов. Параметры измерений были взяты те, которые рекомендуются для определения кобальта в виде двухвалентного на данном приборе (табл. 1) [4].

Таблица 1

Параметры электрохимического измерения

Наименование параметра	Единицы измерения	Величина параметра
Начало развертки потенциала	мВ	минус 700
Конец развертки потенциала	мВ	минус 1700
Продолжительность накопления	с	60
Электродная схема ячейки		трехэлектродная
Вид полярографии		переменнотоковая

В ГСО ионы находятся в виде Co^{2+} , поэтому Co^{2+} окисляли до Co^{3+} с помощью пероксида водорода:



В ходе работы установлены параметры количественного определения Co^{3+} в растворах с точно известной концентрацией. Для времени накопления равного 60 с линейная зависимость между концентрацией и площадью пика на вольтамперограмме наблюдается в диапазоне от 0,08 до 0,8 мкг $\text{Co}^{3+}/\text{дм}^3$. Для сравнения – предел обнаружения кобальта в виде двухвалентного по методике, аттестованной и предназначенной для прибора, составляет 10 мкг/дм³ [4]. На основе полученных данных построен градуировочный график, описываемый уравнением – « $y = 11636x + 451,89$ » с коэффициентом детерминации равным 0,99. Рассчитаны такие показатели как правильность (с помощью метода «введено-найдено») (табл. 2) и повторяемость [6].

Таблица 2

Результаты оценки правильности методики методом «введено-найдено» (n = 3, P = 0,95)

C, мкг/дм ³		C _{ср} , мкг/дм ³	σ	t _{экс.}	t _{теор.}
введено	найдено				
0,08	0,099	0,085	0,01	0,7	4,3
	0,082				
	0,074				
0,40	0,393	0,403	0,03	0,2	4,3
	0,384				
	0,433				
3,20	3,350	3,330	0,11	2,1	4,3
	3,430				
	3,220				

Величина показателя повторяемости методики составила 9,5% ($n = 45$, $P = 0,95$). Для сравнения – величина повторяемости по аттестованной методике определения в виде кобальта двухвалентного для диапазона измеряемых концентраций (10–500 мкг/дм³) составляет 10–20% в зависимости от объекта анализа (пробы воды различного назначения) [4]. Не исключено, что величина повторяемости при определении кобальта в виде кобальта трехвалентного в пробах подобных объектов будет больше.

Выводы. 1. Впервые установлены некоторые метрологические характеристики методики определения кобальта методом ИВА в виде Co^{3+} .

2. Данную методику необходимо развивать в связи с её высокой точностью при определении малых концентраций кобальта трехвалентного в растворе.

Литература

1. Казаков Б. И. Кобальт и живая природа. Популярная библиотека химических элементов. Книга первая: Водород – палладий. 1983. С. 347–364.

2. ГОСТ 13047.3-2002 Никель. Кобальт. Методы определения кобальта.

3. Инжеватова О. В. Адсорбционная инверсионная вольтамперометрия кобальта и железа в анализе природных вод: Дис. ... канд. хим. наук. Екатеринбург, 2007. 124 с.

4. Сборник методик измерений концентрации ионов меди, кадмия, цинка, висмута, марганца и никеля методом вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе «Экотест-ВА». М.: ООО «Эконикс-Эксперт», 2004. 61 с.

5. Фокина А. И., Кулаков В. Н., Ашихмина Т. Я., Клековкина Е. А. Определение кобальта в растворе цианокобаламина методом инверсионной вольтамперометрии с дисковым вращающимся электродом // Бутлеровские сообщения. 2019. № 9. С. 71–74.

6. РМГ 61-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки. М.: Стандартинформ, 2013. 59 с.

БИОТЕСТИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БЕНЗОЛОМ ПРИ ПОМОЩИ КРЕСС-САЛАТА (*LEPIDIUM SATIVUM*)

Н. А. Пронина

Тулский государственный университет, pronina.nina2018@yandex.ru

Загрязнение городской воздушной среды органическими веществами происходит при работе химических и металлургических предприятий, а так же из-за утечек на них. Нами была смоделирована ситуация загрязнения, и проведено тестирование воздействия загрязнителя на прорастание семян кресс-салата.

Цель работы изучение влияния токсичных летучих веществ, в превышающих ПДК концентрациях, в лабораторных условиях.

Объект и методика проведения исследований. Тест-растением был выбран кресс-салат (*Lepidium sativum*) – фотосинтезирующее высшее растение с высокой чувствительностью к химическим соединениям (рекомендовано ГОСТ 33061-2014) [1]. Для увеличения достоверности эксперимента были использованы семена из одной партии с контрольной всхожестью 100%. В каче-



Рис. 1. Торможение роста корня у семян кресс-салата, прораставших под воздействием паров 1 капли бензола

В каждой колбе в марлевом мешочке на увлажненном ватном диске подвешивалось по 10 семян.

Опытные семена проросли в колбах с одной и пятью каплями бензола. В первом случае наблюдались серьезные нарушения прорастания: семена взошли на четверо суток позже контрольных, был заглушен рост корня и побега (рис. 1–2).

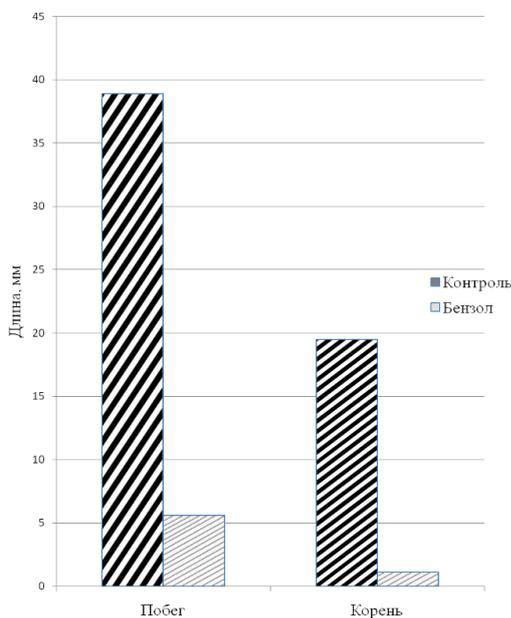


Рис. 2. Сравнение длин корня и побега контрольных и опытных растений, пророщенных под влиянием паров при внесении в колбу 1 капли бензола

его корневой системы. Причем нарушения зависят от концентрации вещества, которое оказывало влияние на прорастание растения.

стве тест-функций были взяты всхожесть, энергия прорастания и длина корня и побега [2].

Во время проведения этого опыта было изучено влияние паров бензола различной концентрации, которые достигались путем внесения 1, 5 и 10 капель вещества в колбу, на прорастание семян кресс-салата *Lepidium sativum* раннеспелого сорта Данский. И контрольные, и опытные растения прорастали в широкогорлых колбах объемом 500 мл. На дно четырех колб были помещены ватные диски с 2 мл дистиллированной воды, десятью, пятью и одной каплями бензола. В ка-

В случае воздействия паров пяти капель бензола на семена *Lepidium sativum* наблюдалось постепенное растрескивание семенной кожуры у 4 из 10 семян, два из которых впоследствии проросли – корешок прорвал семенную кожуру (ГОСТ 13056.6-97) [3]. Семена, находившиеся под влиянием паров внесенных в колбу десяти капель бензола, не проросли совсем, но наблюдалось растрескивание семенной кожуры и белёсое помутнение сахарозной оболочки над местом трещины.

В результате проделанной работы было изучено влияние паров бензола различных концентраций (внесением 1, 5 и 10 капель бензола в колбу) на прорастание кресс-салата. На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что бензол вызывает нарушение и замедление развития, как самого кресс-салата, так и

Литература

1. ГОСТ 33061-2014 «Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Наземные растения: тест на всхожесть семян и развитие проростков». М.: Стандартинформ, 2015.
2. Яковишина Т. Ф. Экотоксикологическая оценка городских почв методом биотестирования // *Universum: Химия и биология* : электрон. научн. журн. 2015. № 8 (16).
3. ГОСТ 13056.6-97 «Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести». М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.

ВЫЯВЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПРЕСС-ТЕСТА «ПЕТРИТЕСТ»

Я. Д. Мамонтова, А. В. Помогайбин, Л. М. Кавеленова
Самарский национальный университет
имени академика С. П. Королева, uana-3912@mail.ru

Почвенная среда обнаруживает изменения биологической активности, в том числе, количественные и качественные изменения состава почвенных микроорганизмов, под влиянием древесных растений как дикорастущих, так и выращиваемых человеком [1, 2]. Изучение ризосферных контактов бактерий и почвенных грибов с корневой системой растений, в том числе опосредуемых вторичными метаболитами разного происхождения, является объектом пристального внимания исследователей [3]. Факты положительного либо негативного влияния древесных растений на почвенную микрофлору и биологическую активность почвы были известны и ранее [4, 5]. Ситуация, когда древесное растение представляет собой интродуцент – новый для данных природных условий организм, перенесенный за пределы естественного ареала усилиями человека, весьма интересна.

Изучение влияния деревьев рода Орех на показатели биологической активности почвы, ранее выполнявшееся в Ботаническом саду Самарского университета, показало изменения уровня активности разрушения целлюлозы и появление различий в составе почвенных грибов, о чем свидетельствовала разная пигментация тест-полосок бумаги [6]. Продолжая данное направление, мы проанализировали показатели структуры и биологической активности почвы из горизонта А в подкороновом пространстве деревьев рода Орех, произрастающих в дендрарии Ботанического сада: орехи серый, маньчжурский, черный, грецкий (одинокое дерево), грецкий (сомкнутая группа молодых деревьев), айлантолистный форма сердцевидная, айлантолистный, мелкоплодный. В качестве условного контроля использовали образцы почвы без древесной растительности (пашня питомника). Был также использован образец из подкоронового пространства местного дуба черешчатого. В данной работе представлены результаты, полученные нами при использовании микробиологических экспресс-тестов «Петритест (произведены НПО «Альтернати-

ва», г. Саратов), предназначенные для определения общей численности дрожжей и грибов.

Микробиологические экспресс-тесты «Петритест» были разработаны для пищевой промышленности. Они полностью готовы для лабораторного использования: размещенная на пластиковых подложках среда позволяет оперативно обнаружить присутствие в исходном сырье, продукции, смывах с рабочих поверхностей и рук персонала различные микробиологические объекты (общее микробное число, бактерии группы кишечной палочки, сальмонелла, стафилококк, дрожжевые и плесневые грибы). Использование данных тест-систем для оценки показателей биологической активности почвы нами было выполнено впервые, в качестве анализируемой группы рассматривали плесневые грибы и дрожжи. Как известно, данные организмы могут образовывать как отдельные, так и смешанные колонии. Так как грибные колонии могут образовываться как из отдельных спор, так и из кусочков мицелия, результаты выполненного исследования мы расцениваем как качественные, хотя попытка количественной оценки также выполнена.

Методика работы включала следующие операции. Из почвенных образцов, используя дистиллированную воду, изготавливали водную вытяжку (соотношение почва : вода равно 1 : 20), верхний слой которой после отстаивания использовали для посева на питательную среду согласно процедуре тестирования. Стерильные условия в рабочей зоне поддерживали, обрабатывая поверхность стола тампонами, смоченными этанолом (96%). Отсутствие колоний в контрольном образце (нанесенная на среду дистиллированная вода) показало, что принятые меры были достаточными. Экспресс-тесты помещали в термостат ТС-1/80 СПУ при температуре +25 °С, периодический осмотр поверхности сред и подготовку цифровых фото выполняли с помощью бинокля Микромед МС-2-ZOOM 2CR (увеличение 100х), снабженного цифровой камерой Levenhuk C 1400 NG. Общая продолжительность тестирования составила 72 часа. Алгоритм событий при предложенной нами модификации экспресс-тестирования отражен в виде схемы, представленной на рисунке 1.

Через 12 часов на питательной среде с помощью бинокля просматривали первые нити мицелия (рис. 2). Через 72 часа размер и вид колоний изменился. Наблюдали крупные и мелкие колонии, отдельные варианты заметно различались по плотности зарастания. Вздутые, блестящие колонии дрожжей хорошо отличались от колоний плесневых грибов (рис. 3).

Наша работа показала возможность использования данного метода для почвенных образцов, что важно, так как экспресс-тесты были разработаны для нужд санитарного контроля в пищевой промышленности. Выявленные различия численности организмов (дрожжи и другие низшие грибы) под различными орехами означают, что в зоне влияния различных деревьев-интродуцентов происходит изменение состава почвенной биоты, из имеющихся в почве видов получают развитие те, кто «лучше контактирует» с данным древесным растением (табл., рис. 4).

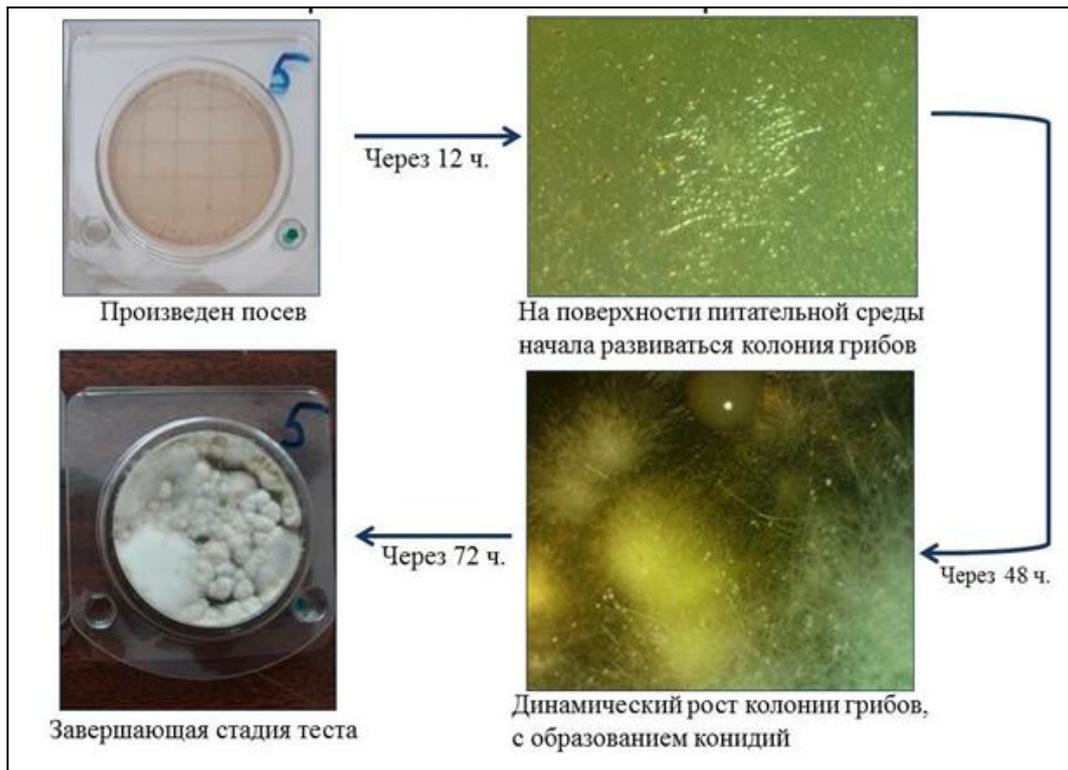


Рис. 1. Общая схема тестирования для почвенной вытяжки

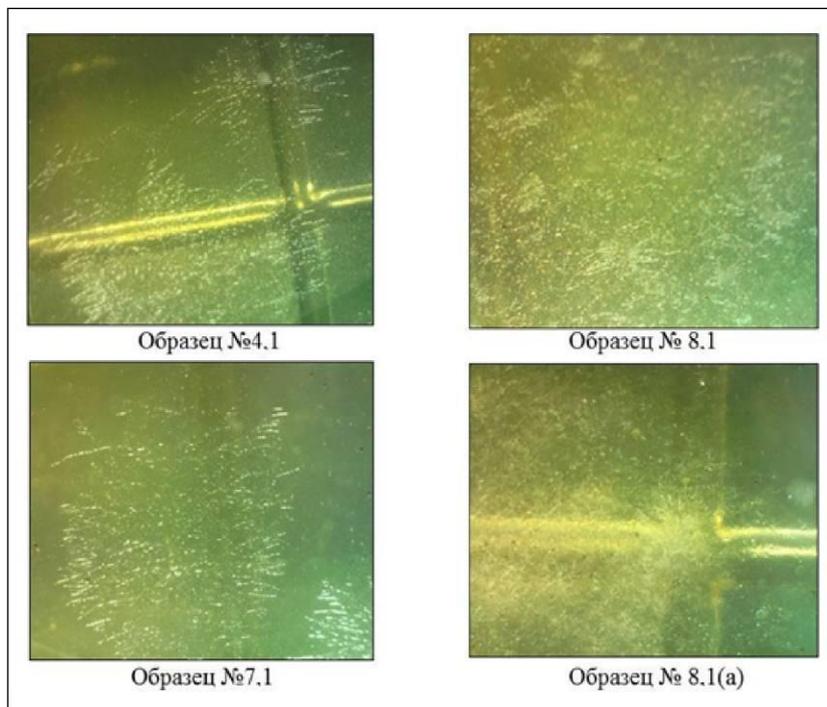


Рис. 2. Результаты формирования колоний спустя 12 ч.

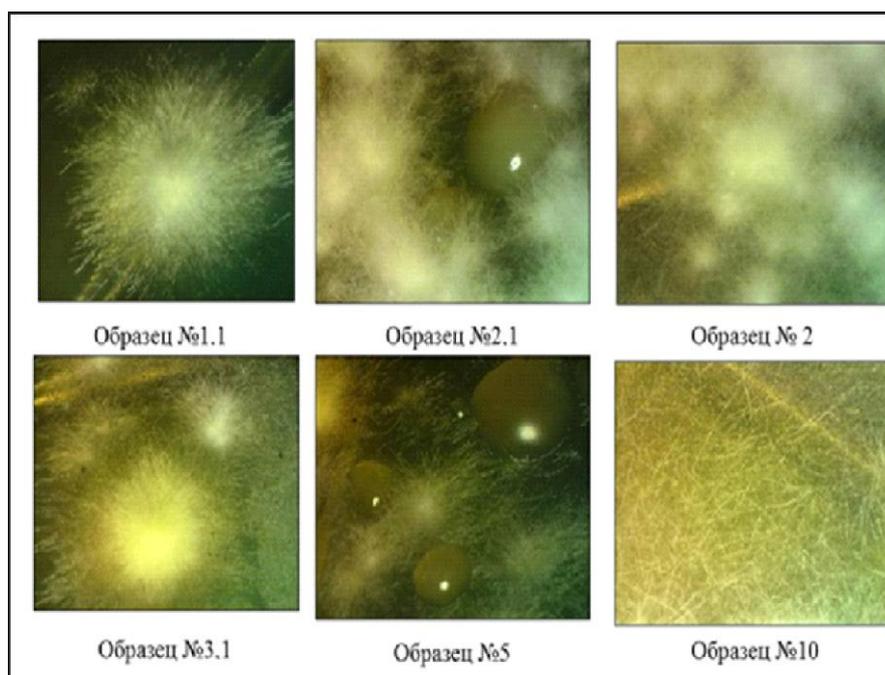


Рис. 3. Результаты развития колоний спустя 72 ч.

Таблица

**Особенности развития колоний грибов и дрожжей
в различных вариантах экспресс-теста**

Наименования проб	Результаты после 12 час.		Результаты после 72 час.	
	Повт. 1	Повт. 2	Повт. 1	Повт. 2
О. маньчжурский	Гр. 4	0	Гр. 30	Гр. 22
О. черный	Гр. > 5 мелкие	Гр. > 5 мелкие Др. > 10	> 80	> 80
О. грецкий (од. дер.)	0	0	> 40	> 40
О. грецкий (сомкн. гр. мол. дер.)	около 20	около 20	> 20	> 20
О. айлайнтолистный	1	1	> 50 крупные	> 60 крупные
О. мелкоплодный	0	1	> 20 мелкие	> 20 мелкие
Дуб черешчатый	> 10 мелкие	около 12, очень мелкие	> 30 крупные	> 30 крупные
О. серый	> 30 крупные	>30	>100 очень крупные	> 100 очень крупные
О. айлайнтолистный. (ф. сердцевидная)	0	0	>40 крупные	> 80 крупные
Пашня	8	6	> 10	> 18
Контроль	0	0	0	1

Примечание: Гр. – обозначение присутствия колоний плесневых грибов, Др. – обозначение присутствия колоний дрожжей, числами обозначено количество обнаруженных колоний.

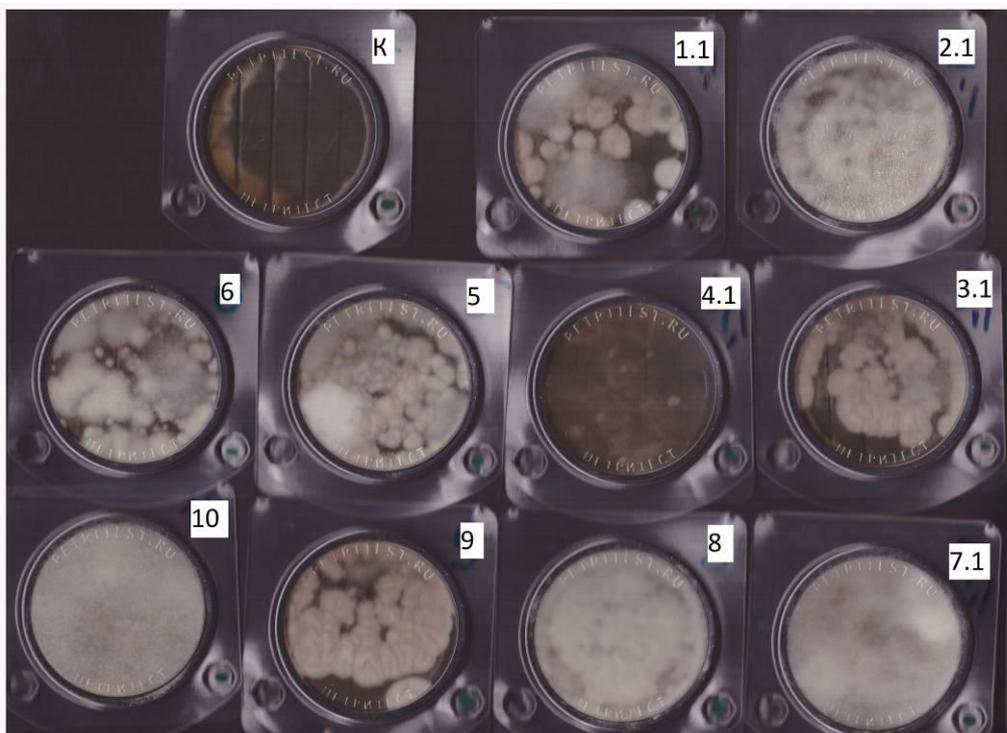


Рис. 4. Общий вид экспресс-тестов после экспонирования:
 к – контроль, 7 – дуб черешчатый, 10 – пашня, орехи: 1.1 – маньчжурский,
 2.1 – черный, 3.1 – грецкий (од. дерево), 4.1 – грецкий (гр. мол. дер.),
 5 – айлантолистный, 6 – мелкоплодный, 8 – серый,
 9 – айлантолистный (ф. сердцевидная)

Осмотр вариантов, относящихся к пробам почвы под различными деревьями, позволил выделить результаты для ореха серого: в этом варианте уже спустя 12 часов сформировалось более 30 крупных колоний, спустя 72 часа наблюдали более 100 колоний – это наибольшее значение среди всех вариантов.

Резкий скачок в развитии колоний во времени отметили для образцов орехов черного, грецкого (одиночное дерево), айлантолистного, айлантолистного (форма сердцевидная). Здесь к концу периода инкубации число колоний на поверхности субстрата резко возрастало, достигая показателей от 20 до 80. Напротив, слабые изменения в росте колоний наблюдали для проб почвы орехов маньчжурского, грецкого (сомкнутая группа молодых деревьев), мелкоплодного, дуба черешчатого и пашни (условный контроль). Это может соответствовать пониженной численности выявляемых тестом групп микроорганизмов в данных почвенных образцах.

Таким образом, микробиологические экспресс-тесты позволили выявить присутствие низших грибов и дрожжей в почвенных образцах. Образцы отличались мощностью развития колоний и неоднородностью зарастания поверхности агара. Выявленные различия численности организмов (дрожжей и других грибов) в почве под различными орехами означают, что в зоне влияния разных деревьев-интродуцентов происходят изменения состава почвенной биоты. Наша работа показала возможность использования экспресс-оценки почвенных образцов с использованием «Петритест», что расширяет

область применения данного метода, разработанного для нужд санитарного контроля в пищевой промышленности.

Литература

1. Thoms C., Gattinger A., Jacob M., Thomas F. M., Gleixner G. Direct and indirect effects of tree diversity drive soil microbial diversity in temperate deciduous forest // *Soil Biology & Biochemistry*. 2010. V. 42. P. 1558–1565.
2. Weber P., Bardgett R. D. Influence of single trees on spatial and temporal patterns of belowground properties in native pine forest // *Soil Biology & Biochemistry*. 2011. V. 43. P. 1372–1378.
3. Hadacek F. Constitutive secondary plant metabolites and soil fungi: defense against or facilitation of diversity // *Secondary Metabolites in Soil Ecology*. *Soil Biology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg book series. 2008. V. 14. P. 207–240.
4. Гродзинский А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. Киев: Наукова думка, 1965. 206 с.
5. Райс Э. Л. Аллелопатия. М.: Мир, 1978. 392 с.
6. Помогайбин Е. А., Помогайбин А. В. Влияние деревьев рода *Juglans* L. на целлюлозоразрушающую активность почвы в условиях дендрария Ботанического сада Самарского университета // *Самарский научный вестник*. 2018. Т. 7. № 1 (22). С. 105–109.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСШИХ ГРИБОВ КАК СОРБЕНТОВ ИОНОВ КАДМИЯ

А. В. Жукова¹, С. Г. Скугорева^{1,2}, Г. Я. Кантор^{1,2}

¹ Вятский государственный университет,

*² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
skugoreva@mail.ru, grigory_kantor@mail.ru*

Тяжелые металлы (ТМ), в том числе Cd, оказывают токсическое действие на биоту, легко аккумулируются и трудно выводятся из организма. В связи с этим актуальной проблемой является поиск эффективных сорбентов, способных снизить содержание ТМ в компонентах природной среды [1]. Такими свойствами обладают сорбенты на основе природных соединений, среди которых особое место занимает полисахарид хитин, благодаря таким уникальным свойствам, как биосовместимость, биodeградируемость, нетоксичность и бактерицидность [2]. Хитин является основным структурным компонентом клеточных стенок грибов, наружных покровов ракообразных и насекомых. Грибы способны аккумулировать ТМ в количествах, превышающих их содержание в окружающей среде [3, 4]. Содержание металлов может достигать 10–20% и более на единицу сухой массы мицелия [5]. В настоящее время реализуются программы использования базидиальных грибов для целей биоремедиации [6].

Целью данной работы было оценить сорбционные способности высших грибов шампиньона двуспорового *Agaricus bisporus* и сыроежки волнистой *Russula atropurpurea* по отношению к ионам кадмия.

Грибы высушивали до постоянной массы, измельчали и растирали в фарфоровой ступке, просеивали через сито с диаметром ячеек 0,25 см. Измерение содержания ионов кадмия в растворе проводили потенциометрическим методом на иономере «Эксперт-001», подключенном к персональному компьютеру, с ионоселективным электродом, чувствительными к концентрации ионов кадмия в растворе [7]. Опыт проводили с использованием магнитной мешалки при температуре 23 ± 1 °С.

В стакан наливали 50 мл раствора нитрата кадмия с различными концентрациями 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 и $2 \cdot 10^{-5}$ моль/л (М), погружали в раствор магнит, ионоселективный электрод, двухключевой электрод сравнения, включали мешалку. Запускали программу приема данных с иономера «Эксперт-001». Пробы сухих сорбентов взвешивали, быстро вносили в стакан с раствором нитрата кадмия. Для приема и обработки данных использовали программу EXP2PR (ООО «ЭКОНИКС-ЭКСПЕРТ»).

Кинетику сорбции описывали моделями псевдо-первого и псевдо-второго порядков и моделью Еловича [8–10]. При описании изотерм сорбции использовали уравнения Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина-Радушкевича. Значения параметров изотермы сорбции и кинетических моделей, усредненные за полное время каждого измерения, были найдены методом наименьших квадратов при помощи надстройки «Поиск решения» программного пакета Excel. При подборе уравнения модели кинетики и уравнения изотермы сорбции рассчитывали коэффициент детерминации r^2 по формуле:

$$r^2 = 1 - \frac{D_1}{D_2},$$

где D_1 – дисперсия разности экспериментальных и расчетных данных; D_2 – дисперсия экспериментальных данных.

Кинетика сорбции. По значениям коэффициента детерминации r^2 подбирали математическую модель, оптимально описывающую кинетику сорбции высших грибов (табл. 1). Наибольшие значения r^2 (0,9669–0,9941) при всех концентрациях ионов кадмия характерны для модели псевдо-второго порядка, несколько ниже значения – для модели псевдо-первого порядка (0,8716–0,9559) и самые низкие – для модели Еловича (0,5514–0,8162).

Таблица 1

Результаты обработки (r^2) кинетических кривых сорбции Cd^{2+} моделями химической кинетики

Начальная концентрация Cd^{2+} в растворе, $\cdot 10^{-5}$ М	Гриб-сорбент	Модель псевдо-первого порядка	Модель псевдо-второго порядка	Модель Еловича
1	2	3	4	5
0,2	<i>A. bisporus</i>	0,9380	0,9804	0,5908
	<i>R. atropurpurea</i>	0,9233	0,9843	0,6554
0,4	<i>A. bisporus</i>	0,9559	0,9770	0,5573
	<i>R. atropurpurea</i>	0,9543	0,9890	0,6972

1	2	3	4	5
0,6	<i>A. bisporus</i>	0,8716	0,9669	0,7258
	<i>R. atropurpurea</i>	0,8869	0,9940	0,8162
0,8	<i>A. bisporus</i>	0,9089	0,9928	0,6196
	<i>R. atropurpurea</i>	0,9068	0,9941	0,5857
1	<i>A. bisporus</i>	0,8681	0,9834	0,6947
	<i>R. atropurpurea</i>	0,9402	0,9893	0,5882
2	<i>A. bisporus</i>	0,9183	0,9775	0,7069
	<i>R. atropurpurea</i>	0,8948	0,9851	0,5514

Таким образом, сорбция кадмия высшими грибами хорошо описывается уравнением псевдо-второго порядка:

$$a_t = \frac{t}{\frac{1}{k_2 \cdot a_e^2} + \frac{t}{a_e}},$$

где a_t – зависящая от времени удельная масса сорбата (отношение массы сорбированного вещества к массе сорбента) (мг/г); a_e – равновесная (предельная) удельная масса сорбата (мг/г); k_2 – константа скорости сорбции модели псевдо-второго порядка (г/(мг • с)).

Чем выше кинетический коэффициент (k_2), тем выше скорость сорбции ионов сорбентом. Значения кинетического коэффициента при сорбции из растворов с высокими концентрациями ионов кадмия ((0,8–2) • 10⁻⁵ М) были сходны для различных видов. При низких начальных концентрациях ионов кадмия ((0,2–0,6) • 10⁻⁵ М) скорость сорбции была в 1,5–2,5 раза выше для *R. atropurpurea* по сравнению с *A. bisporus*. С увеличением начальной концентрации Cd²⁺ в растворе скорость сорбции снижалась ($r = -0,7081$ – $-0,7445$).

Чем выше равновесная (предельная) удельная масса сорбата (a_e), тем выше сорбционная емкость сорбента. По равновесной удельной массе сорбента исследуемые виды грибов мало различались (в пределах 5%), что свидетельствует о близких значениях сорбционной емкости. С увеличением начальной концентрации ионов кадмия в растворе емкость сорбентов возрастала; между показателями установлена высокая положительная корреляционная связь ($r = 0,9997$ – $0,9999$).

Таблица 2

Параметры модели сорбции псевдо-второго порядка для грибов-сорбентов при разных начальных концентрациях Cd²⁺ в растворе

Концентрация Cd ²⁺ , • 10 ⁻⁵ М	Кинетический коэффициент, г/(мг • с)		Равновесная масса сорбата, мг Cd ²⁺ /г сорбента	
	<i>A. bisporus</i>	<i>R. atropurpurea</i>	<i>A. bisporus</i>	<i>R. atropurpurea</i>
1	2	3	4	5
0,2	1,500	2,245	0,218	0,221
0,4	0,622	1,545	0,434	0,435
0,6	0,281	0,471	0,641	0,659
0,8	0,419	0,360	0,871	0,879

1	2	3	4	5
1	0,321	0,322	1,062	1,104
2	0,099	0,118	2,057	2,147
Коэффициент корреляции с концентрацией (r)	-0,7081	-0,7445	0,9997	0,9999

Изотермы сорбции. При выполнении работы были построены изотермы адсорбции по экспериментальным данным и проведен подбор наиболее оптимальной теоретической модели (рис.). Как видно из данных таблицы 3, для грибов максимальные и высокие значения коэффициента детерминации установлены для уравнений Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича.

В соответствии с уравнением Ленгмюра, чем больше емкость монослоя A_{max} и коэффициент Ленгмюра K_L , тем лучшим сорбентом является вещество или материал. Из таблицы 3 видно, что лучшим сорбентом ионов кадмия является *A. bisporus*.

В уравнении Дубинина-Радушкевича константа k характеризует энергию связи сорбента с кадмием. Она имеет максимальные величины у *A. bisporus*. *R. atropurpurea* характеризуется большей максимальной сорбцией ($A_{max} = 3,41$ мг/г).

Физический смысл константы v уравнения Фрейндлиха состоит в том, что при равновесной концентрации адсорбата равной 1 мг/л, v представляет собой величину адсорбции. Наибольшее значение v установлено для *R. atropurpurea*.

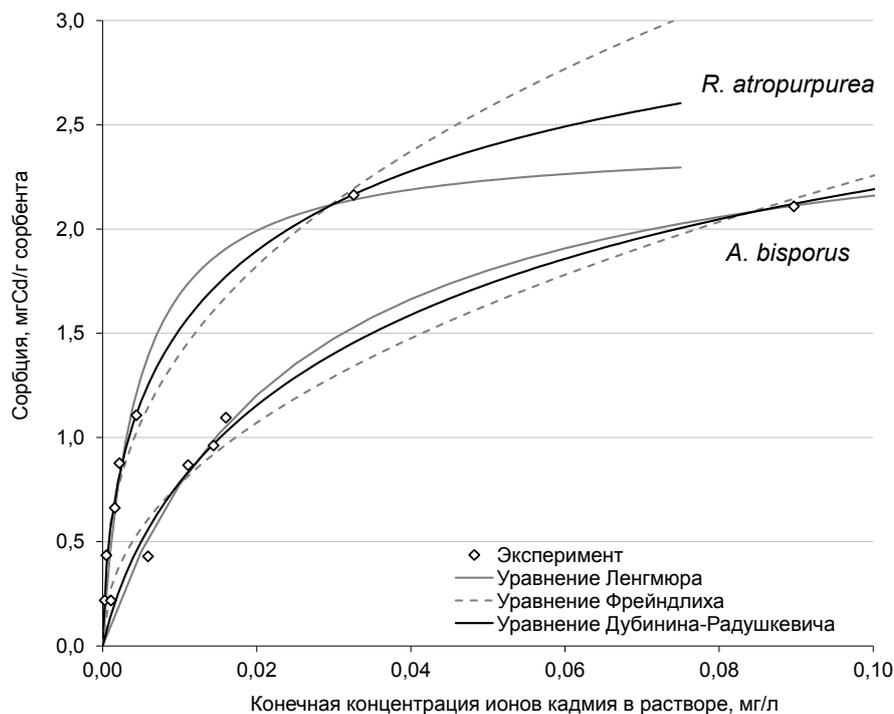


Рис. Изотермы сорбции ионов кадмия высшими грибами

Результаты обработки изотерм сорбции Cd²⁺ уравнениями Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радужкевича

Уравнение изотермы сорбции		<i>A. bisporus</i>		<i>R. atropurpurea</i>	
Ленгмюра	A_{max} , мг/г	2,70	$r^2 = 0,9917$	2,43	$r^2 = 0,9914$
	K_L , л/мг	40,19		226,9	
Фрейндлиха	v , л/мг	6,55	$r^2 = 0,9861$	8,08	$r^2 = 0,9903$
	n	2,16		2,63	
Дубинина-Радужкевича	A_{max} , мг/г	3,20	$r^2 = 0,9956$	3,41	$r^2 = 0,9976$
	k , мг ² /кДж	0,0109		0,0063	

Таким образом, кинетика сорбции ионов кадмия из раствора с начальными концентрациями $(0,2-2) \cdot 10^{-5}$ М высшими грибами *A. bisporus* и *R. atropurpurea* хорошо описывается уравнением псевдо-второго порядка. При низких начальных концентрациях ионов кадмия скорость сорбции в 1,5–2,5 раза выше для *R. atropurpurea*. Скорость сорбции при высоких концентрациях, а также емкость сорбции были очень близки для разных видов грибов. Изотерма сорбции ионов кадмия сухим мицелием грибов хорошо описывается уравнением Дубинина-Радужкевича, согласно которому наибольшей сорбцией характеризуется *R. atropurpurea* по сравнению с *A. Bisporus*.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.

Литература

1. Маркова М. Е. Сорбция тяжелых металлов высшими грибами и хитином разного происхождения в опытах *in vitro* // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2008. № 6. С. 118–124.
2. Маслова Г. В. Теория и практика получения хитина электрохимическим способом // Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение / Под ред. К. Г. Скрыбина, Г. А. Вихоревой, В. П. Варламова. М.: Наука, 2002. С. 24–43.
3. Горовой Л. Ф., Косяков В. Н. Сорбционные свойства хитина и его производных // Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение / Под ред. К. Г. Скрыбина, Г. А. Вихоревой, В. П. Варламова. М.: Наука, 2002. С. 217–246.
4. Косяков В. Н., Велешко И. Е., Яковлев Н. Г. Сорбция радионуклидов хитиновыми сорбентами различного происхождения // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: Материалы 7-й Междунар. конф. СПб.: ВНИРО, 2003. С. 320–323.
5. Кузнецов А. Е. Градова Н. Б. Научные основы экобиотехнологии. М.: Мир, 2006. 504 с.
6. Liu J. F., Hu L. J., Liao D. X., Su S. M., Zhou Z. K., Zhang S. Bioremediation of heavy metal pollution by edible fungi: a review // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 2011. V. 22. No. 2. P. 543–548.
7. Скугорева С. Г., Кантор Г. Я., Домрачева Л. И., Кутявина Т. И. Сравнительный анализ эффективности использования сорбентов различной природы по отношению к ионам меди(II) // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 3. С. 12–18.
8. Ho Y. S., Ng J. C. Y., McKay G. Kinetics of pollutant sorption by biosorbents: review // Separ. Purif. Methods. 2000. V. 29. No. 2. P. 189–232. doi: 10.1018/SPM-100100009

9. Cheung W. H., Ng J. C. Y., McKay G. Kinetic analysis of the sorption of copper(II) ions on chitosan // J. Chem. Technol. Biotechnol. 2003. V. 78. No. 5. P. 562–571. doi: 10.1002/jctb.836

10. Скугорева С. Г., Кантор Г. Я., Домрачева Л. И. Биосорбция тяжелых металлов микромицетами: особенности процесса, механизмы, кинетика // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 14–31. doi: 10.25750/1995-4301-2019-2-014-031

ТОКСИЧНОСТЬ МЕТАЛЛОВ В СМЕШАННОЙ КУЛЬТУРЕ ВОДОРОСЛЕЙ

М. А. Михеев, В. И. Ипатова

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
miheev_m.93@mail.ru*

В связи с усилением антропогенного воздействия на водные экосистемы остается актуальной проблема совершенствования методов биотестирования в оценке качества водной среды [1].

Очень удобным объектом для исследований действия токсикантов как на клеточном, так и на популяционном уровнях, являются микроводоросли (МВ) [2].

Традиционно в качестве тест-объекта при проведении биотестирования для оценки токсичности веществ используется культура, состоящая из одного вида микроводорослей. В России при проведении биотестирования в качестве тест-объекта широко используется микроводоросль *Scenedesmus quadricauda*. *Monoraphidium arcuatum* – новый тест-объект, который был выделен и введен в культуру на кафедре гидробиологии, и также может быть использован в качестве тест-объекта в биотестировании.

В монокультурах возможно изучать лишь отношения «среда–популяция», тогда как в смешанных культурах появляется возможность изучать отношения «популяция–популяция», определять границы устойчивого сосуществования, условия доминирования и элиминации видов. В отличие от монокультур, смешанные культуры позволяют изучать взаимодействие видов партнеров по ценозу и одновременно исследовать действие различных факторов среды, в том числе и токсических. Однако смешанные культуры МВ пока еще мало используются в биотестировании в качестве многовидовых тест-систем для оценки качества водной среды.

Целью работы явилось исследование действия бихромата калия и хлорида алюминия на развитие моно- и смешанных культур зеленых хлорококковых микроводорослей *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. и *Monoraphidium arcuatum* (Korsch.) Hind.

Объектами исследования являлись альгологически чистые культуры зеленых хлорококковых микроводорослей *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. и *Monoraphidium arcuatum* (Korsch.) Hind., широко распространенных в пресных водоемах Южного и Северного полушария и являющихся их важным звеном в трофических цепях.

S. quadricauda получена из коллекции культур водорослей кафедры микробиологии Биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова (DMMSU, штамм S-3). Данный вид водорослей относится к ценобиальным организмам. Чаще встречаются 2- и 4-клеточные ценобии, реже – 8–16-клеточные. При размножении в каждой клетке образуются автоспоры, которые внутри материнской клетки слагаются в молодую колонию.

M. arcuatum – одноклеточная водоросль с дуговидно изогнутыми клетками, размножается бесполо, образуя 4–8 автоспор внутри материнской клетки, которые выходят при разрыве ее оболочки. Введена в культуру на кафедре гидробиологии Биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова [3].

Основным показателем состояния культуры служило изменение численности клеток (абсолютной и по сравнению с контролем). Численность клеток подсчитывали в камере Горяева под световым микроскопом. Контролем служил рост водорослей в чистой среде без добавления токсикантов.

Исследовали влияние бихромата калия и хлорида алюминия на двухвидовую тест-систему – микроводорослей *S. quadricauda* и *M. arcuatum*.

По результатам хронических испытаний был рассчитан показатель опасности (ПО) и индекс опасности токсикантов [4], по следующей формуле:

$$\text{ПО} = \text{ЛК}_{50}/\text{МДК}$$

Оценку токсического действия проводили на основании достоверности различий опытных значений численности клеток по сравнению с контролем. Чувствительность культуры к токсикантам оценивали по величине ЛК₅₀ (полуэффективная концентрация) и МДК (минимальная действующая концентрация = ЛК₂₀, вызывающая угнетение роста на 20%) за 3, 7, 10, 21 и 31 суток, которые определяли с использованием пробит-анализа.

Развитие этих видов при совместном культивировании с исходным соотношением численности клеток 1:1 (25 и 25 тыс. кл/мл) изучали в норме и при добавлении токсикантов.

В длительном опыте со смешанной культурой испытывали концентрации 1, 2 и 3 мг/л бихромата калия. Рост монокультуры *M. arcuatum* в норме происходил достаточно интенсивно, при этом численность клеток на 28 сутки возрастала в 480 раз по сравнению с исходной, а в смешанной культуре – в 16 раз, т.е. в смешанной культуре происходило существенное подавление роста *M. arcuatum*.

Развитие *S. quadricauda* в моно- и смешанной культурах происходило иначе, чем у *M. arcuatum*. В контроле численность клеток *S. quadricauda* в монокультуре увеличилась за 28 суток в 141 раз, а в смешанной культуре – в 135 раз, т. е. рост *S. quadricauda* в моно- и смешанной культуре был близок и культура *M. arcuatum* не оказывала существенного влияния на развитие *S. quadricauda*.

Токсичность бихромата калия для *S. quadricauda* и *M. arcuatum* в смешанной культуре, оцененная по величинам ЛК₅₀, МДК и ПО, снижается для *S. quadricauda* и увеличивается – для *M. arcuatum* (табл.). По абсолютным величинам ПО опасность токсиканта для *M. arcuatum* в смешанной культуре

была ниже по сравнению с монокультурой. Однако, значения ПО в монокультуре *M. arcuatum* имеют тенденцию к снижению, а в смешанной культуре – к увеличению. Для *S. quadricauda* как в монокультуре, так и в смешанной культуре ПО снижался. По абсолютным величинам ПО опасность токсиканта для *S. quadricauda* в смешанной культуре была ниже по сравнению с монокультурой.

Сравнительный анализ чувствительности *S. quadricauda* и *M. arcuatum* к бихромату калия в моно- и смешанных культурах, оцениваемой по величине ЛК₅₀ и МДК бихромата калия в остром опыте (3 суток), показал, что в монокультурах вид *M. arcuatum* более чувствителен к бихромату калия, чем *S. quadricauda*. Причем, со временем эти 2 величины у обеих монокультур снижаются, что указывает на увеличение токсичности бихромата калия в монокультурах. В хроническом эксперименте с монокультурами (табл.) более высокая чувствительность *M. arcuatum* (ЛК₅₀=0,11 мг/л к концу опыта) к бихромату калия по сравнению с *S. quadricauda* (ЛК₅₀=0,38 мг/л к концу опыта) сохранялась.

Таблица

ЛК₅₀, МДК и ПО бихромата калия для *Scenedesmus quadricauda* и *Monoraphidium arcuatum* в моно- и смешанных культурах

<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Показатели			<i>Monoraphidium arcuatum</i>	Показатели		
	ЛК ₅₀ (3–24 сут.)	МДК (3–24 сут.)	ПО (3–24 сут.)		ЛК ₅₀ (3–24 сут.)	МДК (3–24 сут.)	ПО (3–24 сут.)
Монокультура	0,98–0,38	0,26–0,13	3,73–2,97	Монокультура	0,72–0,11	0,16–0,029	4,42–3,79
Смешанная культура	1,88–2,36	0,83–1,6	2,3–1,5	Смешанная культура	3,16–2,54	2,01–1,22	1,56–2,08

В смешанной двухвидовой тест-системе, наоборот, в остром опыте вид *S. quadricauda* более чувствителен к бихромату калия, чем *M. arcuatum*, поскольку величины ЛК₅₀ и МДК за 3 суток для *S. quadricauda* ниже, чем для *M. arcuatum*. Однако со временем эти величины для *S. quadricauda* увеличиваются, а для *M. arcuatum* снижаются, что свидетельствует о снижении со временем токсичности бихромата калия для *S. quadricauda* и усилении для *M. arcuatum* в смешанной культуре.

Сравнение чувствительности *S. quadricauda* и *M. arcuatum* в моно- и смешанной культуре по величинам ЛК₅₀, МДК показало, что чувствительность каждого вида в монокультуре выше, чем в смешанной культуре как в остром, так и в хроническом опытах.

В смешанной двухвидовой культуре с равным посевным титром клеток в накопительном режиме культивирования в контроле вид *S. quadricauda* является более конкурентноспособным и вытесняет вид *M. arcuatum*. При этом рост *S. quadricauda* в смешанной культуре близок к таковому в монокультуре, а рост *M. arcuatum* подавлен и существенно ниже, чем в монокультуре.

При низких уровнях воздействия бихромата (1–3 мг/л) вид *M. arcuatum* более чувствителен к конкурентному вытеснению видом *S. quadricauda*, а при высоких уровнях воздействия (5–10 мг/л) *M. arcuatum* становится более устойчивым к конкурентному вытеснению в течение длительного срока.

Кроме того оценивали токсичность хлорида алюминия в диапазоне концентраций от 0,1 до 100 мг/л в смешанной культуре *S. quadricauda* и *M. arcuatum*.

Концентрации хлорида алюминия 0,1; 0,4 и 1 мг/л не оказывали достоверного токсического воздействия ни на один из видов в смешанной культуре на протяжении всего опыта. Достоверное токсическое действие на оба вида на протяжении всего опыта оказывали лишь концентрации 50 и 100 мг/л. При 100 мг/л наблюдалось полное отсутствие роста обоих видов в смешанной культуре. При развитии *M. arcuatum* в монокультуре достоверное угнетение роста отмечено при 50 и 100 мг/л, а в смешанной культуре – при 10 мг/л хлорида алюминия и выше, т. е. его токсичность для этого вида была выше в смешанной культуре, что можно объяснить присутствием в ней конкурента *S. quadricauda*.

При малых концентрациях хлорида алюминия 0,1–1 мг/л соотношение видов в смешанной культуре в процессе роста в течение всего опыта было сходно с таковым в контрольной смешанной культуре без токсиканта. При средних по токсичности концентрациях 10–50 мг/л доля вида *M. arcuatum* к концу опыта была меньше, чем в контроле, а при высокой концентрации 100 мг/л доля *M. arcuatum* в процессе опыта колебалась незначительно и составляла к концу опыта 50%. Следовательно, при высокой интоксикации в присутствии хлорида алюминия при равной плотности посадки двух видов в смешанной культуре конкурентный эффект со стороны *S. quadricauda* практически отсутствует вследствие сильного угнетения роста обоих видов, вызванного токсикантом.

Изучение характера взаимоотношений двух видов МВ в смешанных культурах показало, что рост обоих видов в смешанной культуре взаимно ингибируется, поскольку максимальная численность клеток в монокультурах была выше максимальной численности каждого вида в смешанных культурах. Быстрое изъятие пищевого ресурса может осуществляться за счет более высокой скорости роста микроводорослей или за счет большей потребности в биогенах одного вида по сравнению с другим. При совместном культивировании высокий конкурентный эффект может быть достигнут и за счет подавления развития партнера по совместному росту токсичными экзометаболитами. При развитии *S. quadricauda* в монокультуре стационарная фаза наступала быстрее, чем у *M. arcuatum*, следовательно, *S. quadricauda* в норме быстрее изымает питательные вещества из среды. Но по скорости роста *M. arcuatum* в норме превосходит *S. quadricauda*.

Таким образом, в настоящей работе показана возможность использования смешанных культур микроводорослей в качестве тест-объектов при оценке токсичности металлов на примере бихромата калия и хлорида алюми-

ния. При этом наиболее интегральным тест-параметром при биотестировании с использованием смешанных культур микроводорослей является численность клеток, которая позволяет учитывать соотношение отдельных видов. При воздействии токсических веществ может наблюдаться как стимуляция роста резистентных, так и угнетение чувствительных видов водорослей к действию этих токсикантов, что приводит к монодоминированию видов в сообществе.

Сравнительный анализ чувствительности *S. quadricauda* и *M. arcuatum* к бихромату калия в моно- и смешанных культурах, оцениваемой по величинам ЛК₅₀ и МДК бихромата калия, показал, что в монокультурах вид *M. arcuatum* более чувствителен к бихромату калия, чем *S. quadricauda*, как в остром, так и в хроническом экспериментах. Чувствительность каждого вида в монокультуре выше, чем в смешанной культуре. В двухвидовой тест-системе в остром опыте вид *S. quadricauda* более чувствителен к бихромату калия, чем *M. arcuatum*, а в хроническом – наоборот. В смешанной культуре токсичность бихромата калия (по величинам ЛК₅₀, МДК и ПО) для *S. quadricauda* со временем снижается, а для *M. arcuatum* – увеличивается.

При низких уровнях воздействия бихромата калия (1–3 мг/л) вид *M. arcuatum* более чувствителен к конкурентному вытеснению видом *S. quadricauda*, а при высоких уровнях воздействия (5–10 мг/л) *M. arcuatum* становится более устойчивым к конкурентному вытеснению в течение длительного срока.

При низких уровнях воздействия хлорида алюминия (0,1–1 мг/л) характер взаимоотношений видов остается на уровне контрольной смешанной культуры, а при средних (10–50 мг/л) – *M. arcuatum* более чувствителен к конкурентному вытеснению видом *S. quadricauda*. При высоком уровне воздействия (100 мг/л) *M. arcuatum* становится более устойчивым к конкурентному вытеснению в течение длительного срока.

Литература

1. Филенко О. Ф. Некоторые универсальные закономерности действия химических агентов на водные организмы. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1990. 36 с.
2. Schafer H., Hettler H., Fritsche U., Pitzén G., Rodeger G. and Wenzel A. Biotests using unicellular algae and ciliates for predicting long-term effects of toxicants // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 1994. V. 27. N 1. P. 64–81.
3. Спиркина Н. Е., Ипатова В. И., Дмитриева А. Г., Филенко О. Ф. Сравнительная динамика роста культур микроводорослей видов *Monoraphidium arcuatum* (Korsch.) Hind. и *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. // *Бюлл. МОИП.* 2014. Т. 119. Вып. 2. С. 64–69.
4. Дулов А.С., Радилов А.С., Глушкова А.В. Методические подходы к оценке сравнительной токсичности наночастиц и наноматериалов и продукции на их основе // *Сб. трудов 4 съезда Токсикологов России, 6–8 ноября 2013 г. Москва. 2013.* Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. М.: Изд-во Capital Press, 2013. 596 с.

ОКСИДАТИВНЫЙ СТРЕСС – МЕХАНИЗМ АДАПТАЦИИ БАКТЕРИЙ К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ

И. С. Сазыкин, Л. Е. Хмелевцова, Т. Н. Ажогина, М. А. Сазыкина
Южный федеральный университет, issa@sfedu.ru

Бактерии проявляют огромную пластичность в отношении утилизируемых субстратов. Они способны трансформировать различные типы углеводов, их галоген- и нитропроизводных, пестицидов, пластиков таких как ПЭТ и полиэтилен и т.д. При утилизации подобных соединений бактериальные клетки, как правило, подвержены окислительному стрессу.

Маловероятно, что бактерии постоянно имеют в своем арсенале огромное количество субстрат-специфических ферментных систем для окисления каждого индивидуального соединения. Так, нефть, являющаяся ростовым субстратом для многих прокариот, содержит более 1500 отдельных веществ. Еще более необычно наличие ферментов, окисляющих такие субстраты, как ксенобиотики, ранее не встречавшиеся в природе.

Для большого количества оксидаз углеводов характерна нестрогая субстратная специфичность – фермент окисляет не конкретный субстрат, а группу сходных по строению веществ. При этом можно выделить оптимальный и субоптимальные субстраты. При окислении субоптимальных субстратов эти ферменты продуцируют активные формы кислорода (АФК) в результате большой частоты незавершенных реакций и шунтирования ферментативного цикла. АФК, производимые оксигеназами, становятся причиной окислительного стресса и роста мутагенеза в бактериальной клетке. Зарегистрированы переходные формы фермента, имеющие высокую гомологию с предковой формой, но расширившие субстратную специфичность и окисляющие новый субстрат не менее эффективно, чем старый. Именно этот процесс способен обеспечить появление ферментов, окисляющих ксенобиотики.

Способны ли процессы, повреждающие отдельные клетки, принести выгоду бактериальной популяции в целом? Может ли окислительный стресс быть адаптацией к разнообразию субстратов?

В результате проведенных нами исследований для нефтеокисляющих микроорганизмов *Achromobacter xylosoxidans* и *Acinetobacter calcoaceticus* установлено многократное увеличение активности супероксиддисмутазы и падение активности каталазы при культивировании в присутствии углеводов. Кроме того, антиоксиданты частично ингибируют биodeградацию углеводов этими бактериями.

Для видов *Acinetobacter calcoaceticus*, *Achromobacter xylosoxidans*, *Rhodococcus erythropolis*, *Arthrobacter aurescens*, *A. polychromogenes*,

A. sulfonivorans, *Isophtericola* sp., *Oerskovia turbata*, *Pseudomonas putida*,

P. stutzeri, *P. koreensis*, *P. brassicacearum* и *P. chlororaphis* зарегистрирована генерация O_2^- при инкубации с дизельным топливом, циклоалканами,

ароматическими углеводородами, алканами, а также накопление H_2O_2 при культивировании с дизельным топливом.

Также нами было установлено, что в присутствии таких углеводов, как декан, гексадекан, циклогексан, бензол, нафталин, увеличивается количество образующихся рифампицин-устойчивых мутантов *P. putida*,

A. calcoaceticus и *Vibrio aquamarinus*.

Монооксигеназы, принадлежащие к семейству P450 (в частности, *CYP153*) найдены у многих углеводород-деградирующих микроорганизмов. Главным образом цитохромы P450, участвующие в окислении углеводов, представлены алкан-гидроксилазами, но обнаружены также цитохромы, способные окислять и ароматические углеводороды. В ходе ферментативных реакций цитохромов P450 может происходить так называемое «разобщение» цикла, когда поступление электронов, полученных от NAD(P)H, к молекулам P450, приводит к генерации супероксид-анион радикала и/или перекиси водорода вместо продуктов монооксигеназной реакции.

Для бактерии *R. erythropolis* нами была изучена экспрессия генов *CYP153*, *recA*, *sodA* и *sodC* в присутствии углеводов. Дизельное топливо, циклогексан и нафталин усиливали транскрипцию генов *CYP153*, *recA* и *sodA*, а нафталин также и гена *sodC*. Усиление экспрессии гена *recA*, синхронизированное с экспрессией цитохрома *CYP153*, позволяет судить о том, что окислительный стресс в присутствии углеводов приводит к повреждению ДНК. Процесс репарации ДНК стимулирует рост мутагенеза и, вероятно, усиление горизонтального переноса генов.

Усиление генерации АФК в результате окисления ксенобиотика

2,4-динитротолуола (DNT), являющегося субоптимальным субстратом, описано группой исследователей (Pérez-Pantoja с соавт.) для *Burkholderia ceracia* R34 [1]. Окислительный стресс, в свою очередь, приводил к окислительному повреждению ДНК с образованием 8-гидрокси-2'-деоксигуанозина (8-охоG) и усилению мутагенеза. В процессе дальнейших исследований метаболический путь окисления DNT из *B. ceracia* R34, находящийся в процессе эволюционной трансформации, был перенесен в *P. putida* [2]. При окислении DNT повышается уровень АФК и увеличивается уровень гомологической рекомбинации. При этом не зарегистрировано индукции промотора гена *recA* и влияния АФК на уровень мутагенеза. Авторы полагают, что за счет высокого уровня окислительно-восстановительного метаболизма, *P. putida* нивелирует негативные последствия окислительного стресса. Неясно, каким образом при окислении DNT в *P. putida* усиливаются процессы гомологичной рекомбинации без активации SOS-ответа, и как ускоряется эволюция ферментных систем и генетическая пластичность без усиления уровня мутагенеза.

Затем тот же метаболический путь из *B. ceracia* R34 был перемещен в *Escherichia coli* [3]. Деграция DNT в *E. coli* также привела к усилению мутагенеза, при этом не было зарегистрировано прямое повреждение ДНК и стимулирование активности промотора гена *recA*. Авторы пришли к выводу, что усиление мутагенеза происходило не за счет непосредственного повреж-

дения ДНК и SOS-ответа, а за счет стресс-индуцированного снижения точности репликации ДНК.

Вероятно, у разных микроорганизмов АФК могут приводить к ускорению молекулярной эволюции при участии преимущественно различных механизмов. К примеру, у *Burkholderia* основной вклад может вносить непосредственное повреждение ДНК, у *Rhodococcus* – SOS-ответ, у *E. coli* – снижение точности репликации ДНК. Эти процессы, вероятно, не только наносят ущерб бактериальным клеткам, но также являются механизмом жесткой адаптации к изменяющимся условиям питания и окружающей среды. В случае *P. putida* высокий уровень внутриклеточных антиоксидантов защитит бактериальную клетку от негативных последствий окислительного стресса, но он, также, по всей видимости, снизит скорость изменений в ферментных системах клетки и ее приспособляемость к новым субстратам.

Таким образом, окислительный стресс может приводить к ускорению эволюции ферментов и адаптации микроорганизмов к новым субстратам и экологическим нишам. Степенью мощности антиоксидантных систем, вероятно, определяется пластичность и способность к диверсификации бактериальной популяции. Исследование баланса между выживаемостью бактериальных клеток и способностью микроорганизмов осваивать новые экологические ниши пока является крайне неизученной проблемой.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 17-04-00787).

Литература

1. Pérez-Pantoja D., Nikel P. I., Chavarria M., de Lorenzo V. Endogenous stress caused by faulty oxidation reactions fosters evolution of 2,4-dinitrotoluene-degrading bacteria // PLoS Genetics. 2013. V. 9 (8):e1003764. doi.org/10.1371/journal.pgen.1003764.
2. Akkaya Ö., Pérez-Pantoja D. R., Calles B., Nikel P. I., de Lorenzo V. (). The metabolic redox regime of *Pseudomonas putida* tunes its evolvability toward novel xenobiotic substrates // MBio/ 2018. 9(4). pii: e01512-18. doi: 10.1128/mBio.01512-18.
3. Akkaya Ö., Nikel P. I., Pérez-Pantoja D. R., de Lorenzo V. (). Evolving metabolism of 2,4-dinitrotoluene triggers SOS-independent diversification of host cells // Environmental Microbiology. 2019. V. 21 (1). P. 314–326. doi:10.1111/1462-2920.14459

ЭФИРНОЕ МАСЛО ПИХТЫ СИБИРСКОЙ КАК ИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Е. В. Котряхова, Т. А. Адамович

Вятский государственный университет, ekaterinakotryahova@mail.ru

В качестве индикаторов экологической нагрузки на территорию в настоящее время довольно часто используется оценка состояния растительных объектов, определяемая различными методами [1].

Растения и растительные сообщества, формирующиеся в условиях комплексного влияния экологических факторов, своим строением и особенно-

стями структуры отвечают суммарному воздействию факторов среды обитания. Индикаторные возможности растений уже давно используются в решении прикладных задач. С увеличением антропогенной нагрузки на экосистемы расширяется область применения фитоиндикационного метода. Растительный покров чутко реагирует на изменение природных факторов окружающей среды и антропогенное влияние.

К числу наиболее распространенных методов оценки состояния окружающей среды по различным параметрам индикаторных видов, а также по структуре и строению растительных сообществ относят, прежде всего, анализ химического состава растений.

Ведущая роль в биоиндикации состояния окружающей среды принадлежит древесным растениям. Они способны поглощать и нейтрализовать часть атмосферных загрязнителей, задерживать пылевые частицы, а также индицировать особенности загрязнения посредством разнообразия ответных реакций. Результаты многочисленных исследований показывают, что наибольшей устойчивостью к антропогенному загрязнению окружающей среды характеризуются лиственные породы. Голосеменные более чувствительны к воздействию загрязнителей и повреждаются в первую очередь, хотя и среди них имеются довольно устойчивые виды, которые широко используются в озеленении городов.

Химический состав древесных растений в настоящее время хорошо изучен. Под действием антропогенных загрязнений содержание тяжелых металлов (ТМ) в деревьях существенно меняется, что позволяет применять их в биоиндикационных исследованиях. В практике биомониторинга широко используется химический анализ листьев, ветвей, коры и древесины. Хорошими индикаторными свойствами обладают листва и хвоя деревьев [2].

Образование и накопление в дикорастущих растениях фармакологически активных веществ является динамическим процессом, изменяющимся в онтогенезе растения, а также зависящим от многочисленных факторов окружающей среды.

Хорошо известно, что помимо природно-климатических факторов на химический состав растений оказывают влияние экологические факторы антропогенного характера. Хвойные древесные растения также подвергаются антропогенному воздействию со стороны окружающей среды. В связи с этим актуальной является оценка влияния антропогенной нагрузки на накопление в хвойных древесных растениях отдельных терпеновых соединений. В качестве объекта исследования была выбрана пихта сибирская (*Abies sibirica*), которая чувствительна к загрязнению воздушной среды. В качестве диагностического органа используется хвоя – ассимиляционный аппарат, который в первую очередь реагирует на изменения окружающей среды. В его тканях раньше всего проявляются вызванные промышленными эмиссиями изменения. В этой связи планируются работы по исследованию количественного содержания как самого эфирного масла, так и его отдельных компонентов в древес-

ной зелени пихты сибирской в двух заметно различающихся по количеству загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере районах ее произрастания [3].

Исследователями проведено огромное количество работ по изучению состава эфирного масла пихты сибирской [4–7]. Выявлено, что его состав меняется в зависимости от состояния окружающей среды района произрастания. Например, исследовано влияние степени загрязнения воздуха района произрастания пихты сибирской на синтез и накопление как эфирного масла, так и его отдельных компонентов. Получены сведения, что увеличение содержания загрязняющих веществ в воздухе снижает содержание сесквитерпенов и кислородсодержащих терпеноидов в древесной зелени пихты сибирской [3].

Литература

1. Калашник Н. А. Цитогенетические методы оценки состояния насаждений пихты сибирской в условиях промышленного загрязнения // Вестник ОГУ. 2011. № 12 (131) С. 80–82.
2. URL:https://studref.com/418077/geografiya/metody_fitoindikatsii_ekologicheskogo_sostoyaniya_prirodnoy_sredy (Дата обращения: 4.11.2019)
3. Ефремов Е. А., Назиров Р. А., Ефремов А. А. Влияние экологического состояния территории на содержание и компонентный состав эфирного масла пихты сибирской // Вестник КрасГАУ. 2014. № 12. С. 89–93.
4. Ефремов Е. А., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла июльской лапки пихты сибирской Красноярского края // Химия растительного сырья. 2010. № 2. С. 135–138.
5. Ефремов Е. А., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла октябрьской лапки пихты сибирской Красноярского края // Химия растительного сырья. 2010. № 3. С. 121–124.
6. Ефремов Е. А., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла зимней лапки пихты сибирской Красноярского края // Химия растительного сырья. 2012. № 4. С. 113–117.
7. Ефремов Е. А., Ефремов А. А. Компонентный состав и физико-химические характеристики эфирного масла весенней лапки пихты сибирской // Химия растительного сырья. 2013. № 4. С. 71–75.

ИЗМЕНЕНИЕ ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ КАК БИОИНДИКАЦИОННЫЙ ПРИЗНАК

П. В. Трофимова, Н. Л. Лагунова

Тульский государственный университет, trofimovapolza@gmail.com

Концептуальной основой многих исследований последнего времени стала идея рационального природопользования, обеспечивающего устойчивое функционирование экосистем. Необходимо изучение влияния различного рода загрязнений на биологические объекты. Лишайники являются перспективным объектом для проведения подобного рода исследований, они одними из первых реагируют на повреждающие воздействия [1, 2]. На сегодняшний день фоновые виды эпифитной лишайнобиоты широко используются в качест-

ве достоверных биоиндикаторов воздушного бассейна урбосреды как на территории РФ, так и за рубежом [3]. Фотосинтетический аппарат (ФСА) – наиболее чувствительный к стрессу метаболический аппарат водорослевого компонента. При загрязнении воздушных масс изменяется пигментный состав водоросли, что может быть связано как с адаптацией, так и с угнетением ФСА [4]. Природа физиологического ответа лишайников на действие поллютантов изучена недостаточно.

В условиях Тульской области – региона с высокой плотностью и разнообразием промышленных источников загрязнения среды, с широкой амплитудой техногенных нагрузок на природные экосистемы, достигающих в локальных зонах критического уровня, – представляется хорошая возможность для изучения механизмов устойчивости и адаптации организмов к условиям техногенных экотопов. Целью данной работы являлось оценить изменение содержания фотосинтетических пигментов (ФСП) под воздействием атмосферного загрязнения в различных районах Тульской области.

В качестве объекта исследования были выбраны следующие эпифитные лишайники: *Xanthoria parietina*, *Physcia stellaris*, *Ph. adscendens*, *Parmelia sulcata*. Талломы лишайников были собраны в естественных сообществах и искусственных насаждениях г. Тулы и г. Ясногорска в зонах магистралей, парковых зонах и в лесополосе. Талломы промывались в дистиллированной воде и высушивались при комнатной температуре в течение 24-х часов. Измельченную до порошкообразного состояния биомассу использовали для приготовления спиртовых экстрактов стандартным методом, светопоглощение определяли на спектрофотометре СФ-104 (Аквилон, Москва) в спектральном режиме в трехкратной повторности. Содержание пигментов рассчитывали по формулам, учитывая массу навески и объем растворителя [5].

Содержание пигментов в зоне условного контроля оказалось одинаковым у двух видов рода *Physcia* – *Ph. stellaris* и *Ph. adscendens* (0,5–2,3 мг/г), однако реакция на загрязнения у них различна (рис. 1).

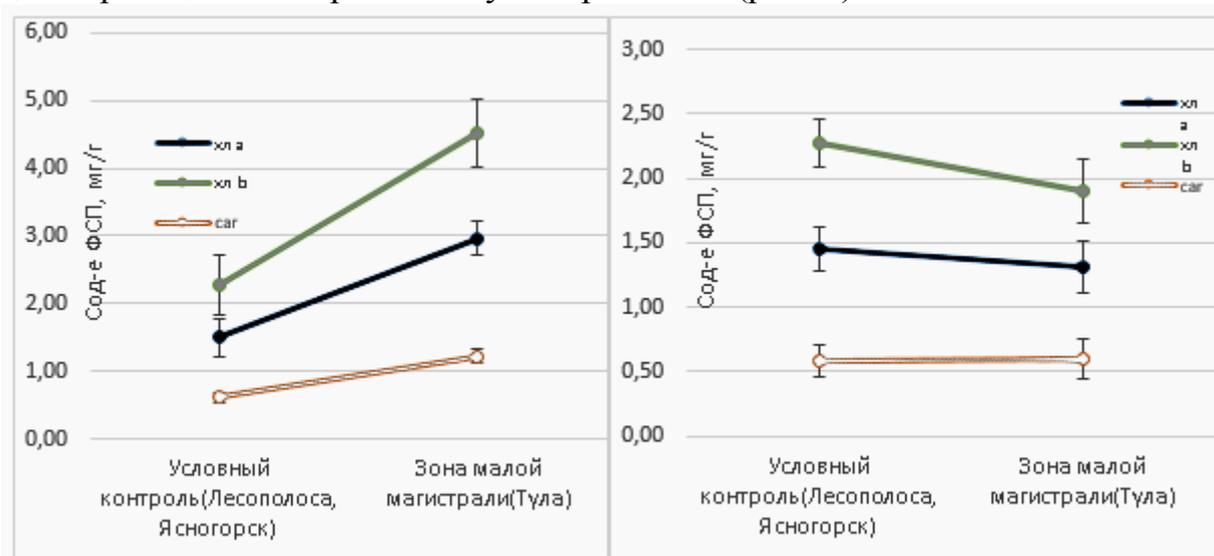


Рис. 1. Изменение содержания ФСП в талломах *Ph. stellaris* и *Ph. adscendens*

Изменение пигментного состава в зоне магистрали у *Ph. adscendens* статистически не явное, у *Ph. stellaris* содержание как основного пигмента, так и вспомогательных, выполняющих протекторные функции, увеличивается в 2 раза. В условиях загрязнения *Ph. stellaris* демонстрирует адаптивные реакции ФСА, что не может делать *Ph. adscendens* из-за своих физиологических особенностей [6].

Различно содержание ФСП в талломах *X. parietina* и *P. sulcata* (рис. 2), например, содержание основного ФСП хлорофилла *a* у *X. parietina* в зоне условного контроля больше в 1,8 раз, чем у *P. sulcata*. Тем не менее, при увеличении загрязнения воздушных масс в зоне магистрали, наблюдаются сходные реакции: содержание каротиноидов и хлорофилла *b* меняется незначительно, тогда как содержание хлорофилла *a* увеличивается в 1,5–1,8 раза.

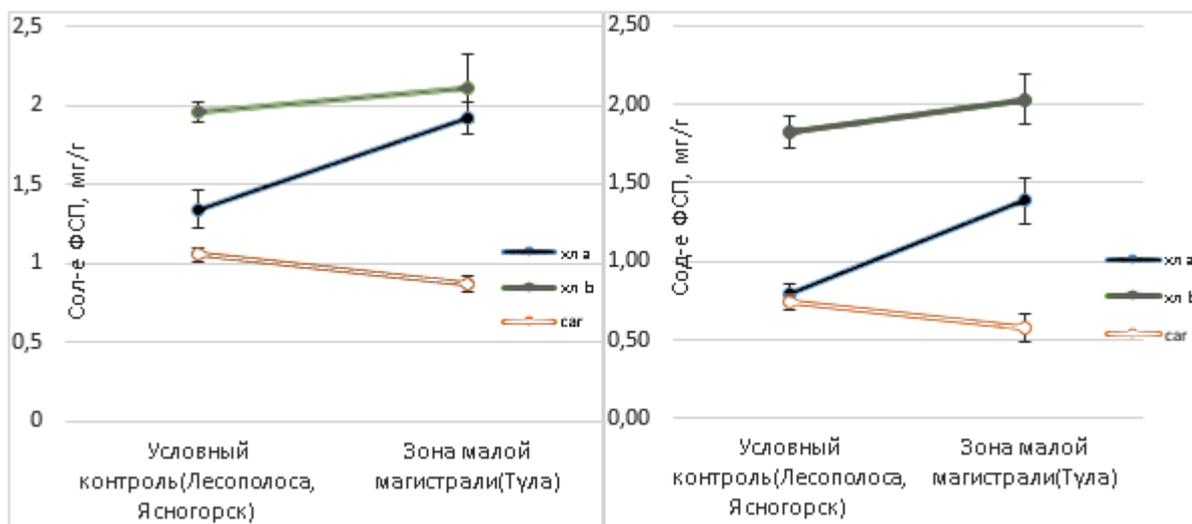


Рис. 2. Изменение содержания ФСП в талломах *X. parietina* и *P. sulcata*

Изменение пигментного состава талломов *X. parietina* в различных зонах г. Тулы, г. Узловая, г. Новомосковска и г. Ясногорска приведено далее (рис. 3).

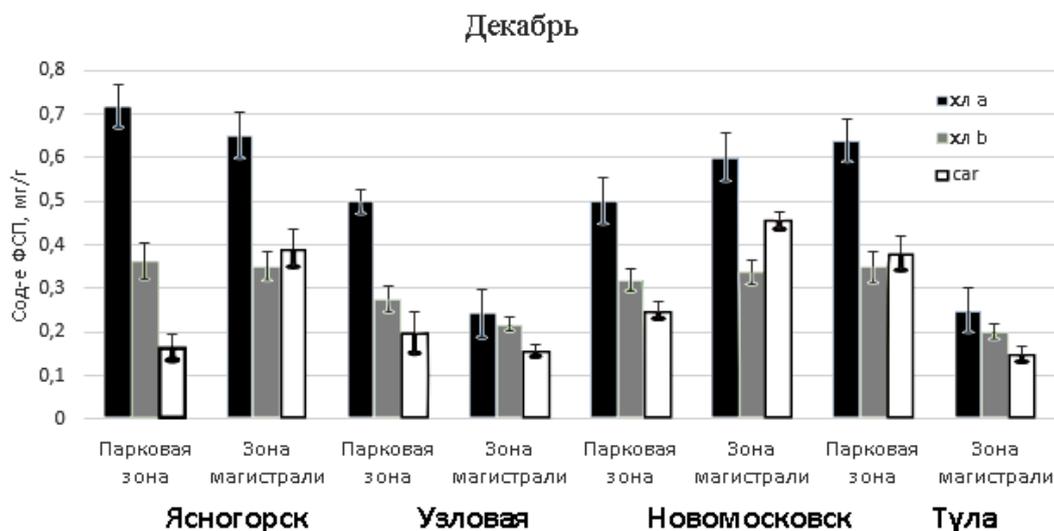


Рис. 3. Содержание ФСП в спиртовых экстрактах талломов *X. parietina*

В парковой зоне Ясногорска наблюдается оптимальное соотношение хлорофиллов *a* и *b* (5:3) – показатель 1, характеризующий сформированность ФСА у хлоролишайников, содержащие в качестве фотобионта зеленую водоросль [3]. При увеличении техногенной нагрузки наблюдается увеличение содержания каротиноидов в 2,5 раза, что говорит об адаптивной реакции водорослевого компонента (табл.). Показатель 2, отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам, показывает жизнеспособность лишайника. Адаптивные реакции талломов *X. parietina* в зоне магистрали отражаются в снижении показателя 2 ($2,6 \pm 0,2$ при норме 3).

Таблица

Показатели состояния ФСА

Исследуемая зона	Chla/Chlb	(Chla+Chlb)/Car
Ясногорск, парковая зона	$2,0 \pm 0,2$	$6,5 \pm 0,2$
Ясногорск, зона магистрали	$1,9 \pm 0,2$	$2,6 \pm 0,2$
Узловая, парковая зона	$1,8 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,3$
Узловая, зона магистрали	$1,0 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,1$
Новомосковск, парковая зона	$1,6 \pm 0,2$	$3,3 \pm 0,1$
Новомосковск, зона магистрали	$1,8 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,1$
Тула, парковая зона	$1,8 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,2$
Тула, зона магистрали	$1,25 \pm 0,05$	$3,0 \pm 0,1$

В Узловой отмечается уменьшение хлорофилла *a* в 2 раза в зоне магистрали, что является прямым угнетением процессов фотосинтеза, таким же образом уменьшается и показатель 1 – в 1,8 раз по сравнению с парковой зоной (норма показателя 1 – $2,2 \pm 0,2$). Второй показатель в норме, концентрация поллютантов не летальна.

В Новомосковске наблюдаются такие же закономерности изменения содержания ФСП при увеличении нагрузки, как и в Ясногорске – увеличение каротиноидов (на 84%). В зоне магистрали наблюдается статистически незначительное увеличение хлорофилла *a*, показатель 1 занижен как в парковой зоне, так и в зоне магистрали, также снижен показатель жизнеспособности ($2,1 \pm 0,1$ при норме 3).

В Туле в парковой зоне наблюдается увеличение каротиноидов в 2,3 раза по сравнению с условным контролем (Ясногорск). Показатель 1 и 2 ниже нормы, что говорит об адаптивных изменениях ФСА и пониженной жизнеспособности лишайников. В зоне магистрали наблюдается уменьшение содержания всех ФСП в 1,5–2,5 раза, что говорит об угнетенном состоянии ФСА *X. parietina*.

Литература

1. Маторин Д. Н., Алексеев А. А., Горячев С. Н. Изучение особенностей фотосинтеза лишайников с использованием методов флуоресценции хлорофилла // Вестник РУДН. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 3. С. 113–124.
2. Романова Е. В. Лишайники – биоиндикаторы атмосферного загрязнения // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 4. С. 203–214.

3. Злыднев А. А., Онофрейчук О. Н., Анищенко Л. Н. Пигментный состав фоновых эпифитных видов брио- и лишенобиоты крупных городов как биоиндикационный признак // В мире научных открытий. 2018. Т. 10. № 1. С. 75.

4. Головкин Т. К., Дымова О. В., Табаленкова Г. Н., Пыстина Т. Н. Фотосинтетические пигменты и азот в талломах лишайников бореальной флоры // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 4. С. 38–44.

5. Мякишева Е. П., Соколова Г. Г. Влияние качества света на содержание фотосинтетических пигментов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в культуре *in vitro* // Известия АлтГУ. 2014. С. 46–49.

6. Войцехович А. А. Пигменты фотосинтетического аппарата зеленых водорослей – фотобионтов лишайников // Альгология. 2010. Т. 20. № 3. С. 287–299.

ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ЛУГОВОЙ ПОЧВЕ НА РОСТ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

А. А. Утомбаева, А. М. Петров, Т. В. Кузнецова, И. В. Князев
Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан, semionova.alin@yandex.ru

Как сырая, так и товарная нефть, оказывает сильное влияние на рост растений и состояние культурного фитоценоза в целом. Она резко снижает всхожесть семян и густоту травостоя, вызывая его сильное изреживание и оказывая ингибирующее действие на рост оставшихся (выживших) растений, что проявляется у многолетних злаков в усилении кушения (рост в высоту при этом не увеличивается) и соответствующем увеличении мощности растения (массы одного растения). Продуктивность культур фитоценоза при этом уменьшается (за счет изреживания травостоя). Большой «изреживающий эффект» вызывает сырая нефть. Степень воздействия нефти зависит от дозирования (степени загрязнения), агротехнического фона и срока посева.

Интенсивность и перечень проводимых мероприятий на нефтезагрязненных почвах определяются необходимостью удаления поллютанта до уровня, обеспечивающего дальнейшее самовосстановление их физико-химических свойств и плодородия. В ходе рекультивации в результате проходящих в почве процессов часть компонентов нефти превращается в органические вещества – низкомолекулярные соединения, что приводит к снижению токсичности почв, обеспечивает рост на них высших растений [1–3]. Учитывая, что корневая система растения является основным проводником питательных веществ, представлялось важным определить влияние разных доз поллютанта на ее развитие у высших растений.

Цель исследований – изучение в хроническом эксперименте на аллювиальной луговой супесчаной почве влияния остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации на развитие корневой системы высших растений.

В качестве тест-объектов были использованы два вида растений: односемядольное – пшеница яровая (*Triticum vulgare* L.) сорта «Йолдыз» (Tv) и

двусемядольное – горох посевной (*Pisum sativum* L.) сорта «Казанец» (Ps). Всхожесть семян составляла 95% и более.

Эксперимент по определению фитотоксичности почвы в зависимости от остаточного содержания нефти включал несколько вариантов с различным остаточным содержанием нефтепродуктов, получаемым путем смешивания чистой (контрольной) и ранее условно рекультивированной загрязненной нефтью почвы. В качестве контроля использовали чистую, не загрязненную нефтью почву. Количество повторностей – 3. Эксперимент проводили в условиях прописанных в ГОСТ Р ИСО 22030-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений».

Хронические эксперименты проводили в лабораторных условиях при температуре окружающего воздуха 19–26 °С. Влажность почв поддерживалась на уровне 60% от полной влагоемкости. Биомассу корней растений определяли на 42 сутки эксперимента.

Остаточное содержание нефтяных загрязнений в почве определяли согласно [4].

Сопоставление биомассы корней пшеницы в разных вариантах не выявило, каких-либо закономерностей в их развитии в зависимости от содержания в почве поллютанта. Необходимость более активного изъятия питательных из почвы стимулировало увеличение биомассы корней в трех из четырех опытных вариантах, при ингибировании их роста в варианте, содержавшем 1,5 г/кг нефтепродуктов (НП) (табл. 1).

Таблица 1

Взаимосвязь между биомассой корней растений пшеницы и остаточным содержанием нефтепродуктов в почве в хроническом эксперименте

Концентрация НП, г/кг	1,5	4,9	6,0	11,0
Фитозффект, %	46,7	-26,7	-46,7	-40,0

Проведенный анализ не выявил взаимосвязи между остаточным содержанием НП в почве и сухой массой корней гороха. В варианте, содержавшем 4,9 г/кг НП биомасса корневой системы достоверно не отличалась от контроля. В остальных вариантах наблюдалось ингибирование развития корней гороха, которое варьировало от 27,9% в варианте, содержавшем 1,5 г/кг НП до 50,8% в варианте с максимальной испытанной концентрацией поллютанта (табл. 2).

Таблица 2

Взаимосвязь между биомассой корней растений гороха и остаточным содержанием нефтепродуктов в почве в хроническом эксперименте

Концентрация НП, г/кг	1,5	4,9	6,0	11,0
Фитозффект, %	27,9	13,1	36,9	50,8

Полученные данные показывают, что двудольное растение горох посевной более чувствительно к присутствию остаточных концентраций нефтепродуктов в почве.

Выявленное ингибирование роста корней испытанных растений при минимальном остаточном содержании поллютанта, вероятно, определяется вторичным активным развитием групп почвенных микроорганизмов, выделяющих вещества, отрицательно влияющих на рост растений [1].

Литература

1. Кузнецова Т. В., Петров А. М., Князев И. В., Хабибуллин Р. Э. Состав микробных сообществ при различном содержании нефтепродуктов в серых лесных почвах // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 14. С. 165–168.
2. Вершинин А. А., Петров А. М., Игнатъев Ю. А., Шагидуллин Р. Р. Дыхательная активность дерново-карбонатной почвы, загрязненной дизельным топливом // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 7. С. 168–174.
3. Кольцова Т. Г., Сунгатуллина Л. М., Григорьян Б. Р., Петров А. М. Оценка фитотоксичности черноземных почв в условиях нефтяного загрязнения // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 15. С. 261–267.
4. Игнатъев Ю. А., Зайнулгабидинов Э. Р., Петров А. М. Применение метода прокаливания для определения содержания аллохтонных углеводов нефти в серых лесных почвах // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 3. С. 34–37.

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МИКРОФЛОРЫ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ЛУГОВЫХ ПОЧВ ПРИ РАЗНОМ ОСТАТОЧНОМ СОДЕРЖАНИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Л. К. Каримуллин, А. М. Петров, А. А. Вершинин
Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан, karlenar@yandex.ru*

Существуют различные подходы к нормированию загрязнения почв углеводородами и установлению порогов допустимых концентраций нефти и нефтепродуктов (НП). Одним из способов решения комплекса проблем является интегральная оценка устойчивости почв к загрязнению в разных физико-географических и ландшафтно-геохимических условиях на разных по масштабу территориальных уровнях [1]. Считается, что от устойчивости почв и потенциала их самоочищения во многом зависят нормирование допустимых концентраций поллютантов, выбор способа рекультивации и организация наблюдения за состоянием почв [2]. Представляет интерес оценка влияния разного, в том числе и достаточно высокого остаточного содержания нефтепродуктов (НП) на дыхательную активность и степень нарушения устойчивости микробоценозов разных типов почв. Не менее важно оценить и степень влияния «старого» углеводородного загрязнения на функционирование микробных комплексов почв [3]. Поймы рек представлены аллювиальными почвами. При неправильной оценке состояния почв и недостаточной рекультивации существует риск поступления НП в водоемы.

Цель исследований заключалась в определении биологической активности и устойчивости микробного сообщества рекультивированных аллювиальных луговых почв при разном остаточном содержании нефтепродуктов.

В исследованиях были использованы чистые и содержащие разное остаточное содержание нефти аллювиальные луговые почвы, отобранные на территории Республики Татарстан (РТ) и Московской области (М). Исследования проводили в модельных опытах. Опытные варианты получали посредством внесения в воздушно-сухие почвы различного количества сернистой нефти Ямашинского месторождения Республики Татарстан. Для каждой почвы готовили по 4 опытных варианта, содержание нефти, в которых определялось сорбционными и иными характеристиками почв, а также интенсивностью протекающих в них физико-химических и микробиологических процессов. Продолжительность инкубации чистых и загрязненных нефтью почв составляла 5–6 месяцев при температуре 20–24 °С. Ежедневно осуществлялось рыхление и увлажнение почв до 60% от их полной влагоемкости.

Содержание нефтепродуктов в почвенных образцах определяли методом ИК-спектроскопии на анализаторе КН-2 согласно ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Посредством газохроматографических измерений [4] были определены скорости базального ($V_{\text{базал}}$) и субстрат-индуцированного дыхания ($V_{\text{сид}}$) [5], рассчитан коэффициент микробного дыхания ($Q_r = V_{\text{базал}}/V_{\text{сид}}$) [6].

В современной практике для определения состояния почв, находящихся под воздействием неблагоприятных природных и антропогенных факторов определяются такие показатели, как скорость базального ($V_{\text{базал}}$) и субстрат-индуцированного ($V_{\text{сид}}$) дыхания, коэффициент микробного дыхания (Q_r) [4, 5, 7–9].

Для интерпретации параметров дыхательной активности Благодатской и Ананьевой была создана синэкологическая шкала оценки влияния поллютантов на микробное сообщество почв, которая учитывает значение показателей $V_{\text{базал}}$, $V_{\text{сид}}$ и Q_r , рассчитанных как отношение величин соответствующих параметров загрязненных и чистых почв ($V_{\text{базал}} = V_{\text{базал}} \text{ опыт}/V_{\text{базал}} \text{ контр.}$; $V_{\text{сид}} = V_{\text{сид}} \text{ опыт}/V_{\text{сид}} \text{ контр.}$; $Q_r = Q_r \text{ опыт}/Q_r \text{ контр.}$) [7]. Согласно этому значения Q_r равные 1.0 свидетельствуют об отсутствии нарушений устойчивости микробного сообщества почв. Величины Q_r в пределах 1–2 соответствуют *слабому* нарушению; 2–5 *среднему*; 5–10 *сильному* нарушению стабильности сообщества почвенных микроорганизмов.

С учетом предложенной синэкологической шкалы нами была проведена оценка экологического состояния ряда рекультивированных в лабораторных условиях аллювиальных луговых почв, отличающихся по гранулометрическому составу и остаточному содержанию нефтепродуктов. В обсуждении использовали результаты, полученные при остаточном содержании нефтепродуктов в рекультивированных почвах до 10 г/кг.

В образцах загрязненных почв не установлено ингибирующего действия НП на базальное дыхание. Во всех случаях абсолютные показатели

$V^{\text{базал}}$ превышали 1.0. Степень воздействия НП на величину эмиссии CO_2 была различной и зависела от типа почвы и концентрации поллютанта. Максимальные показатели дыхательной активности выявлены в Ал-сп-М почве. Минимальные в Ал-сп-РТ. Не обнаружено выраженной зависимости $V^{\text{базал}}$ от гранулометрического состава. Повышенный уровень базального дыхания свидетельствует о доступности органического субстрата и продолжающейся деструкции углеводов в почве (рис. 1А).

Характер субстрат-индуцированного дыхания рекультивированных аллювиальных луговых почв в условиях данных остаточных концентраций НП был иным. В Ал-сп-М почве имеет место некоторая стимуляция активности почвенной микрофлоры ($V^{\text{сид}} = 1,12\text{--}1,52$). В Ал-сс-РТ и Ал-сп-РТ почвах показатели $V^{\text{сид}}$ располагались в диапазоне 0,92–1,08 (рис. 1Б). В данном случае не представляется возможным говорить о стимуляции или ингибировании сообщества почвенных микроорганизмов (значения $V^{\text{сид}}$ на уровне контроля).

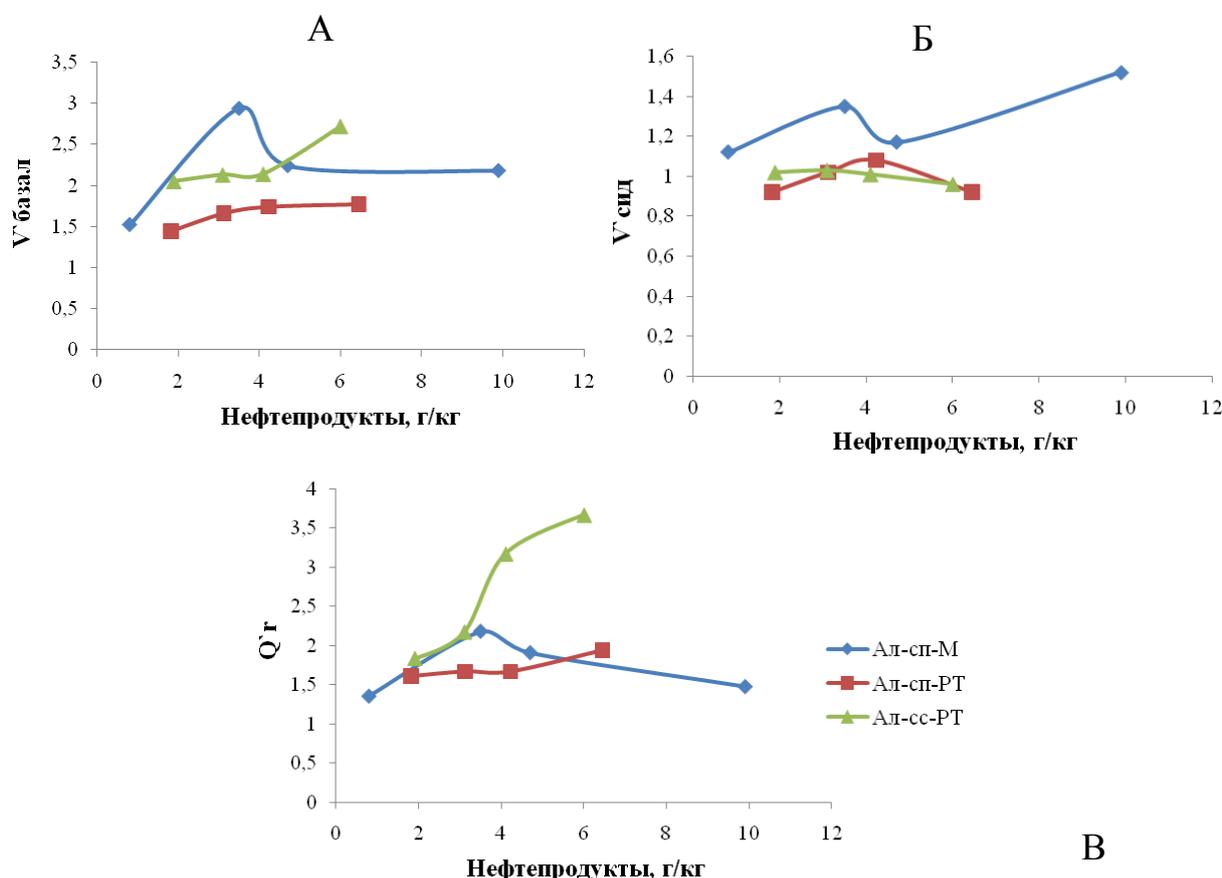


Рис. 1. Дыхательная активность рекультивированных аллювиальных луговых почв: А – $V^{\text{базал}}$; Б – $V^{\text{сид}}$; В – Q_r

Коэффициент микробного дыхания (Q_r) – интегральный показатель, характеризующий устойчивость системы почвенных микроорганизмов. Величина Q_r указывает на наличие или отсутствие неблагоприятных воздействий на почвенные ценозы [10]. Во всех рекультивированных почвах показатели Q_r превышали 1.0, свидетельствуя в той или иной степени о нарушении есте-

ственных обменных процессах в почве. Характер изменения Q_r в изучаемых загрязненных нефтью аллювиальных луговых почвах многообразен. Выявлено как резкое его возрастание, так и незначительное увеличение или снижение в зависимости от остаточного содержания НП в почвах. Наибольшие нарушения устойчивости микробного сообщества зафиксированы в Ал-сс-РТ почве. В легких по составу супесчаных почвах не обнаружено значительного роста данного показателя. В образцах почв, отобранных в Московской области (Ал-сп-М), изменялся в диапазоне 1,36–2,18. При этом обнаруживалась тенденция снижения Q_r при увеличении остаточного загрязнения. Наиболее стабильно микробное сообщество Ал-сп-РТ почвы, образцы которой были отобраны на территории РТ (Q_r колебался в пределах 1,61–1,94) – рис. 1В.

Таким образом, рассматривая состояние рекультивированных аллювиальных луговых почв согласно синэкологической шкале [7], можно констатировать *слабое* воздействие НП на микробный пул супесчаных Ал-сп-РТ и Ал-сп-М аллювиальных луговых почв и *среднее* воздействие на микрофлору среднесуглинистой Ал-сс-РТ почвы.

При одинаковом исходном количестве вносимой в почвы нефти, выявляемое в них после рекультивации остаточное содержание НП было различным. На основе показателей Q_r было рассчитано предельное остаточное содержание НП (ПО), при котором наблюдается *слабое* воздействие поллютанта на микробное сообщество исследованных почв (табл.). *Слабое* воздействие микробный пул Ал-сс-РТ и Ал-сп-М почв определялось при концентрации НП 2.2 и 3.4 г/кг соответственно. Более устойчивым к действию НП оказалась микрофлора Ал-сп-РТ почвы.

Таблица

Предельное остаточное содержание НП (ПО) в аллювиальных луговых почвах, при котором наблюдается слабое воздействие на микробное сообщество

Почва	НП, г/кг	ПО, г/кг
Среднесуглинистая (Ал-сс)	1,60–5,80	2,2
Супесчаная (Ал-сп-М)	1,52–7,93	3,4
Супесчаная (Ал-сп)	1.60–12,00	6,5

Микробное сообщество аллювиальных луговых почв способно преодолеть негативное воздействие высоких концентраций нефти. В рекультивированных почвах при разном остаточном содержании НП выявлена стимуляция базального дыхания. Уровень базального дыхания свидетельствует о продолжающейся в почве деструкции углеводородов нефти. Не обнаружено ингибирующего действия нефти на субстрат-индуцированное дыхание. В рекультивированных почвах нарушена устойчивость системы почвенных микроорганизмов. Однако, сильного влияния НП на микробный пул не выявлено. Преобладающее воздействие оценено как «слабое», в отдельных случаях «среднее». Изученные почвы отличались по способности нейтрализовать негативное воздействие нефтяного загрязнения. Определение параметров дыха-

тельной активности позволяет оценить состояние почвенной микрофлоры и сделать вывод об успешности рекультивации либо о необходимости дополнительных восстанавливающих мероприятий.

Литература

1. Геннадиев А. Н., Пиковский Ю. И. Карты устойчивости почв к загрязнению нефтепродуктами и полициклическими ароматическим углеводородами: метод и опыт составления // Почвоведение. 2007. № 1. С. 80–92.
2. Замотаев И. В., Иванов И. В., Михеев П. В., Никонова А. Н. Химическое загрязнение и трансформация почв в районах добычи углеводородного сырья (обзор литературы) // Почвоведение. 2015. № 12. С. 1505–1518. DOI: 10.7868/S0032180X1512014X
3. Маслов М. Н., Маслова О. А., Ежелев З. С. Микробиологическая трансформация органического вещества в нефтезагрязненных тундровых почвах после рекультивации // Почвоведение. 2019. № 1. С. 70–78. Doi: 10.1134/S0032180X19010106
4. Вершинин А. А., Петров А. М., Игнатъев Ю. А., Шагидуллин Р. Р. Дыхательная активность дерново-карбонатной почвы, загрязненной дизельным топливом // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 7. С. 168–174.
5. Ананьева Н. Д., Благодатская Е. В., Орлинский Д. Б., Мякшина Т. Н. Методические аспекты определения скорости субстрат-индуцированного дыхания почвенных микроорганизмов // Почвоведение. 1993. № 11. С. 72–77.
6. Hund K., Schenk B. The microbial respiration quotient as indicator for bioremediation processes // Chemosphere. 1994. V. 28. № 3. P. 477–490.
7. Благодатская Е. В., Ананьева Н. Д. Оценка устойчивости микробных сообществ в процессе разложения поллютантов в почве // Почвоведение. 1996. № 11. С. 1341–1346.
8. Петров А. М., Вершинин А. А., Каримуллин Л. К., Акайкин Д. В., Тарасов О. Ю. Динамика эколого-биологических характеристик дерново-подзолистых почв в условиях длительного воздействия нефтяного загрязнения // Почвоведение. 2016. № 7. С. 848–856. Doi:107868/S0032180x16050130
9. Anderson T.-H., Domsch K.H. The metabolic quotient for CO₂ (q CO₂) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils // Soil Biol. Biochem. 1993. V. 25. № 3. P. 393–395.
10. Гарусов А. В., Алимова Ф. К., Селивановская С. Ю., Захарова Н. Г., Егоров С. Ю. Газовая хроматография в биологическом мониторинге почвы. Казань: Изд-во КГУ, 2006. 90 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКИХ БИОЦЕНОЗОВ НА ОСНОВЕ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЛИСТЯХ ДРЕВЕСНЫХ КУЛЬТУР

*Ю. М. Андриянова¹, И. В. Сергеева¹, Ю. М. Мохонько¹,
Т. А. Дружкина², Н. Н. Гусакова¹*

*¹ Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова, sintetik@sgau.ru*

*² Саратовский государственный технический университет
имени Ю. А. Гагарина, 89033845108@mail.ru*

Фенольные вещества представляют собой большую и разнообразную группу ароматических соединений, чрезвычайно распространенную в расти-

тельном мире. На их долю приходится до 2–3% массы органического вещества, а в некоторых случаях – до 10% и более. К группе фенольных веществ относятся простые фенолы и хиноны, фенолкарбоновые кислоты и их производные, флавоноиды (физиологически активные вещества многих плодов, ягод, овощей и дикорастущих растений).

Флавоноиды делятся на катехины (основные активные вещества чая), лейкоантоцианы (бесцветные вещества, часто предшественники флавоноидных пигментов), флавоны и флавонолы (желтые красящие вещества многих цветков), а также антоцианы (синие, красные, фиолетовые пигменты). К полимерным фенольным соединениям относятся дубильные вещества (их много в коре дуба, ивы), лигнин (древесина), меланины. В растениях фенольные вещества несут защитную функцию [1–7]. Они накапливаются в органах растений при неблагоприятных условиях среды. Примером этого может служить накопление антоцианов и покраснение побегов, почек и молодых листочков у древесных растений на Севере и в высокогорьях (особенно в период весенних заморозков), а также аккумуляция других групп фенольных соединений у древесных растений осенью и зимой.

Фенольные соединения играют большую роль в иммунитете растений к различным заболеваниям и повреждению насекомыми. Нередко защитные фенолы у здоровых растений отсутствуют и образуются только как ответная реакция на поражение возбудителем (фитоалексины). Фенольные соединения играют важную роль при заживлении механических повреждений, в защите клеток от проникающей радиации, при появлении свободных радикалов, мутагенов, окислителей. Так, в хвое ели повышение содержания фенольных веществ под влиянием сернистого газа наблюдалось за месяц до повреждения хвои, т. е. явилось как бы предвестником видимых хлорозов и некрозов.

Накопление фенольных веществ под влиянием неблагоприятных и стрессовых условий среды обеспечивает устойчивость вида. Эти вещества выполняют роль защитных барьеров на пути механических, химических, термических факторов среды, а также болезнетворных воздействий. Обычно древесная кора, оболочки семян, плодов, ягод, клубней и другие покровные ткани содержат повышенное количество фенольных соединений (дубильные вещества, флавоноиды, фенолокислоты) и образуют защитный покров, предохраняющий делящиеся клетки (меристемы апикальных частей, камбия) и семена (будущие зародыши жизни) от всякого рода повреждений, препятствуют их проникновению вглубь тканей.

Вместе с тем, остается малоизученным вопрос о возможности использования суммы фенольных соединений для прогноза состояния локальных биоценозов.

Целью настоящего исследования являлось определение суммы фенольных соединений в листьях трех типов древесных культур, произрастающих в городских биоценозах разной степени экологической напряженности с целью прогноза использования этого показателя при определении качества конкретных локальных городских биоценозов.

При выполнении данного исследования нами был использован метод определения суммы фенольных соединений по Левенталю в модификации А. Л. Курсанова, неоднократно апробированный другими исследователями фенольных веществ [8].

В качестве биоиндикационных объектов исследования нами выбрано три древесные культуры: береза повислая (*Betula pendula* Roth.), каштан конский (*Aesculus hippocastanum* L.), тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis* Rozier).

В ходе работы было исследовано 12 ландшафтно-архитектурных ансамблей города Саратова: сквер ДК «Саратовтехстекло», сквер ТЦ «ТАУ Галерея», сквер «Дружбы народов», бульвар по ул. Б. Садовая, бульвар по ул. П. Г. Рахова, городок СГУ, парк «Липки», сквер на Театральной площади, аллея на Набережной космонавтов, сквер у театра «Оперы и балета», сквер на пл. С. М. Кирова, лесхоз «Ново-Бурасский».

Результаты титриметрического определения фенольных соединений с индикатором индигокармином в листьях исследуемых тест-объектов, полученные в 2015–2019 годах позволяют заключить:

1. В течение указанного временного промежутка наблюдается увеличение содержания суммы фенольных соединений во всех трех исследуемых культурах. Наиболее эффективно на антропогенные загрязнения «откликается» береза повислая.

2. Изменения значений суммы фенольных соединений на различных исследуемых площадках, испытывающих антропогенный прессинг различной силы, позволяет выделить наиболее загрязненные участки (рис. 1). К ним, можно отнести ландшафтно-архитектурные ансамбли: сквер Дворца Культуры «Саратовстройстекло»; сквер ТЦ «Поволжье»; сквер «Дружбы народов».

3. Сумма фенольных соединений минимальна у древесных культур, произрастающих в лесхозе «Ново-Бурасский». Вместе с тем, на данном участке, также характерно более высокое накопление суммы фенольных соединений в листьях березы повислой по сравнению с другими культурами.

4. Титриметрический способ определения суммы фенольных соединений в листьях древесных культур может быть достаточно эффективно использован в практике экологического мониторинга городской среды [9], предложен эффективный биоиндикатор – береза повислая, показана корреляционная зависимость между ФА листьев и С фенолов (рис. 2).

5. Установлена четкая аналогия в оценке качества конкретных локальных биоценозов, основанная на двух независимых методах: биологическом, основанном на расчете ФА листьев древесных культур; химическом, основанном на титриметрическом определении суммы фенольных соединений в листьях древесных культур (рис. 3).

6. Листья берез, произрастающих в наиболее загрязненных ландшафтно-архитектурных ансамблях, характеризуются повышенными значениями ФА, защитная функция выражается в увеличении концентрации фенолов в листьях.

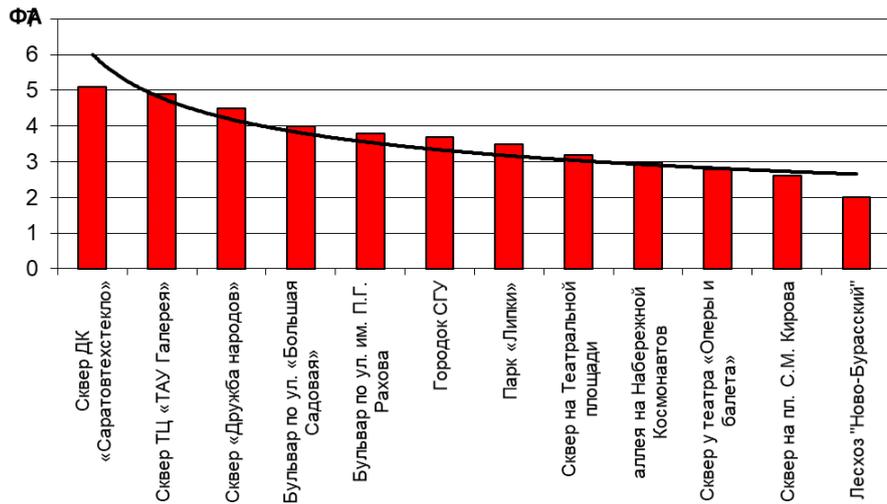


Рис. 1. Сравнительная характеристика значений суммы фенольных соединений в зависимости от места произрастания березы повислой

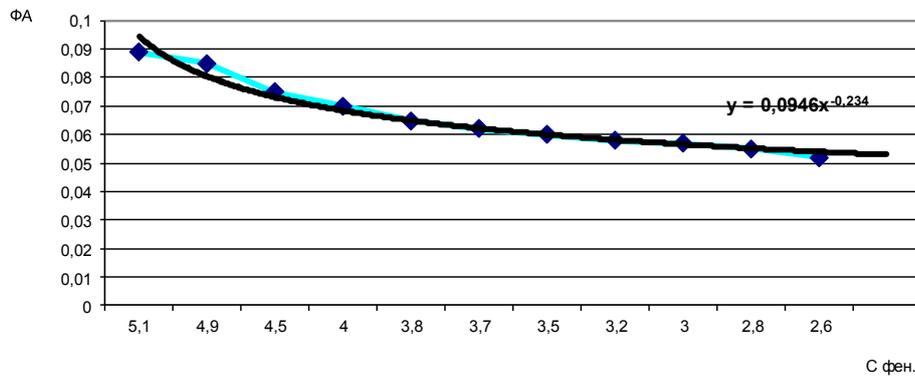


Рис. 2. Зависимость между показателем стабильности развития и $C_{\text{фен.}}$ в листьях березы повислой

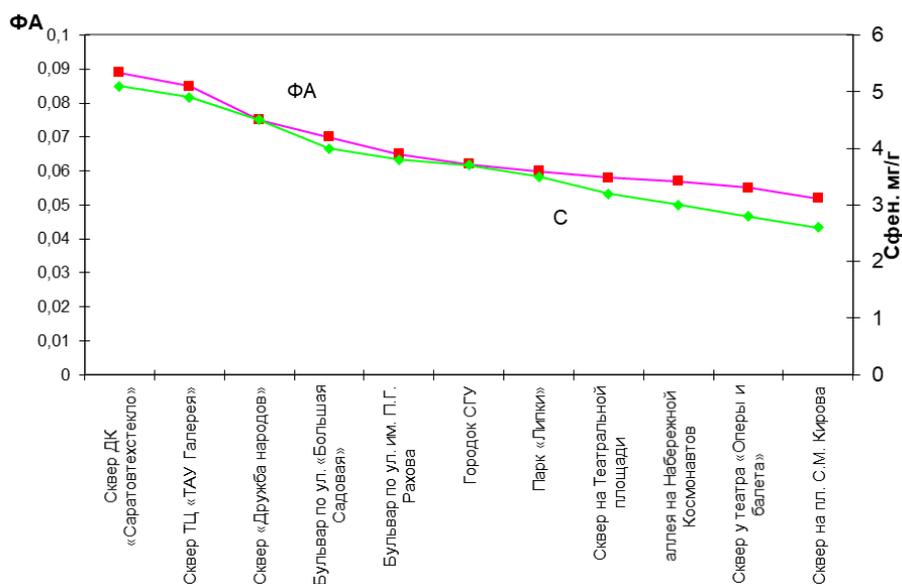


Рис. 3. Изменения ФА листьев и $C_{\text{фен.}}$ в листьях березы повислой в зависимости от места пробоотбора

Таким образом, для скрининговой оценки экологического состояния городской среды нами предлагается определять следующие показатели древесных культур: флуктуирующую асимметрию и содержание суммы фенольных соединений в листьях. Для этого исследуемые культуры рекомендуется использовать при составлении программ озеленения города и построения его экологического каркаса.

Литература

1. Телитченко М. М., Остроумов С. А. Введение в проблемы биохимической экологии. М.: Наука, 1990. 288 с.
2. Кавеленова Л. М., Лищинская С. Н., Карандаева Л. Н. Особенности сезонной динамики водорастворимых фенольных соединений в листьях березы повислой в условиях урбосреды в лесостепи (на примере Самары) // Химия растительного сырья. 2001. № 3. С. 91–96.
3. Запрометов М. Н. Специализированные функции фенольных соединений в растениях // Физиология растений. 1993. Т. 40. № 6. С. 921–931.
4. Волынец А. П., Прохорчик Р. А. Ароматические оксисоединения – продукты и регуляторы фотосинтеза. Минск, 1983. 157 с.
5. Гродзинский А. М. Аллелопатия растений и почвоутомление. Киев, 1991. 432 с.
6. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений. М.: Мир, 1986. 312 с.
7. Масленников П. В., Чупахина Г. Н., Скрыпник Л. Н. Содержание фенольных соединений в листьях растений Ботанического сада // Известия РАН. Серия биологическая. 2013. № 5. С. 551–557.
8. Криволицкий Д. А. Биоиндикация радиоактивных загрязнений. М.: Наука, 1999. 384 с.
9. Дружкина Т. А., Лебедь Л. В., Гусакова Н. Н. Скрининговая оценка экологического состояния городской среды по древесным культурам. Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2008. 136 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАЛЫХ РЕК НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ВЯТКИ ПО СОСТОЯНИЮ СООБЩЕСТВ ЗООБЕНТОСА

Е. В. Рогожникова

Государственный природный заповедник «Нургуш», rktymb@ya.ru

Кировская область обладает густой речной сетью – 0,55 км/км², при этом большую часть рек составляют ручьи и малые реки [1]. Они, впадая в более крупные, оказывают значительное влияние на формирование качества воды в этих реках. В Кировской области реки имеют большое хозяйственное значение, поэтому важно контролировать степень отрицательного воздействия на них деятельности человека.

Организмы макрзообентоса (МЗБ) чувствительны к загрязнениям и используются при тестировании вод. Пробы МЗБ достаточно просто отобрать, а изучать качественный и количественный состав пробы удобно ввиду размеров и морфологии организмов. Кроме того, зообентос не меняет места своего обитания, следовательно, его параметры отражают медленно происходящие изменения в большем объеме, чем другие методы [2].

Индикация чистоты вод с помощью МЗБ эффективна, надежна и относительно проста, так как не требует работы со сложными химическими соединениями-реактивами, применения химических и физико-химических методов анализа.

Целью данной работы было изучение структуры МЗБ малых рек Энгердерки и Туреченки и оценка их экологического состояния.

Исследованные реки протекают в Уржумском районе Кировской области (рис. 1) [3]. Данная территория расположена в подзоне хвойно-широколиственных лесов на юге региона. Оба водотока являются правыми притоками реки Вятки в ее нижнем течении. Преимущественные источники питания рек – дождевые осадки и грунтовые воды [4].

Согласно картографическим данным, длина р. Энгердерки составляет 5,63 км. Река протекает под автодорогой Р-169 в 870 м от истока, затем – в понижении между сельскохозяйственными полями. На территории, где в прошлом находилась деревня Комайково, ее окружает смешанный лес, а ниже по течению – небольшой участок молодого хвойного леса. Примерно 1,5 км нижнего течения русло реки проходит по территории малонаселенной в настоящее время д. Дергачи. На всем своем протяжении река мелководна, средняя глубина в летнюю межень составляет 0,3–0,4 м, наибольшая достигает 1 м. Средняя ширина около 1 м, а местами – до 2,5–3 м. Эта маловодная река испытывает на себе некоторое антропогенное воздействие (преимущественно химическое), а также имеет физическое загрязнение (бытовой мусор).

Длина реки Туреченки по картографическим данным составляет 9,73 км. Около трети ее протекает по территории села Русский Турек. Здесь река имеет неширокое русло (1,5–3 м) и небольшую глубину – около полуметра. Антропогенное воздействие на водоток незначительно, но большего объема по сравнению с первой рекой. По берегам часто встречаются свалки бытового мусора, который во время половодья выносятся в р. Вятку.

Пробы для исследований были отобраны летом 2016 г.: 10–11 июня, 11–12 июля, 14–15 августа. На каждом водотоке было выделено по три пункта сбора проб. Пункты на р. Энгердерке: 1 – вблизи трассы, 2 – под мостом в населенном пункте, 3 – вблизи устья реки. Аналогичны пункты на р. Туреченке: 4 – вблизи трассы, 5 – под мостом в населенном пункте, 6 – в нижнем течении реки (вблизи устья) под мостом (рис. 1).

Сбор и обработка материала произведены по стандартным методикам [5]. Всего за время исследования взято 36 проб. Для определения таксонов использовали определительные таблицы [6, 7].

На основе полученных данных были рассчитаны биотический индекс Вудивисса, индекс Майера и олигохетный индекс (ОИ) Гуднайта-Уитлея. Для определения биотического индекса по наличию индикаторных организмов использовали рабочую шкалу групп Вудивисса, индекс Майера определяли по формуле $3X+2Y+Z = \Sigma$, где X – обитатели чистых вод, Y – организмы

средней чувствительности, Z – обитатели загрязненных вод. Индекс ОI находили как отношение численности олигохет к общей численности организмов в пробе [8].



Рис. 1. Расположение пунктов сбора проб на исследованных водотоках

В структуре МЗБ исследованных рек выделено 17 групп различных систематических категорий: Hydrida, Oligochaeta, Hirudinea, Mollusca, Hydrachnidia, Aranei, Collembola, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Heteroptera, Coleoptera, Limoniidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Chironomidae и Diptera n.det.

Среди этих групп доминировали личинки комаров-звонцов (Chironomidae, lv.). Их встречаемость составила 100%, средняя численность в р. Энгердерке 5986 экз./м², в р. Туреченке – 7853 экз./м². Личинки комаров-звонцов, как и другие представители амфибиоты в структуре МЗБ, имели наибольшую численность на каменистом субстрате. На илисто-песчаном грунте численность хирономид ниже, но, учитывая меньшие ее колебания на этом типе грунта по сравнению с каменистым субстратом, можно говорить о том, что на илисто-песчаных грунтах формируются более устойчивые сообщества этих беспозвоночных (рис. 2).

Субдоминантной группой бентофауны исследованных рек были малощетинковые черви (Oligochaeta), которые могут служить индикаторами загрязненных органикой вод. Средняя численность олигохет в р. Энгердерке составила 2994 экз./м², в р. Туреченке 2683 экз./м².

Олигохеты приурочены к грунтам, богатым илом, что и подтверждают полученные данные. Численность Oligochaeta на илисто-песчаном грунте была практически стабильной в течение лета и имела относительно высокие значения, в то время как на каменистом грунте испытывала резкие изменения, а на каменисто-песчаном грунте были отмечены стабильно низкие значения численности (рис. 2).

Особого рассмотрения требует группа индикаторных организмов бентофауны, составляющих единый комплекс (ЕРТ) при оценке степени загрязненности водных объектов. Этот комплекс включает личинок поденок (Ephemeroptera), веснянок (Plecoptera) и ручейников (Trichoptera). В исследованных реках численность данных организмов не отличалась высокими значениями, но встречаемость поденок была выше встречаемости веснянок и ручейников: 73, 46 и 40 % соответственно. Среди представителей комплекса ЕРТ только Ephemeroptera (lv.) обнаруживались в каждом пункте сбора. Значения их численности невысоки (на порядок меньше, чем у хирономид и олигохет), при этом они входят в состав субдоминантов. Для данного комплекса насекомых, являющихся амфибионтами, характерна приуроченность к каменистому грунту. На всех типах грунта в комплексе ЕРТ доминировали личинки поденок, в наименьшем количестве были представлены личинки ручейников (рис. 3). Временное распределение показало, что наибольшие значения численности данных групп имела в августе, минимальные – в июле.

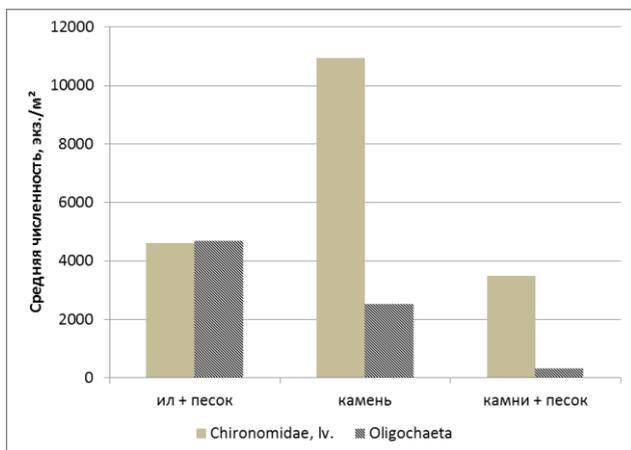


Рис. 2. Средняя численность Chironomidae lv. и Oligochaeta в исследованных водотоках на разных типах грунта

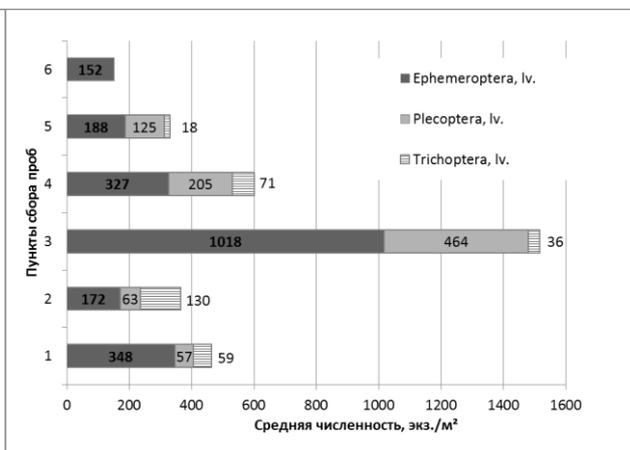


Рис. 3. Структура и средняя численность комплекса ЕРТ на исследованных водотоках

Trichoptera (lv.) и Plecoptera (lv.) не встречены в пункте № 6. В полном составе и относительно большем количестве комплекс ЕРТ был представлен на р. Энгердерке. Тенденции изменения численности на исследованных водотоках противоположны: от автодороги Р-169 к устью численность ЕРТ на р. Энгердерке увеличивается (нелинейно), а на р. Туреченке – практически линейно уменьшается.

Для рассмотренных выше групп МЗБ не было выявлено характерных диапазонов значений численности в зависимости от пункта сбора пробы. Ожидалось, что численность организмов МЗБ в пунктах № 1 и № 4 будет наименьшей в связи с близостью к автодороге. Однако полученные данные не подтверждают эту гипотезу. Увеличение численности МЗБ и олигохет в

частности при продвижении вниз по течению связано со сменой типа грунта и увеличением содержания органических веществ в его составе. В связи с этим можно предположить, что влияние автотранспорта на данных участках не вызывает заметного изменения экологического состояния водных объектов, находясь в рамках сохранения способности экосистем к самоочищению и восстановлению.

При анализе бентофауны каждой пробы был определен индекс Вудивисса и преобразован в показатель, относящийся к конкретному пункту сбора или исследуемой реке в целом. На р. Энгердерке он имел среднее значение 5,7 балла, на р. Туреченке 5,5 балла. Эти значения соответствуют категории «умеренно грязные воды». В среднем индекс Вудивисса уменьшался при продвижении к устью и наибольшее значение имел в августе на обеих реках.

Индекс Майера, рассчитанный для каждого пункта сбора и для отдельной пробы, охарактеризовал воду в пунктах № 1 и № 2 как чистую и умеренно загрязненную, в пунктах № 4 и № 5 как умеренно загрязненную и грязную, в пункте № 3 как умеренно загрязненную и грязную и в пункте № 6 как грязную. Прослеживалось снижение данного показателя при продвижении к устью на обеих реках. Относительно высокие значения индекса отмечены в июне и августе, низкие – в июле. Вода, оцененная по индексу Майера в 21 балл и выше, характеризуется как очень чистая, 17–21 баллов – чистая, 11–16 баллов – умеренно загрязненная, менее 11 баллов – грязная вода [9].

Наибольшие значения олигохетного индекса отмечены на илисто-песчаном грунте (пункты № 3 и № 6), т.е. при продвижении вниз по течению водотоков. Также в этих пунктах сбора хорошо прослеживается тенденция увеличения индекса в течение сезона. Общая картина сложилась следующим образом: для 70% проб значение ОI соответствовало категории «загрязнение отсутствует», для 23% – «незначительное загрязнение» и для 7% – «значительное» и «сильное». Считается, что при значении ОI ниже 30% загрязнение отсутствует, при 30–60% присутствует незначительное загрязнение, при 60–70% – умеренное загрязнение. Значение 70–80% свидетельствует о значительном загрязнении и свыше 80% – о сильном загрязнении воды органикой [10].

Таким образом, на малых реках Энгердерка и Туреченка установлено обитание 17 групп МЗБ, среди которых численно преобладали личинки семейства Chironomidae. Субдоминантами были малощетинковые черви и личинки насекомых комплекса ЕРТ.

Выявлена приуроченность амфибиотических организмов (Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) к каменистому грунту. Гидробиота (Oligochaeta, Hirudinea) предпочитала илисто-песчаный грунт. Средняя численность разных групп МЗБ снижалась в течение сезона неодинаково: у амфибиотических насекомых изменение происходило более резко по сравнению с постоянными обитателями бентоса.

Оценка степени загрязнения воды в реках показала относительно низкое качество воды в июле и его улучшение в августе. Значения индексов отражают увеличение количества органических веществ в нижнем течении обеих рек и соответственное изменение структуры зообентонтов. Средняя оценка качества воды соответствует категории «умеренно загрязненные воды».

Литература

1. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2014 году // Региональный доклад / Под общей ред. А. Н. Чемоданова. Киров, 2015. – 210 с.
2. Руоппа М., Хейнонен П. Биологические методы исследования водоемов в Финляндии. Хельсинки: EDITA, 2006. 111 с.
3. Сайт Росреестра [Электронный ресурс]. Государственный каталог географических названий. Режим доступа: <https://rosreestr.ru>, свободный. Загл. с экрана.
4. География Кировской области. Атлас-книга / Под ред. Е. А. Колеватых, А. М. Прокашева, Г. А. Русских. Киров: Кировская обл. типография, 2015. 80 с.
5. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В. А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 329 с.
6. Хейсин Е. М. Краткий определитель пресноводной фауны. М.: Учпедгиз, 1962. 148 с.
7. Чертопруд М. В., Чертопруд Е. С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России (Четвертое издание). М.: КМК, 2011. 224 с.
8. Методические рекомендации по отбору, обработке и анализу гидробиологических проб воды и грунта / сост. Г. И. Фролова. М.: Лесная страна, 2008. 122 с.
9. Кононова О. Н., Батурина М. А., Тетерюк Б. Ю. Гидробиология малых рек бассейна средней Вычегды // Труды Коми научного центра УрО РАН. 2008. № 184. С. 81–101.
10. Сайт Научной электронной библиотеки [Электронный ресурс]. Биологические методы оценки загрязнения вод. Режим доступа: <https://monographies.ru>, свободный. Загл. с экрана.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ С РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

*О. В. Раскоша¹, Н. Н. Старобор¹, Л. А. Баилыкова¹, С. П. Мыльникова¹,
Н. С. Сапрыгина²*

¹ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, raskosha@ib.komisc.ru*

² *Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина*

При воздействии неблагоприятных факторов важным для поддержания численности популяции животных является сохранение их репродуктивной способности. Известно, что половые железы обладают высокой чувствительностью к воздействию различных стресс-факторов, в том числе и радиационной природы. Особое значение имеет изучение биологического эффекта относительно малых доз излучений на половые клетки животных, подвергшихся облучению в хроническом режиме. Результаты таких исследований уточ-

няют величину радиационного вклада в ответную реакцию организма с целью диагностики и прогнозирования состояния природных и природно-техногенных систем.

В данной работе предлагается комплексный подход к оценке состояния половых желез самцов и самок мышевидных грызунов, обитающих в течение нескольких поколений на радиоактивно загрязненных территориях. В качестве вида-индикатора для изучения показателей репродуктивной системы использовали полевков-экономок (*Alexandromys oeconomus* Pallas), отловленных в природных условиях на территориях с повышенным радиационным фоном в Республике Коми (мощность внешнего γ -фона – 0,5–2,0 мР/ч) и в 30-км зоне аварии на Чернобыльской АЭС (мощность внешнего γ -фона – 0,1–500 мР/ч).

Вагинальные мазки у самок, отловленных в Республике Коми (данные за 2017 г.), начинали анализировать в день отлова животных и продолжали в течение двух месяцев. Для взятия других анализов животных доставляли в виварий Института биологии Коми НЦ (<http://www.ckp-rf.ru/usu/471933/>), где сразу после их декапитации извлекали органы, при этом руководствовались правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Страсбург, 18 марта 1986 г.). В 30-км зоне аварии на Чернобыльской АЭС генетические нарушения в половых клетках самцов полевков-экономок изучали сразу после их отлова.

У самцов учитывали абсолютный и относительный вес семенников, определяли частоту аномальных головок спермиев, изучали морфологическое состояние мужских половых клеток. У половозрелых животных, длительное время обитающих на радиоактивно загрязненной территории в Республике Коми, выявлено снижение значений абсолютной и относительной массы семенников во все фазы популяционного цикла (1993–2017 гг.). Следует отметить, что у самцов с одного участка величина индексов семенника в разные фазы численности популяции статистически значимо не изменялась. Об усилении мутационного процесса в половых клетках самцов сигнализирует появление большого числа морфологически аномальных головок сперматозоидов, что связывают с увеличением частоты генных мутаций и/или микроделений в сперматогониях и сперматоцитах первого порядка [1]. Частота аномальных сперматозоидов (дефекты хвоста, головки, в том числе отсутствие акросомы) коррелирует со снижением оплодотворяющей способности самцов [2–4], при этом, следует отметить, что морфологические дефекты головки не всегда являются признаком фатальной патологии мужских гамет [5].

Цитогенетический мониторинг полевков-экономок из 30-километровой зоны аварии на Чернобыльской АЭС (1986–1993 гг.) показал, что максимальный уровень аномальных головок спермиев наблюдался в первые два года после аварии (1986–1987 гг.), со снижением значений этого показателя в течение последующих четырех лет [6]. У самцов полевков-экономок, обитающих длительное время (более 60-ти лет) в условиях повышенного радиационного фона в Республике Коми, так же отмечен повышенный уровень сперматозои-

дов с аномальными головками (на 65% выше контрольного уровня, данные за 2008 г.; рис. 1).

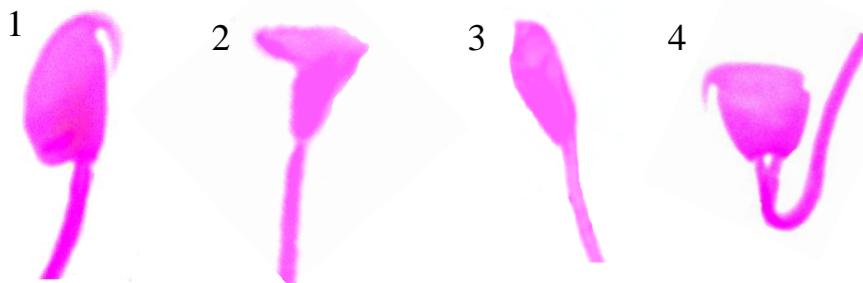


Рис. 1. Сперматозоиды полевок-экономок с нормальной (1) и аномальными (2, 3, 4) формами головок (окраска эозином)

Для выявления потенциальной фертильности у самцов используют сведения о морфологическом состоянии сперматозоидов, в связи с этим применяют различные методы, в том числе и современные (ПЦР). Тем не менее, до сих пор для морфологической оценки широко используют мазки эпидидимальных сперматозоидов [7–9], что связано с доступностью, низкой стоимостью и высокой информативностью этого метода. У самцов полевок-экономок на эпидидимальных мазках, окрашенных эозином, в программе ImageJ измеряли длину и ширину головок сперматозоидов по схеме Т. Г. Аксеновой [10], а также подсчитывали долю сперматозоидов с отсутствием акросомы. Анализ размерных характеристик сперматозоидов показал, что у полевок, обитающих в условиях повышенного радиационного фона, длина и ширина головок сперматозоидов меньше ($6,89 \pm 0,05$ и $3,18 \pm 0,03$ мкм, соответственно), чем у самцов с контрольного участка ($7,07 \pm 0,06$ и $3,23 \pm 0,09$ мкм). Доля сперматозоидов с отсутствием акросомы у облученных полевок была на 7% выше контрольного значения.

Для самок, в отличие от самцов, характерна ярко выраженная цикличность происходящих у них физиологических процессов, примером этого является эстральный цикл. Каждой фазе эстрального цикла свойственны определенные изменения матки и влагалища, которые обуславливаются половыми гормонами, вырабатываемыми в яичниках. Изменения стенки влагалища отражаются на его содержимом, поэтому во время каждой фазы полового цикла влагалищные мазки имеют характерный клеточный состав, по которому можно определить фазу эстрального цикла. Анализ клеточного состава вагинального содержимого является тестом для оценки гормонального состояния половых желез самок. Удобство, простота и информативность этого метода, а главное этическая составляющая (после взятия анализа самка остается живой) делают его привлекательным для использования в мониторинге загрязненных территорий. Результаты, полученные на самках полевок-экономок, обитающих в условиях повышенного радиационного фона в Республике Коми, свидетельствуют о наличии всех четырех фаз эстрального цикла, закономерно

сменяющих друг друга (рис. 2). Различия с данными животных, отловленных на контрольной территории (0,10–0,15 мР/ч), проявлялись в изменении длительности фаз эстрального цикла – укорочение фазы Oestrus и удлинении фазы Dioestrus.

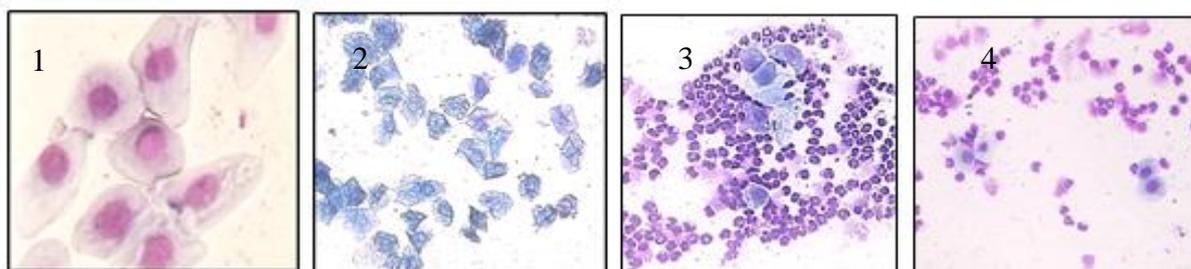


Рис. 2. Фазы эстрального цикла у самки полевки-экономки с радиоактивно загрязненного участка: 1 – Prooestrus; 2 – Oestrus, 3 – Metaoestrus, 4 – Dioestrus) (окраска азур-эозин по Романовскому)

Изучение фолликулогенеза в яичниках позволяет оценить резервные и компенсаторно-приспособительные возможности репродуктивной функции самок в экстремальных условиях существования. Подсчет фолликулов разной степени зрелости и желтых тел у облученных самок из Республики Коми (анализ проводили у особей, отловленных в пик численности популяции) свидетельствует об ускоренном созревании фолликулов в яичнике [11].

Таким образом, методы, примененные нами для изучения состояния половых желез у самцов и самок, обитающих в условиях повышенного уровня радиоактивности, показали эффективность малых доз ионизирующего излучения в отношении исследованных органов и, следовательно, могут быть рекомендованы для биоиндикации и мониторинга радиационного загрязнения среды обитания.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ Коми НЦ УрО РАН «Механизмы биогенной миграции радионуклидов и закономерности возникновения отдаленных последствий индуцированных у растений и животных в условиях хронического радиационного и химического воздействия», № ГР АААА-А18-118011190102-7.

Литература

1. Enciso M., Cisale H., Johnston S. D., Sarasa J., Fernández J.L. et al. Major morphological sperm abnormalities in the bull are related to sperm DNA damage // *Theriogenology*. 2011. V. 76 (1). P. 23–32. doi: 10.1016/j.theriogenology.2010.12.034
2. Попова А. В., Клещев М. А., Осадчук А. В., Гуторова Н. В., Осадчук Л. В. Морфологический анализ сперматозоидов и связь морфологических аномалий сперматозоидов с другими показателями спермограммы // *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина*. 2011. Т. 9. № 3. С. 47–54.
3. Saacke R. G. Sperm morphology: Its relevance to compensable and uncompensable traits in semen // *Theriogenology*. 2008. V. 70. No. 3. P. 473–478. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.04.012

4. World Health Organization. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen, 5th ed. Geneva: World Health Organization, 2010. 272 p.
5. Burrue V. R., Yanagimachi R., Whitten W. K. Normal mice develop from oocytes injected with spermatozoa with grossly misshapen heads // *Biology of Reproduction*. 1996. V. 55. P. 709–714.
6. Bashlykova L., Raskosha O., Starobor N. Induction of abnormal sperm heads in small mammals under chronic ionizing radiation // *Turk. J. Zool.* 2019. V. 43. P. 540–544. <http://journals.tubitak.gov.tr/zoology/issues/zoo-19-43-5/zoo-43-5-13-1903-6.pdf>
7. Давыдова Ю. А., Мухачева С. Ю., Смирнов Г. Ю. Морфометрические признаки сперматозоидов рыжей полевки, красной полевки и малой лесной мыши // *Вестник ИрГСХА*. 2017. № 83. С. 37–41.
8. Pesch S., Bergmann M. Structure of mammalian spermatozoa in respect to viability, fertility and cryopreservation // *Micron*. 2006. No. 37. P. 597–612
9. Zorenko T. A., Golenishchev F. N. The spermatozoa structure peculiarities of the subgenus *Sumeriomys* (Rodentia, Arvicolinae, *Microtus*) // *Russian Journal of Theriology*. 2015. V. 14. No. 1. P. 105–111.
10. Аксенова Т. Г. Особенности строения сперматозоидов и их значение в систематике серых полевок (*Rodentia, Microtus*) // *Труды Зоологического института АН СССР*. 1978. Т. 79. С. 91–101.
11. Ермакова О. В., Раскоша О. В. Популяционная характеристика полёвки-экономки в радиозоологических исследованиях // *Теоретическая и прикладная экология*. 2019. № 2. С. 101–107. doi: 10.25750/1995-4301-2019-2-101-107

БИОДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИЯХ СЕЛИТЕЛЬНЫХ ЗОН В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОЛИГОНОВ КОММУНАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

В. С. Румак^{1,2}, Н. В. Умнова¹

¹ *Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
roumak@mail.ru; unv2014@mail.ru*

² *Биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова*

Способность примитивных полигонов коммунальных и промышленных отходов (полигоны ТБО) производить, выбрасывать и сбрасывать в среды (воздух, воду и почвы) полихлорированные дибензо-*пара*-диоксины и дибензофураны (ПХДД/Ф) известна давно [1]. Токсичными для человека являются 17 форм этих веществ, в первую очередь 2,3,7,8-тетрахлордибензо-*пара*-диоксин (ТХДД). Уникальность свойств этой и других форм ПХДД/Ф определяют способности даже в сверхмалых дозах влиять на энергетические возможности клетки и регуляцию активности генома у практически всех видов животных и человека, высокий канцерогенный и тератогенный потенциал. Вещества с подобными свойствами обозначают как суперэкоотоксиканты (СЭТ) [2]. Исследования механизмов токсического действия этих веществ в аспекте санитарно-гигиенического нормирования позволили считать, что «диоксины токсичны при любых концентрациях», а «пороговые дозы и норма – это большая условность» [3].

Загрязнению природной среды СЭТ за пределами санитарной зоны полигона способствуют процессы переноса этих веществ на большие расстояния током воздуха и воды (за счет их активной адгезии мелкими частицами и молекулярными комплексами) [4]. Из неживой среды эти вещества проникают в биоту, включаются в пищевые цепи и ткани животных и человека, где длительное время сохраняются [5, 6]. Хроническое действие малых доз характеризуется выраженными материальными и функциональными эффектами кумуляции, связанным с ней ущербом для здоровья. Например, у жителей Вьетнама, обследованных нами в связи с историей применения армией США диоксинсодержащего гербицида «Оранжевый агент», эти эффекты проявились различными формами так называемой диоксиновой патологии [7–9]. Поэтому при изучении и оценке риска для здоровья населения от ПХДД/Ф, производимых полигонами, важно учитывать способности этих веществ загрязнять окружающую среду на территориях селитебных зон и сельхозугодий, находящихся за пределами санитарной зоны. Необходимой для этого методической базы пока не создано.

Концепция методической базы. Исследовать закономерности вредного действия ПХДД/Ф, загрязняющих среду, на здоровье населения очень сложно [7–11]. Получаемый при этом результат прямого отношения к предупреждению рисков не имеет, так как его основой являются характеристики уже возникших биологических и токсических эффектов.

Предупреждению рисков от воздействия загрязняющих среду ПХДД/Ф способствует мониторинг содержания этих веществ в тканях, накопленных в условиях максимально жесткой экспозиции индивидуума. Именно на такой уровень взаимодействий ориентирует «Руководство Р 2.1.10.1920-04» [12] на начальном этапе скрининга риска для здоровья населения – идентификации опасности путем установления на качественном уровне весомости доказательств способности того или иного химического агента, загрязняющего среду, вызывать определенные вредные эффекты. Поиск этих доказательств методами эпидемиологии имеет множество ограничений. Между тем известно, что наилучшие условия для формирования системных представлений о закономерностях взаимодействий антропогенных химических веществ, загрязняющих среду, с организмами в реальных условиях экспозиции предоставляют данные натуральных исследований на модельных видах организмов-обитателей, например, широко представленных на территории животных (в частности, мелких млекопитающих или сельскохозяйственных животных в условиях свободного выпаса) [6, 13].

Не менее важной характеристикой опасности накопленных в тканях организма ПХДД/Ф является спектр показателей ожидаемых проявлений отдаленных последствий экспозиции. Для получения таких показателей мы используем результаты собственных более чем 25-летних исследований во Вьетнаме диоксиновой патологии в совокупности с другими данными относительно отдаленных последствий, возникающих при сопоставимых уровнях экспозиции. На этапе идентификации опасности (скрининга риска) такой

подход к интерпретации сведений о концентрациях в тканях модельных организмов конгенеров ПХДД/Ф в ожидаемые риски для здоровья населения представляется нам вполне оправданным, т.к. получаемый результат позволяет принимать обоснованное управленческое решение относительно продолжения работ по инвентаризации территорий селитебных зон или их прекращения.

Апробация концепции. Результаты исследований взаимоотношений ПХДД/Ф, загрязняющих среду (почвы, донные отложения), и ее обитателей (серебряный карась *Carassius auratus gibelio*; кустарниковая улитка *Fruticicola fruticum*; малая лесная мышь *Sylvaemus uralensis*; рыжая полевка *Clethrionomys glareolu*; землеройка *Sorex araneus*) представлены в работах [14, 15]. Данные собирали на лесных территориях (примыкающих к селитебным зонам), расположенных на удалении 5 и 10 км от полигона ТБО «Саларьево» (ПС). Превращение ПС в источник ПХДД/Ф подтверждено концентрациями этих веществ в почвах 500-метровой санитарно-защитной зоны, где показатели общей токсичности были в 40 раз выше условно фоновых значений для почв Подмосковья (10,9 пг WHO-TEQ₀₅/г против 0,27 пг I-TEQ/г). В состав смесей ПХДД/Ф входил ТХДД.

Пробы почв и донных отложений, собранные вблизи ПС, содержали все токсичные для человека ПХДД/Ф. Значения общей токсичности (WHO-TEQ₀₅) не превышали 1,3 пг/г, что соответствует уровням, фиксируемым в селитебно-транспортных и промышленных зонах г. Москва, но выше таковых для рекреационных зон [16]. Спектр профилей конгенеров был хорошо сопоставим с профилем, характерным для почв санитарно-защитной зоны, что свидетельствует в пользу общего источника загрязнения.

Все обнаруженные в средах конгенеры ПХДД/Ф выявлены в тканях животных. Спектр их профилей также хорошо сопоставим. Значения WHO-TEQ₀₅ в большинстве случаев оказались выше, чем в почвах и донных отложениях. Для мышевидных грызунов значения этого показателя в пг/г сухого веса составляли 1,3–13,0, для карасей – 1,1, улиток – 2,1. Важной особенностью загрязнения организма животных стало избирательное накопление в тканях высокотоксичных конгенеров, в первую очередь ТХДД (0,1–0,3 пг/г у мышевидных грызунов; 0,2 пг/г – у карасей и 0,1 пг/г – у кустарниковых улиток).

Расчет ожидаемого уровня канцерогенного риска при сопоставимых уровнях содержания ТХДД в тканях человека показал, что связанный с ним риск может возрасти до 10^{-3} – 10^{-4} . В Российской Федерации в качестве критерия приемлемого канцерогенного риска принято значение $\leq 1 \cdot 10^{-6}$, что соответствует одному дополнительному случаю рака на 1 миллион экспонированных лиц.

В основу интерпретации данных о содержании ПХДД/Ф в организме животных относительно способностей этих веществ вызывать соматическую патологию у человека заложены данные, полученные при долгосрочном изучении (1988–2014) диоксиновой патологии у вьетнамских крестьян на терри-

ториях экоцида [7–9, 11]. Установлено, что при содержании диоксинов в тканях взрослых крестьян на уровнях, сопоставимых с обитателями окрестностей ПС, у них с различной степенью выраженности и встречаемости регистрировали различные формы цитотоксических эффектов; нарушения деятельности эндокринной системы; патологию развития плода; болезни крови и кроветворной системы; повышенную восприимчивость организма к инфекциям; увеличение биологического возраста, иммунодепрессивные состояния [7, 8]. Их дети отличались от контрольной выборки сниженными характеристиками физического и умственного развития, повышенной восприимчивостью к инфекциям, ростом встречаемости признаков врожденных патологий развития и другими обычными для диоксиновой патологии нарушениями здоровья и развития [7–9].

Для практической реализации предлагаются следующие заключения: полигоны ТБО, превратившиеся в источники выбросов и сбросов ПХДД/Ф, способствуют загрязнению окружающей среды этими веществами за пределами санитарной зоны, приросту уровня фоновых показателей и, в конечном итоге, появлению угроз возникновения на селитебных территориях, расположенных в окрестностях полигонов, зон медико-экологического неблагополучия. Контроль такого загрязнения требует изучения и оценки, в том числе путем скрининга риска.

Литература

1. Методическое руководство по выявлению и количественной оценке выбросов диоксинов и фуранов // Межорганизационная программа по обоснованному управлению химическими веществами. ЮНЕП, 2003.
2. Кунцевич А. Д. Систематизация и оценка степени риска суперэкоотоксикантов // Успехи химии. 1991. Т. 60. Вып. 3. С. 530.
3. Софронов Г. А., Рембовский В. Р., Родиков А. С., Могиленкова Л. А. Современные взгляды на механизмы токсического действия и санитарно-гигиеническое нормирование // Медицинский академический журнал. 2019. Т. 19. № 1. С. 17–29.
4. Indelicato S., Orecchio S., Avellone G., Bellomo S. et al. Effect of solid waste landfill organic pollutants on groundwater in three areas of Sicily (Italy) characterized by different vulnerability // Environ. Sci. Pollut. Res. 2017. V. 24 (20). P. 16869–16882.
5. Gworek B., Hajduk A., Koda E., Grochowalski A., Jeske A. Influence of a municipal waste landfill on the spatial distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDDs/Fs) in the natural environment // Chemosphere. 2013. V. 92. P. 753–759.
6. Weber R., Herold C., Hollert H., Kamphues J., Blepp M., Ballschmiter K. Reviewing the relevance of dioxin and PCB sources for food from animal origin and the need for their inventory, control and management // Environ. Sci. Eur. 2018. V. 30 (1). P. 42.
7. Позняков С. П., Румак В. С., Софронов Г. А., Умнова Н. В. Диоксины и здоровье человека: Научные основы выявления диоксиновой патологии. СПб.: Наука, 2006. 274 с.
8. Окружающая среда и здоровье человека в загрязненных диоксинами регионах Вьетнама. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 271 с.
9. Софронов Г. А., Румак В. С., Умнова Н. В., Белов Д. А., Турбабина К. А. Возможные риски хронического воздействия малых доз диоксинов для здоровья населения: к методологии выявления токсических эффектов // Медицинский академический журнал. 2016. Т. 16. № 3. С. 7–18.

10. Стойкие органические загрязнители. Управление риском воздействия на окружающую среду и здоровье населения // Волгоград. ФМБА. 2013. 180 с
11. Sycheva L. P., Umnova N. V., Kovalenko M. A., Zhurkov V. S., Shelepchikov A. A., Roumak V. S. Dioxins and cytogenetic status of villagers after 40 years of Agent Orange application in Vietnam // *Chemosphere*. 2016. V. 144. P. 1415–1420.
12. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Минздрав РФ, 2004.
13. Hutton M. The role of wildlife species in the assessment of biological impact from chronic exposure to persistent chemicals // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 1982. V. 6. No. 5. P. 471–478.
14. Румак В. С., Умнова Н. В., Левенкова Е. С., Турбабина К. А., Пивоваров Е. А., Шелепчиков А. А., Павлов С. Д. Диоксины в среде и организме животных вблизи полигона отходов производства и потребления: к методологии оценки риска для здоровья населения // *Экология человека*. 2017. № 10. С. 9–15.
15. Roumak V. S., Levenkova E. S., Umnova N. V., Popov V. S., Turbabina K. A., Shelepchikov A. A. The content of dioxins and furans in soils, bottom sediments of water bodies and tissues of small mammals near the landfill site with municipal solid wastes // *Environmental Science and Pollution Research (Springer)*. 2018. V. 25 (29). P. 29379–29386.
16. Агапкина Г. И., Бродский Е. С., Шелепчиков А. А., Фешин Д. Б., Ефименко Е. С. Полихлорированные дибензо-п-диксины и дибензофураны в почвах Москвы // *Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение*. 2010. № 3. С. 16–20.

АНАЛИЗ РИСУНКА МЕЛАНИЗИРОВАННОГО ПОКРОВА КЛОПА-СОЛДАТИКА В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЦЕЛЯХ БИОИНДИКАЦИИ

И. К. Шестаков

Тульский государственный университет, i.shestakov00@gmail.com

В наше время биоиндикация внешних по отношению к естественным экосистемам антропогенных воздействий представляет собой важную задачу прикладной экологии.

Использование частот встречаемости особей с асимметрией в меланизированном рисунке покрова насекомых позволяет обнаружить нарушения в экосистемах, вызванные трансформирующим действием антропогенных факторов на очень ранних этапах, когда в окружающей среде еще не проявились структурные преобразования. Эти изменения, как правило, представляют собой незначительные сдвиги, которые не регистрируются другими методами.

Актуальность использования стабильности развития популяций клопа-солдатика по уровню флуктуирующей асимметрии рисунка меланизированного покрова в целях биоиндикации продиктована доступностью и экономичностью этого метода. По характеру проявления флуктуирующей асимметрии можно определить степень антропогенного воздействия на экосистему [1].

Основной целью исследования является проведение биоиндикации окружающей среды с использованием *Pyrrhocoris apterus*.

Материалом для исследования послужили популяции клопа-солдатика, собранные на территории двух районов Тульской области: Ленинского и Ефремовского. Объем собранного материала представлен в таблице.

Таблица

Объем собранного материала и оценка качества среды

№ популяции	Место сбора	Количество особей, шт.	Класс качества среды
1	Плеханово, парк	50	II
2	Тула, Привокзальный р-н	50	III
3	Ефремов, улица Свердлова	50	II

Так как факт появления меланина находится под жестким контролем генотипа, то в популяциях, подвергающихся различному уровню антропогенного воздействия, у определенных особей нарушается билатерально симметричный меланизированный рисунок покрова.

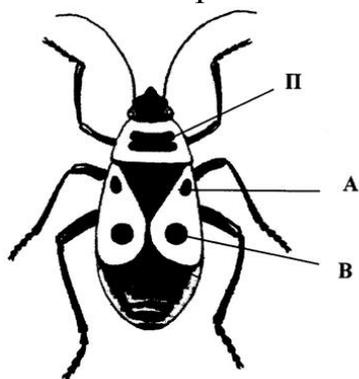


Рис. 1. Анализируемые элементы меланизированного рисунка клопа-солдатика

Элементы меланизированного рисунка, которые анализировались в ходе исследования, изображены на рисунке 1.

Показатель средней частоты асимметричного проявления признака (ЧА – частота асимметрии) вычисляли по формуле:

$ЧА = X_i/n$, где X_i – число асимметричных признаков в каждой особи, поделенное на число используемых признаков, n – число особей в выборке [2].

Во всех обследованных популяциях встречаемость особей с проявлением асимметрии варьировала от 16% до 32% и в среднем составляла 24,7% (рис. 2).

Анализ меланизированного рисунка покрова каждого насекомого по наличию асимметричного проявления элементов П, А и В показал наличие особей с асимметрией одного и двух признаков (рис. 3).

Показательно то, что в проявлении асимметрии среди всех рассматриваемых элементов меланизированного рисунка покрова, доминирует элемент А (48,8%), реже встречается асимметрия элемента В (39,0%) (рис. 4). Это может свидетельствовать о чувствительности отдельных элементов меланизированного покрова к изменению качества среды.

На основании проанализированных популяций клопа-солдатика можно сделать вывод о качестве среды, в которой производился отбор материала. Среда обитания популяции № 1 и № 3 относится ко второму классу качества. Характеризуется слабым антропогенным воздействием, однако близка к норме.

Популяция № 2 обитает в среде третьего класса качества со средним антропогенным воздействием.

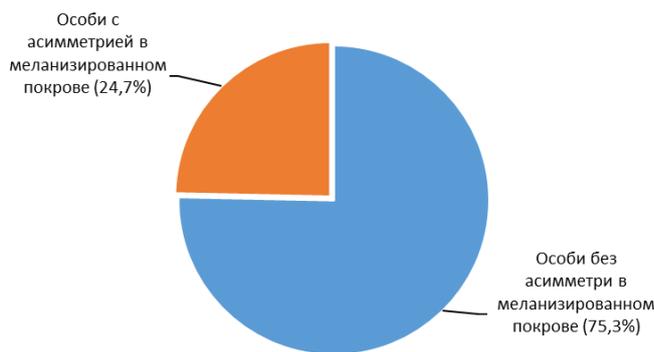


Рис. 2. Соотношение особей без асимметрией и с асимметрией для трех популяций

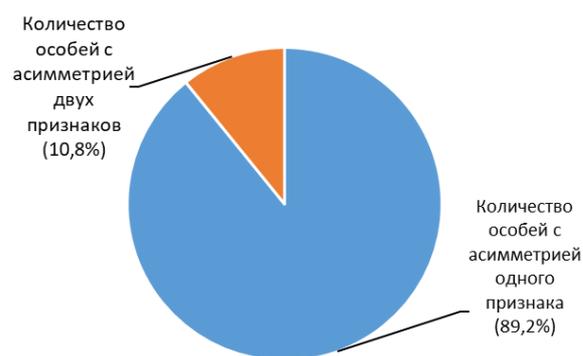


Рис. 3. Соотношение особей с асимметрией одного и двух признаков

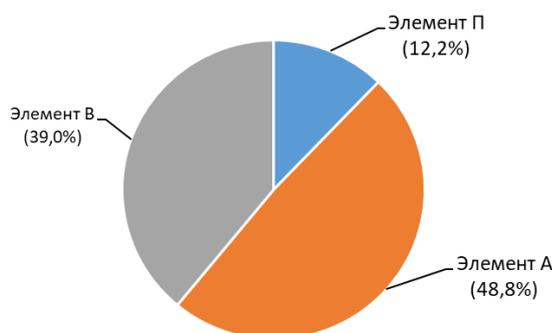


Рис. 4. Соотношение частоты встречаемости клопов солдатиков с асимметрией различных признаков в Тульской области

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что популяции № 1 и № 3 подвергались единичным кратковременным антропогенным стрессам, приводящим к незначительным обратимым нарушениям стабильности развития. Популяция № 2 подвергалась повторяющимся кратковременным антропогенным стрессам. Процессы нарушения стабильности в развитии популяции значительны, но еще обратимы. Такое качество среды в Привокзальном районе может объясняться большим количеством предприятий, расположенных поблизости, например: «Тулажелдормаш», Тульский асфальтобетонный завод, Тульский филиал ООО «Юнилевер Русь», «Тульский завод ЖБИ» и др.

Литература

1. Хорольская Е. Н. Экологический анализ флуктуирующей асимметрии в изменчивости элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus* L.) в различных экосистемах (на примере Белгородской области): Дис. ... канд. биол. наук. Белгород, 2006. 221 с.
2. Нефедьев П. С., Зубченко А. В. Биоиндикация окружающей среды города Барнаула по характеру меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика // *Acta Biologica Sibirica*. 2016. № 2. С. 28.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ МЫШЕЙ ЛИНИИ СВА ПОСЛЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УРАНИЛНИТРАТА

Н. С. Сапрыгина¹, О. В. Раскоша²

¹ Сыктывкарский государственный университет имени Путьирима Сорокина,
n.saprygina2017@yandex.ru

² Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, *raskosha@ib.komisc.ru*

Соединения урана широко распространены в окружающей среде. В результате развития ядерной энергетики, добычи полезных ископаемых, в процессе хозяйственной деятельности человека возможен их вынос на поверхность земли и включение в биологические циклы живых организмов. Однако до настоящего времени во многом остаются открытыми вопросы биологической роли природных радионуклидов. Оценка зависимости доза-эффект для них особенно сложна, так как в регистрируемых проявлениях сочетаются механизмы химической и радиационной природы [1, 2]. Эффективность действия стресс факторов может быть связана с изменением состояния регуляторных органов, в том числе щитовидной железы, которая обладает широким спектром гормональных воздействий и выполняет важную роль в поддержании гомеостаза и адаптации организма к факторам внешней среды. Исследования биологического действия природного урана на состояние тиреоидной ткани единичны [3, 4]. В данной работе представлены результаты изучения морфофункциональное состояние щитовидной железы мышей линии СВА в ранние и отдаленные сроки после хронического действия уранилнитрата.

Эксперименты проводили на одновозрастных (4–5 месяцев) самцах мышей линии СВА, которых содержали в «Научной коллекции экспериментальных животных» в виварии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (<http://www.ckp-rf.ru/usu/471933/>). Эта линия мышей часто используется при оценке токсических свойств разных соединений. Животные опытных групп перорально получали водный раствор уранилнитрата ($UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) ежедневно в течение 30 суток, общая удельная активность ^{238}U составила 25 Бк/л (0,002 г/л), что значительно превышает допустимый уровень содержания урана в питьевой воде (3 Бк/л, НРБ – 99/2009). Каждой опытной группе соответствовал свой контроль. Мышей декапитировали в первые сутки (ранний период) и через 30 суток (отдаленный период) после прекращения воздействия исследуемого фактора. Каждая группа состояла из 8–10 особей. Сразу после декапитации мышей щитовидные железы помещали в 10% формалин и подвергали стандартной гистологической обработке, парафиновые срезы окрашивали реактивом Шиффа, ядра тироцитов докрашивали гематоксилином Карачи. На гистологических препаратах оценивали общее состояние тиреоидной ткани, измеряли диаметр фолликулов и ядер, а также высоту фолликулярного эпителия. Индекс функции железы (ИФ) рассчитывали по отноше-

нию среднего диаметра фолликула к высоте фолликулярного эпителия [5]. Морфометрические параметры анализировали при помощи программы AxioVision LE под микроскопом Axio Scope A1 Carl Zeiss при увеличении 200 и 400. Для статистического анализа данных использовали программу Statistica 6.0. Выявление достоверности различий между вариантами контроль-опыт осуществляли с помощью критерия Стьюдента.

Полученные результаты показали, что сразу после окончания воздействия уранилнитрата в ткани щитовидной железы мышей происходили структурно-функциональные перестройки, которые проявлялись в статистически значимом повышении высоты фолликулярного эпителия по сравнению с данными контрольной группы (таблица), что является признаком повышения функциональной активности [6]. Наряду с этим, отмечали признаки понижения ее функциональной активности – уменьшение диаметра ядер тироцитов, а так же повышение среднего размера фолликулов, что отразилось на индексе функции, значения которого обратно пропорциональны активности органа. Неоднозначный характер ответной реакций тиреоидной ткани мышей на воздействие уранилнитрата в ранний период после воздействия вызывает необходимость продолжить исследования в этом направлении, в том числе и с использованием дополнительных морфометрических параметров.

Через 30 суток после затравки животных уранилнитратом (отдаленный период) состояние щитовидной железы изменялось, что выражалось в увеличении размеров ядер тироцитов и уменьшении среднего диаметра фолликулов по сравнению с контролем. Эти параметры, а так же индекс функции свидетельствуют о повышении функциональной активности органа у мышей в отдаленный период после затравки нитратом урана. Высота фолликулярного эпителия у этой опытной группы животных была в пределах контроля. Изменения структурно-функционального состояния тиреоидной ткани обнаружены и у мышевидных грызунов, отловленных на территории с повышенным радиационным фоном в среднетаежной зоне Республики Коми [7], который обусловлен повышенным содержанием в почве и воде радионуклидов уранового ряда: радия-226, урана-238 и тория-232.

Таблица

**Морфометрические показатели щитовидной железы мышей линии СВА
после затравки раствором уранилнитрата в течении месяца
в разные сроки после воздействия**

Условия эксперимента	Экспериментальная группа	Высота фолликулярного эпителия, мкм	Диаметр ядер тироцитов, мкм	Средний диаметр фолликулов, мкм	Индекс функции, усл. ед.
Уранилнитрат, забой сразу	Опыт 1	7,1±0,3*	3,8±0,1**	63,2±2,4***	8,9
	Контроль	6,3±0,1	4,2±0,1	39,6±1,0	6,3
Уранилнитрат, забой через 30 сут	Опыт 2	7,4±0,1	4,5±0,1***	35,6±1,1**	4,8
	Контроль	7,6±0,2	4,1±0,1	39,2±0,8	5,2

Примечание: различия достоверны между группами опыт-контроль при * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

На основании полученных данных можно заключить, что пероральное ведение в течение 30 суток мышам линии СВА уранилнитрата приводит к изменению морфофункционального состояния щитовидной железы как сразу после окончания воздействия, так и в отдаленный период – через 30 суток, при этом функциональная активность ткани зависит от времени после окончания воздействия изучаемого фактора. Судя по морфометрическим параметрам, щитовидная железа является чувствительным органом к действию соединений урана, что необходимо учитывать при прогнозировании последствий воздействия неблагоприятных факторов на животных, обитающих в неблагоприятных экологических условиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ Коми НЦ УрО РАН «Механизмы биогенной миграции радионуклидов и закономерности возникновения отдаленных последствий индуцированных у растений и животных в условиях хронического радиационного и химического воздействия», № ГР АААА-А18-118011190102-7.

Литература

1. Журавлев В. Ф. Токсикология радиоактивных веществ. М.: Энерго-атомиздат, 1990. 336 с.
2. Маленченко А. Ф., Сушко С. Н., Шафорост А. С. Мутагенные и опухолевые эффекты природного урана // Весці нацыянальнай акадэміі навук беларусі. 2011. № 3. С. 111–118.
3. Маленченко А. Ф., Ермакова О. В., Раскоша О. В. Биологическое действие природного урана на щитовидную железу // Астраханский медицинский журнал. 2012. № 4. С. 174–177.
4. Ткачев А. В. Аспекты радиационного поражения щитовидной железы: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Д., 1970. 30 с.
5. Быков В. Л. Частная гистология человека (краткий обзорный курс). М.: СОТИС. 2002. 304 с.
6. Хмельницкий О. К. Цитологическая и гистологическая диагностика заболеваний щитовидной железы. М.: СОТИС, 2002. 287 с.
7. Раскоша О. В. Структурно-функциональное состояние щитовидной железы мышевидных грызунов после раздельного и сочетанного действия факторов радиационной и химической природы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 22 с.

ОРНИТОЦЕНОЗ КАК БИОИНДИКАТОР СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ СООБЩЕСТВ ПТИЦ РАЗЛИЧНЫХ ПО СТЕПЕНИ УРБАНИЗАЦИИ ЛАНДШАФТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССИЯ

Т. А. Сурнина, А. В. Аринина
Казанский (Приволжский) федеральный университет

Изучение состояния среды является актуальной проблемой современных исследований. Оценка качества среды обитания и ее отдельных характеристик производят по биоте в природных условиях. Биоиндикация – один из

лучших методов для комплексного изучения территорий. Анализ сообществ птиц (орнитоценозов) может выступать в качестве инструмента биоиндикации. Об использовании птиц в оценке изменений, происходящих в природе под воздействием человека, писали И. В. Дьяконова и А. Ю. Околелов [1], А. Н. Соловьев [2].

Особенный интерес вызывает изучение уникальных природных экосистем горных районов Кавказа. Обширные территории испытывают резкие климатические изменения, также они подвержены значительному антропогенному прессу (выпас скота, движение автотранспорта, пеший туризм). Изучение видового, количественного состава птиц и особенностей распределения авифауны в зависимости от степени антропогенной нагрузки было основной целью нашего исследования.

Наблюдения проводили методом линейного маршрутного учёта с учетом ширины полосы (Равкин, 1967) [3] в первый триместр летнего периода 2017–2019 гг. Качественный и количественный состав орнитофауны исследовали на территории посёлка Нижний Архыз Зеленчукского района республики Карачаево-Черкесия и в горной местности, прилегающей к посёлку. В горной местности на высоте 2500 м был заложен 1 маршрут (протяженность 9,025 км). Он проходит через большой телескоп азимутальный (БТА). Наблюдения проводили в утренние часы с 9 до 13 часов. Территория испытывает воздействия выпаса скота, пешего и конного туризма, автотранспорта. У подножия гор заложено 2 маршрута: в черте поселка Нижний Архыз (протяженность 1,122 км) и в Аланском городище (2,26 км). Наблюдения проводили в дневное время, с 14 до 16 часов. Нижний Архыз залегает в межгорной котловине (Архызское ущелье) на реке Большой Зеленчук. Вдоль реки располагается археологический памятник X-XII веков, остатки крупного аланского поселения, непосредственно примыкающего к посёлку – Аланское городище. От шоссе с оживленным движением автотранспорта городище отделяет река Большой Зеленчук. Его ежедневно посещают группы туристов и паломники, изредка проезжает легковой транспорт.

Плотность орнитофауны рассчитали по формуле Ю. С. Равкина (1967): $P = N1 \cdot 40 + N2 \cdot 10 + N3 \cdot 3 + N4 / L$. Видовое богатство рассчитали по индексам Маргалефа и Шеннона-Уивера.

В горной местности маршрут охватил разнообразные биотопы. Северная часть маршрута проходит через Северо-Кавказскую астрономическую станцию (СКАС) КФУ, включает зарастающий мелколиственными деревьями высоту Пуп Келдыша (2045 м), лишенный древесной растительности Грузинский холм (2295 м) и заканчивается наивысшей точкой – горой Пастухова (2733 м над у.м.). По бокам маршрут ограничен ущельями с долинами рек. Отрезки маршрута испытывают различную антропогенную нагрузку. На протяжении всего маршрута располагаются луга, на которых пасется скот. К БТА несколько раз в неделю автобусы поднимают экскурсантов. По данному маршруту пролегают тропы пеших туристов и отдыхающих.

Летняя орнитофауна горной территории представлена 50 видами птиц, относящихся к 15 семействам. Наибольшее количество особей принадлежит семейству ястребиные (Accipitridae) – 7 видов (14,6%) и вьюрковые (Fringillidae) – 7 видов (14,6%). Видом доминантом является горный конёк *Anthus spinoletta* (Linnaeus, 1758) – 145 особей (23,4%). Наибольшая плотность населения у городской ласточки (воронок) – *Delichon urbica* (Linnaeus, 1758) – 132,9 особи/км². Общая плотность населения видов 480,4 особи/км². Фауногенетический анализ выявил принадлежность орнитофауны к 7 типам: транспалеарктическому, сибирскому, тибетскому, монгольскому, средиземноморскому, европейскому и китайскому. Большинство видов относится к европейскому и транспалеарктическому (39%) типам. Выделено 5 ярусов гнездования: на земле, в кронах деревьев, на кустарниках, в дуплах и антропогенное. Наибольшее количество видов гнездится на земле и кронах деревьев (30,4%). Половина видов (50%) принадлежит к лесопушечному комплексу. Виды относятся к трем типам питания: питающиеся беспозвоночными (78,3%), позвоночными животными и растительной пищей. Наибольшее количество видов питается на земле (54,3%). Индекс видового богатства Маргалёфа – 7,6. Индекс Шеннона - 3,0. Видовое богатство орнитофауны горной территории высокое, что объясняется мозаичностью и разнообразием биотопов. Лишь на данном маршруте встречены виды, относящиеся к скальному экологическому комплексу. По сравнению с другими маршрутами обладает большей встречаемостью дневных хищников.

Летняя орнитофауна пос. Нижний Архыз состоит из 16 видов птиц, относящихся к 9 семействам. Наибольшее количество видов относится к семейству дроздовые (Turdidae) – 4 вида (25%) и синицевые (Paridae) – 4 вида (25%). Наиболее массовым видом является домовый воробей *Passer domesticus* (29,8% с плотностью 374,3 ос./км²) и городская ласточка *Delichon urbica* (22%). Общая плотность населения видов 1256,68 ос./км². Индекс видового богатства Маргалёфа – 2,4. Индекс Шеннона – 2,2. Орнитофауна относится к 6 фаунистическим типам: европейскому (50%), транспалеарктическому, сибирскому, монгольскому, средиземноморскому и китайскому. 42,9% видов гнездится в постройках человека, есть виды дуплогнездники, гнездящиеся на земле, в кронах деревьев. Превалирующее большинство видов питается беспозвоночными (92,9%), присутствуют виды, питающиеся позвоночными животными и растительной пищей. Большинство видов пищу находит на земле (42,9%). Территория поселка испытывает значительную антропогенную нагрузку, на которой сформирована урбанизированная орнитофауна. В данном биотопе отмечено наименьшее количество видов, для которых характерна очень высокая плотность.

Аланское городище представляет собой археологический памятник X–XII веков, остатки крупного древнего города. Расположено на правом берегу горной долины (1150 м над у.м.) реки Большой Зеленчук. С северо-запада и юго-востока долина ограничена хребтами. Маршрут, пролегающий через Аланское городище, проходит по грунтовой дороге, по сторонам которой гус-

тые лиственные деревья, среди которых одичавшие культурные растения перемежаются с открытыми пространствами. Это объясняет доминирующее количество видов, относящихся к лесопушечному экологическому комплексу. На территории находятся как древние сооружения, так и относительно современные небольшие постройки. Преобладание густой кустарниковой и древесной растительности, открытые луга с обилием беспозвоночных и река сформировали богатый видами орнитокомплекс. На территории Аланского городища было встречено 23 вида птиц, относящихся к 9 семействам. Наибольшее количество особей принадлежит семейству славковые (Sylviidae) – 8 видов (34,8%). Видом доминантом по численности особей является деревенская ласточка *Hirundo rustica* (Linnaeus, 1758) – 24 особи (18,2%; 424,8 особей/км²), вид субдоминант – зяблик *Fringilla coelebs* (Linnaeus, 1758) – 18 особей (13,6%). Общая плотность населения видов – 597,3 особи/км². Индекс видового богатства Маргалёфа – 4,9. Индекс Шеннона – 2,6. По фауногенетическому анализу орнитофауна принадлежит к 3 типам: европейскому (68,2%), транс-палеарктическому и китайскому. Наибольшее количество видов относится к лесопушечному экологическому комплексу (54,5%). В меньшем количестве обитают виды синантропного, полевого, околородного и лесного комплексов. Наибольшее количество видов гнездиться в кронах деревьев и на кустарниках (36,35%), кроме этого есть дуплогнездники, гнездящиеся на земле и использующие антропогенные укрытия. По типу питания виды относятся к трем трофическим группам: питание беспозвоночными (95,6%), позвоночными и растительной пищей. Наибольшее количество видов питается на земле (45,5%) и кустарниках (31,8%).

Таким образом, наибольшим видовым богатством обладает горная территория с высокой мозаичностью биотопов. Горная территория испытывает различную по характеру и степени воздействия антропогенную нагрузку, которая в целом ниже, чем у подножия. На данном маршруте было отмечено 50 видов птиц с доминирующим транс-палеарктическим типом фауны. Присутствие синантропных видов свидетельствует о трансформации естественных биотопов.

Умеренное антропогенное воздействие в виде немногочисленных экскурсий не оказывает отрицательного воздействия на орнитофауну Аланского городища и является тем случаем, когда деятельность человека способствует увеличению видового богатства орнитофауны, так как постройки стали нишами для укрытия и гнездования. В Аланском городище преобладают виды опушечного экологического комплекса и синантропные виды, питающиеся беспозвоночными, большинство видов относится к европейскому типу фауны.

Самой высокой плотностью (1256,68 особи/км²), но самым низким видовым богатством (2,2, по Шеннону) обладает территория поселка Нижний Архыз. Испытывающая значительную антропогенную нагрузку городская территория характеризуется доминированием антропогенных видов. На данном маршруте были отмечены типичные виды антропогенного ландшафта – сизый голубь *Columba livia*, домовый воробей *Passer domesticus*, городская

ласточка *Delichon urbica*, являющиеся доминантами. Птицы активно селятся в домах и парках, пропитание находят в поселке и на прилегающих долинах.

Проверка на достоверность отличий по Шеннону показала, что у всех трех биотопов есть значимые отличия при $\alpha=0,001$.

Таким образом, эколого-фаунистическая характеристика орнитоценозов отражает степень антропогенного воздействия: с увеличением антропогенной нагрузки возрастает плотность орнитонаселения и доля синантропных видов, снижается видовое богатство.

С поселком тесно связаны: *Columba livia*, *Passer domesticus*. Только в горной местности встречены следующие виды: *Coturnix coturnix*, *Cuculus canorus*, *Anthus spinoletta*, *Motacilla cinerea*, *Pyrhacorax graculus*, *Corvus (corone) cornix*, *Phylloscopus trochilus*, *Phoenicurus ochruros*, *Serinus pusillus*, *Spinus spinus*, *Carduelis carduelis*, *Pyrhula pyrrhula*, *Emberiza cia*.

Гнездящимися видами описываемого района являются следующие хищные виды, включенные в Красную книгу России: курганник *Buteo rufinus*, малый подорлик *Clanga pomarina*, черный гриф *Aegyptus monachus*, белоголовый сип *Gyps fulvus*, бородач *Gypaetus barbatus*, стервятник *Neophron percnopterus*, сапсан *Falco peregrines*, вертялка камышевка *Acrocephalus paludicola*. Виды включенные в Красную книгу республики Карачаево-Черкесия: Клушица *Pyrhacorax pyrrhacorax*.

Материал собран при поддержке Казанского (Приволжского) федерального университета.

Литература

1. Дьяконова И.В. Околелов А.Ю. Население птиц как показатель качества среды // Вестник Томского государственного университета. 2014. Т. 19. Вып. 5. С. 1272–1275.
2. Соловьев А. Н. Биоиндикационное значение птиц в современных условиях // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. 2012. Вып. 1. С. 236–237.
3. Равкин Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.

ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ СВИНЦА С ПОМОЩЬЮ РЕДИСА И ПШЕНИЦЫ

В. А. Медведева

*Красноярский государственный аграрный университет,
medvedeva_victoriya@mail.ru*

За последнее время с развитием технологий в процессе активной деятельности человека в большом количестве поступают загрязняющие вещества в окружающую среду (ОС). Под загрязняющими веществами понимают химическое соединение или вещество, которое в результате антропогенной деятельности попадает в ОС и значительно превышает фоновое значение. Проблема загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) в настоящее время считается

достаточно актуальной [1, 2].

Поступление металлов в большом количестве ведет к изменению свойств почв, а так же к ухудшению плодородного слоя. Водорастворимые вещества становятся опасными для ОС, так как они могут мигрировать в растения. Также ТМ очень сильно снижают качество продукции [3, 4].

Одним из наиболее опасных токсикантов считается свинец. Он может попадать в организм человека через дыхательные пути, кожу и пищевод, в результате переизбытка токсиканта возникают различные заболевания [5].

Главными источниками загрязнения ОС являются автотранспорт и ТЭЦ, а также металлургия. Свинец также содержится в запыленных газах отражательной плавки медного сырья (содержащего свинец) [6].

Целью работы является оценка токсичности свинца для растений на примере редиса и пшеницы. Основной объект исследования – редис, пшеница.

Оценку фитотоксичности свинца проводили в водных растворах токсиканта.

В лабораторном опыте по показателям всхожести, роста и корнеобразования у культур определяли фитотоксичность Pb. Фитотестирование основано на способности семян нормально реагировать на экзогенное химическое воздействие путем изменения интенсивности прорастания семян, роста побегов и корней, тем самым позволяет длину принимать как показатель тест-функции.

Способ воздействия фитотоксичности оценивается по биологическому действию водного экстракта. Такой способ считается наиболее простым и удобным в действии.

Степень фитотоксичности оценивали при проращивании семян растений (редис, пшеница) на фильтровальной бумаге в чашках Петри. Контролем служили растения в водном растворе без токсиканта.

В качестве показателей фитотоксичности определяли всхожесть семян, а также ростовые показатели побегов и корней. Повторность каждого варианта 4-х кратная.

В результате исследования обнаружили, что свинец имел невысокую степень токсичности в водных растворах. Ингибирующее действие на рост побегов редиса проявлялось при концентрациях 300 мг/л и 600 мг/л (рис. 1), пшеницы – при 300 мг/л (рис. 2). На рисунках видно, что концентрация свинца влияет на длину побегов растений, имеется средняя корреляционная связь ($R^2 = 0,75, 0,52$).

Уменьшение длины корня у редиса наблюдалось при 600 мг/л (рис. 3). У пшеницы уменьшение длины корня наблюдалось при концентрации 300 мг/л (рис. 4). На рисунках видно, что между концентрацией и длиной корня у редиса высокая положительная связь ($R^2 = 0,93$), а у пшеницы средняя связь ($R^2 = 0,51$).

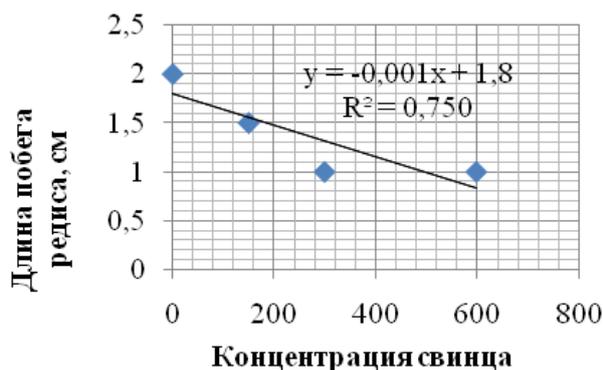


Рис. 1. Длина побега редиса

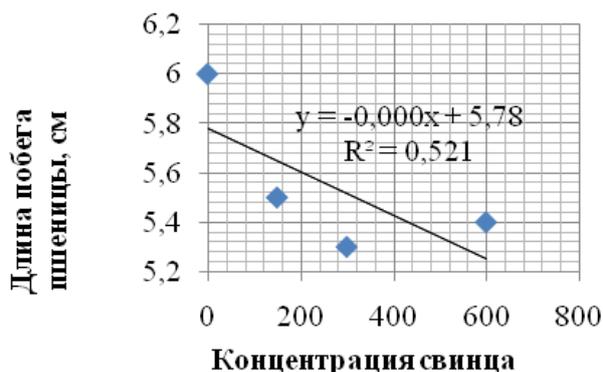


Рис. 2. Длина побега пшеницы

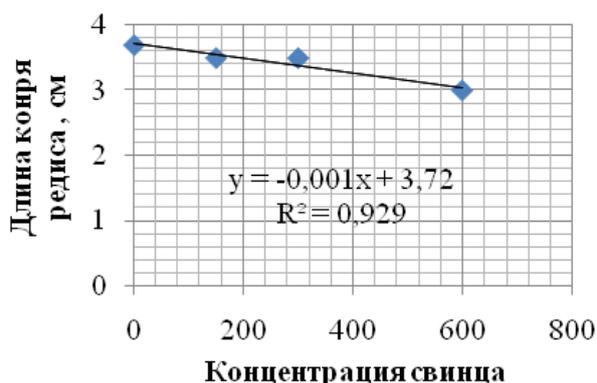


Рис. 3. Длина корня редиса

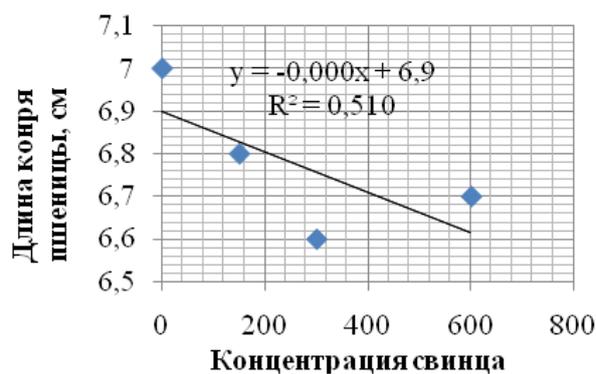


Рис. 4. Длина корня пшеницы

С повышением концентрации свинца всхожесть растений редиса также уменьшалась (рис. 5). Для пшеницы характерно резкое уменьшение всхожести с повышением концентрации токсиканта (рис. 6). Между концентрацией и всхожестью очень высокая корреляционная связь ($R^2 = 0,94$).

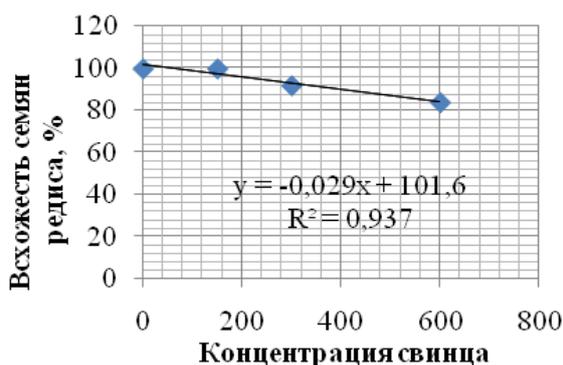


Рис. 5. Всхожесть семян редиса

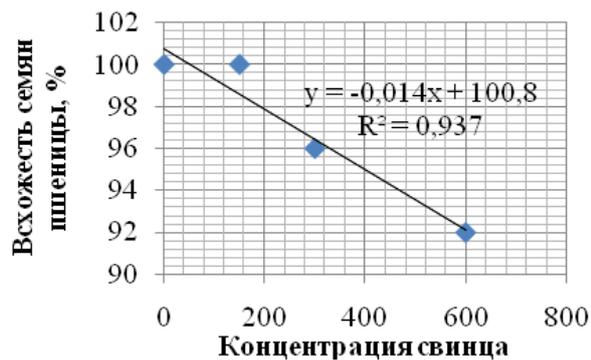


Рис. 6. Всхожесть семян пшеницы

Таким образом, установлено значительное усиление токсичного действия свинца при повышении концентрации с 300 до 600 мг/л у растений редиса и пшеницы.

Литература

1. Байсеитова Н. М., Сартаева Х. М. Фитотоксичное действие тяжелых металлов при техногенном загрязнении окружающей среды // Молодой ученый. 2014. № 2 (61). С. 383–384.
2. Мягмаржав Х., Энхжаргал Б., Одмаа Н. Содержание тяжелых металлов в почвах г. Улан-Батор (Монголия) // Природа внутренней Азии. 2018. № 2 (7). С. 87–91.
3. Бадмаева С. Э., Циммерман В. И. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха городов Красноярского края // Вестник Красноярского ГАУ. 2015. № 2. С. 27–32.
4. Коротченко И. С., Первышина Г. Г. Токсичное действие тяжелых металлов на морковь (*Daucus Carota i.*) сорта Марлинка // Вестник Красноярского ГАУ. 2010. № 3. С. 135–138.
5. Узаков З. З. Тяжелые металлы и их влияние на растения // Символ науки. Междунар. науч. журнал. 2018. № 1–2. С. 52–53.
6. Ливанов П. А., Соболев М. Б. Свинцовая опасность и здоровье населения // Рос. Сем. Врач. 1999. № 2. С. 18–26.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ЭФФЕКТ АЛЮМИНИЯ И МОЛИБДЕНА НА КУЛЬТУРУ ЗЕЛЕННОЙ ВОДОРОСЛИ *SCENEDESMUS QUADRICAUDA* (TURP.) BREB.

Р. И. Габдуллина, В. И. Ипатова

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
rushana-gab@yandex.ru, viipatova@hotmail.com

С помощью процедуры биотестирования традиционно оценивают токсичность отдельных веществ, однако в смеси двух и более веществ токсичность может меняться количественно и качественно. Вещества, токсичные в однокомпонентных растворах, часто проявляют неожиданные эффекты, когда присутствует вместе.

Тяжелый металл молибден и легкий металл алюминий являются компонентами загрязнения водной среды, которые попадают в окружающую среду как в результате природных процессов, так и за счет антропогенного загрязнения с промышленными стоками.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение комбинированного действия алюминия и молибдена на традиционную тест-культуру зеленой водоросли *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb.

В задачи работы входило: 1. Исследование роста культуры *S. quadricauda* в присутствии отдельно алюминия или молибдена в среде. 2. Исследование комбинированного действия максимально допустимых и токсических концентраций алюминия и молибдена на *S. quadricauda* при их совместном присутствии в среде.

Тест-объектом исследования являлась альгологически чистая культура зеленой водоросли *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. (= *Desmodesmus communis* (E. Hegew.) E. Hegew.). Культуру выращивали на среде Успенского № 1 (состав, г/л: 0,025 KNO₃, 0,025 MgSO₄, 0,1 KH₂PO₄, 0,025 Ca(NO₃)₂, 0,0345 K₂CO₃, 0,002 Fe₂(SO₄)₃; pH 7,0–7,3) в люминостате при освещенности

3,5 клк со сменой дня и ночи (12/12 ч), температуре 22 ± 2 °С и перемешивании 2 раза в сутки во избежание оседания клеток.

Развитие этого вида изучали в норме и при добавлении хлорида алюминия и молибдата натрия в двух опытах. В первом опыте исследовали влияние алюминия в концентрациях 0,04 и 5,6 мг/л и молибдена в концентрациях 20 и 100 мг/л в расчете на ион металла отдельно друг от друга.

Чтобы учесть возможные взаимодействия между изучаемыми металлами, второй опыт был поставлен по плану полнофакторного эксперимента 2^2 (ПФЭ 2^2) – два фактора (2 токсиканта) на двух уровнях (2 концентрации – токсическая и нетоксическая МДК) и ПФЭ 3^2 – два фактора (2 токсиканта) на трех уровнях (3 концентрации – 0, МДК и токсическая). Опыты проводили в трех повторностях для каждой концентрации металлов или их комбинаций и контроля длительностью 21 сутки.

Для оценки состояния культуры основным показателем служило изменение численности клеток (абсолютной и по сравнению с контролем). Исходная численность клеток в двух опытах составляла 35 тыс. кл./мл. Численность клеток подсчитывали в камере Горяева под световым микроскопом.

Результаты опыта статистически обработаны с использованием критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05 и дисперсионного анализа ANOVA.

Результаты первого опыта по исследованию влияния алюминия в концентрациях 0,04 и 5,6 мг/л и молибдена в концентрациях 20 и 100 мг/л отдельно друг от друга представлены в таблице 1.

Таблица 1

Изменение численности клеток *Scenedesmus quadricauda* (в дес. тыс. кл./мл) в присутствии алюминия или молибдена

Сутки	Контроль	Al 0,04 мг/л	Al 5,6 мг/л	Mo 20 мг/л	Mo 100 мг/л
2	14,3±2,3	14,7±25,7 td=-0,11	7,0±2,6 td=4,16	12,8±2,3 td=0,91	7,2±1,2 td=5,46
	100%	102,3%	48,8%	89,5%	50,0%
7	69,1±11,6	77,2±19,9 td=-0,69	29,3±10,2 td=5,04	64,2±8,9 td=0,65	45,5±6,2 td=3,51
	100%	111,7%	42,4%	92,9%	65,8%
9	121,8±3,3	124,7±8,5 td=-0,61	42,3±13,3 td=11,40	125,8±3,1 td=-1,72	83,6±5,8 td=11,20
	100%	102,3%	34,7%	103,3%	68,6%
14	198,0±22,5	227,7±22,7 td=-1,82	99,3±25,8 td=5,64	198,7±15,6 td=-0,05	166,5±22,6 td=1,93
	100%	115,0%	50,2%	100,3%	84,1%
21	447,1±68,7	374,2±26,3 td=1,94	197,2±50,1 td=5,76	370,8±74,7 td=1,47	270,4±15,9 td=4,91
	100%	83,7%	44,1%	82,9%	60,5%

Примечание: жирным шрифтом отмечены достоверные отличия от контроля (без токсиканта).

В присутствии малой концентрации 0,04 мг Al/л рост культуры на протяжении всего опыта находился на уровне контроля, а при высокой концентрации 5,6 мг Al/л был достоверно ниже во все периоды наблюдений. При этом угнетение роста составляло на 50% и более по сравнению с контролем. Развитие культуры при 20 мг Мо/л не отличалось от контроля, а при 100 мг/л наблюдали достоверное угнетение роста в отдельные периоды до 50%.

Данные совместного действия изучаемых металлов в парных комбинациях их концентраций приведены в таблице 2.

Таблица 2

Изменение численности клеток *Scenedesmus quadricauda* (в дес. тыс. кл./мл) при одновременном присутствии алюминия и молибдена в среде культивирования

Сутки	Контроль	Al 0,04 мг/л; Мо 100 мг/л	Al 0,04 мг/л; Мо 20 мг/л	Al 5,6 мг/л; Мо 20 мг/л	Al 5,6 мг/л; Мо 100 мг/л
2	14,3±2,3	5,7±2,4 td=5,17	9,3±1,3 td=3,72	5,8±1,4 td=6,18	4,8±2,3 td=5,81
	100%	39,5%	65,1%	40,7%	33,3%
7	69,1±11,6	29,0±4,5 td=6,30	60,0±9,3 td=1,20	34,4±7,9 td=4,84	5,9±2,3 td=10,43
	100%	42,0%	86,8%	49,8%	8,6%
9	121,8±3,3	50,4±1,5 td=38,68	100,2±4,0 td=8,16	62,9±14,5 td=7,75	11,0±2,6 td=51,61
	100%	41,4%	82,2%	51,6%	9,0%
14	198,0±22,5	128,7±27,7 td=3,81	277,0±12,8 td=-5,97	159,7±38,2 td=1,69	13,7±3,8 td=15,80
	100%	65,0%	139,9%	80,7%	6,9%
21	447,1±68,7	279,4±40,6 td=4,12	348,3±15,6 td=2,75	331,9±40,8 td=2,82	45,8±11,4 td=11,29
	100%	62,5%	77,9%	74,2%	10,3%

Примечание: жирным шрифтом отмечены достоверные отличия от контроля (без токсиканта).

Если сравнить рост культуры при комбинированном действии металлов в комбинации Al 5,6 мг/л + Мо 100 мг/л (табл. 2) по сравнению с ростом культуры в присутствии только Al 5,6 мг/л или Мо 100 мг/л (табл. 1), то можно видеть значительное усиление токсичности среды при совместном действии металлов во все сроки наблюдений – угнетение роста достигало 90–93%.

При комбинированном действии металлов в комбинации Al 5,6 мг/л + Мо 20 мг/л по сравнению с ростом культуры в присутствии только Al 5,6 мг/л или Мо 20 мг/л, наблюдалось ослабление токсичности среды при совместном действии металлов с 7 по 21 сутки опыта (табл. 1, 2), на которые угнетение роста было в пределах 19–59%, а в присутствии в среде только Al 5,6 мг/л – в пределах 50–65%. Таким образом, добавка в среду нетоксичной концентрации молибдена ведет к ослаблению токсического действия высокой концентрации алюминия при их совместном присутствии в среде культивирования.

При комбинированном действии металлов в комбинации Al 0,04 мг/л + Mo 100 мг/по сравнению с ростом культуры в присутствии только Al 0,04 мг/л или Mo 100 мг/л, отмечали усиление токсичности среды при совместном действии металлов до 14 суток опыта (табл. 1, 2), на которые угнетение роста было в пределах 35–61%, а в присутствии в среде только Mo 100 мг/л – в пределах 16–50%. Алюминий в концентрации 0,04 мг/л не оказывал угнетения роста в процессе опыта. Таким образом, добавка в среду нетоксичной концентрации алюминия ведет к усилению токсического действия высокой концентрации молибдена при их совместном присутствии в среде культивирования.

Совместное действие металлов в комбинации нетоксичных концентраций Al 0,04 мг/л + Mo 20 мг/л также усиливает токсичность среды, что приводит к угнетению роста культуры в пределах 18–35% на 2, 9 и 21 сутки роста по сравнению с ростом чистого контроля (табл. 2). Таким образом, добавка молибдена в нетоксической концентрации в среду с нетоксической концентрацией алюминия приводит к усилению эффекта и проявлению токсического эффекта по сравнению с ростом чистого контроля на 2, 9 и 21 сутки опыта.

С использованием результатов дисперсионного анализа ANOVA было показано, что взаимодействие двух факторов (эффектов алюминия и молибдена) на рост культуры водорослей оказалось статистически значимым (табл. 3).

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа (ANOVA) влияния Al и Mo на тест-культуру по данным на 21 сутки

Эффект	Результаты ANOVA			
	SS	MS	F	p
Al	2,62	2,62	144,46	0,00
Mo	3,68	3,68	203,09	0,00
Al*Mo	2,34	2,34	128,97	0,00

При больших концентрациях этих металлов со временем наблюдается усиление токсичности вследствие их взаимодействия по типу синергизма. При малых нетоксичных концентрациях в отдельные периоды роста токсичность также может усиливаться вследствие их синергизма. А при добавлении нетоксичной концентрации микроэлемента в среду с высокой концентрацией алюминия токсичность алюминия уменьшается вследствие антагонизма металлов.

Обнаруженный в настоящей работе эффект ослабления токсического действия алюминия в высокой концентрации в присутствии малой дозы молибдена согласуется с данными работы [1], в которой показано, что токсический эффект некоторых тяжелых металлов можно снизить добавкой микроэлементов в питательную среду для выращивания водорослей.

Природа антагонистического действия ионов изучена еще крайне недостаточно. Это явление основано на различном влиянии отдельных ионов на

физико-химические свойства цитоплазмы. С другой стороны, причиной антагонизма может служить конкуренция ионов за активные центры ферментов и за места связывания на мембране.

Аддитивность воздействия добавок свидетельствует о независимом влиянии металлов на процессы деления клеток и указывает, вероятно, на то, что в этом случае металлы воздействуют на биохимические процессы в клетке слабо между собой взаимосвязанные. Независимое действие, таким образом, может быть связано с разными механизмами действия различных веществ.

Данные о механизме действия металлов (как отдельных, так и в парных или многокомпонентных комбинациях) для фитопланктона недостаточны, чтобы сделать четкие выводы о причинах взаимодействия и типах взаимодействия металл-металл.

Важно отметить, что комбинированное действие нетоксичных концентраций, соответствующих уровню ПДК для алюминия и МДК (максимально допустимой для нормального роста) молибдена для этого вида водорослей, приводит к проявлению токсического действия среды на культуру.

Это факт взаимодействия металлов при их совместном присутствии в среде выращивания водорослей следует учитывать при оценке токсичности и установлении ПДК отдельных металлов или веществ, загрязняющих водоемы.

Выводы: 1. Концентрации 0,04 мг/л Al^{3+} и 20 мг/л Mo^{6+} не оказывают токсического действия на культуру *Scenedesmus quadricauda* и являются максимально допустимыми для ее роста, а 5,6 мг/л Al^{3+} и 100 мг/л Mo^{6+} – токсическими.

2. Показан синергетический, аддитивный и антагонистический эффекты алюминия и молибдена в различных комбинациях на культуру водоросли в зависимости от их концентраций и срока действия.

3. В процессе роста культуры обнаружены продолжительные эффекты усиления токсического действия среды при совместном присутствии в ней алюминия и молибдена в парных комбинациях и взаимодействие этих металлов по типу синергизма. Уменьшение токсичности алюминия в течение длительного времени в присутствии молибдена, вследствие взаимодействия элементов по типу антагонизма, отмечено при комбинации высокой концентрации алюминия и нетоксичной дозы молибдена.

4. Комбинированное действие нетоксичных концентраций, соответствующих уровню ПДК для алюминия и максимально допустимой концентрации молибдена для роста культуры *S. quadricauda*, приводит к усилению эффекта и проявлению токсического действия среды.

Литература

1. Упитис В. В. Макро- и микроэлементы в оптимизации минерального питания водорослей. Рига: Зинатне, 1983. 240 с.

АЛЬГИЦИДНЫЙ ЭФФЕКТ АЛЮМИНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УСЛОВИЙ СРЕДЫ

А. М. Лазарева

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
lazanna1998@mail.ru*

Соединения алюминия попадают в природные воды как естественным путем, так и при антропогенном загрязнении. Особенно остро эта проблема стоит для северных водоемов, отличающихся низкой минерализацией и пониженным значением рН.

В связи с этим целью работы являлось изучение действия хлорида алюминия на культуру зеленой водоросли *Scenedesmus quadricauda* методом биотестирования.

В задачи работы входило:

- исследование динамики развития тест-объекта в норме и при интоксикации в зависимости от концентрации;
- изучение токсичности хлорида алюминия в зависимости от состава среды и начальной численности клеток.

Культуру выращивали на среде Успенского № 1 в люминостане в стандартных условиях. Развитие вида изучали в норме и при добавлении хлорида алюминия на среде Успенского и озерной воде из региона Южных Хибин с добавками питательных солей.

Основными показателями состояния культуры служили изменение численности и соотношения живых и мертвых клеток, которые подсчитывали под световым и люминесцентным микроскопом. Также с помощью импульсного флуориметра и рН-метра регистрировали флуоресценцию хлорофилла *a* и измеряли рН.

Оценку токсического действия проводили на основании достоверности различий опытных значений по сравнению с контролем по критериям Стьюдента и Манна-Уитни.

В первых двух опытах на среде Успенского и озерной воде действие хлорида алюминия на культуру оценивали в концентрациях 0,1; 0,4; 0,75; 1; 5; 10 и 20 мг/л и 0,4; 1; 10; 25; 50 и 100 мг/л соответственно в расчете на соль. Опыты проводили в трех повторностях длительностью 21 сутки.

На среде Успенского достоверное угнетение роста отмечено при концентрациях выше 0,75 мг/л (рис. 1). Причем с увеличением концентрации наблюдали более ранний и более продолжительный ответ.

Стимуляция роста отмечена при всех испытанных концентрациях в начале опыта, а максимальная – при 1 мг/л, которая в дальнейшем сменилась угнетением. Наблюдаемая реакция культуры на токсикант носит фазный характер с чередованием стимуляции и угнетения.

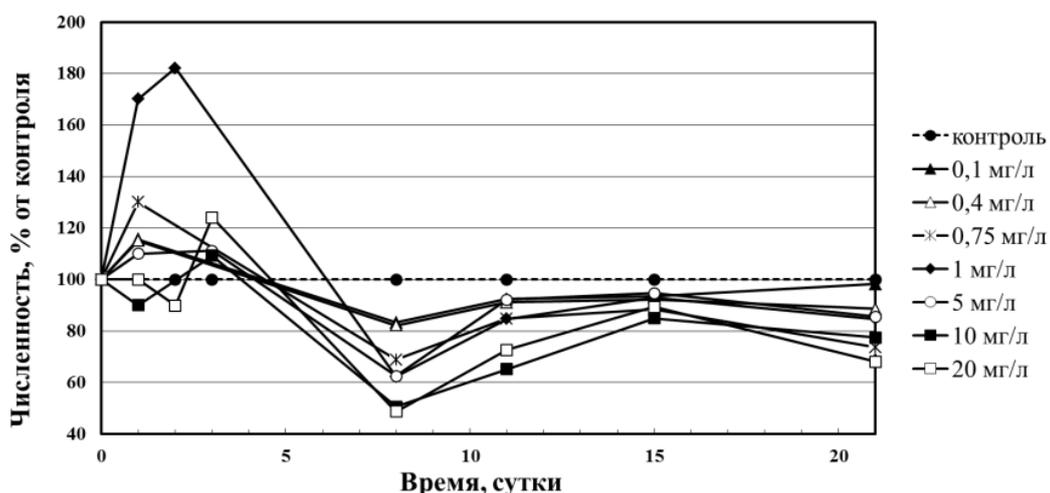


Рис. 1. Изменение численности клеток *Scenedesmus quadricauda* (в % от контроля) в присутствии хлорида алюминия (опыт на среде Успенского № 1)

По данным люминесцентной микроскопии с увеличением концентрации токсиканта доля живых клеток в процессе роста уменьшалась незначительно.

На природной воде при 1 мг/л в начале опыта наблюдали небольшое достоверное угнетение роста в результате временного торможения деления клеток, которые затем начинали синхронно или с большей скоростью делиться и по численности обгоняли контроль. Так, уже на 4 сутки отмечена достоверная стимуляция до 40%, устойчивая при повторе опыта (рис. 2).

При наиболее токсичной концентрации сильное угнетение роста происходило на протяжении всего опыта, и к его концу доля живых клеток составляла 20%. Однако в некоторых повторностях происходила адаптация культуры, что выражалось в возобновлении роста после длительной токсической нагрузки.

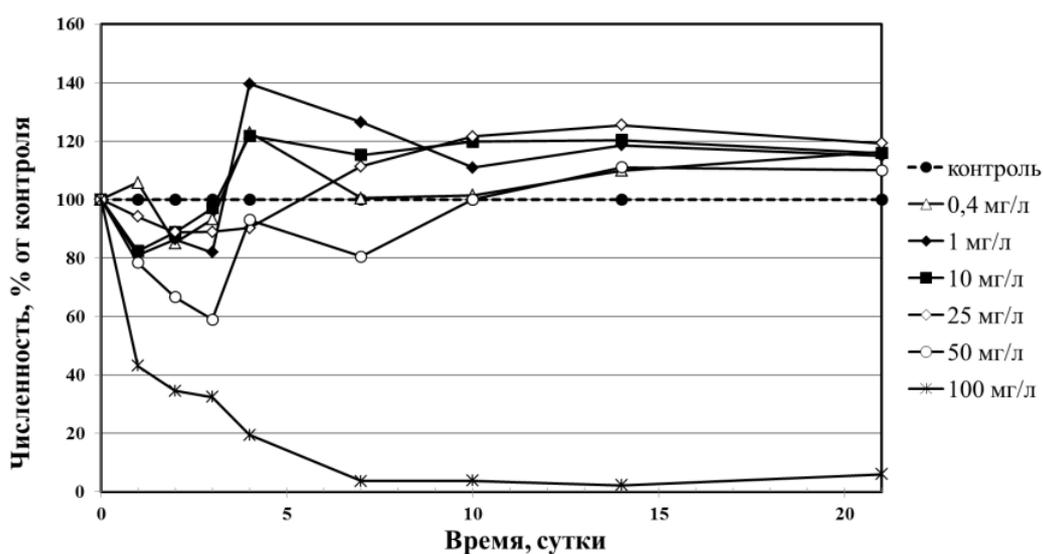


Рис. 2. Изменение численности клеток *Scenedesmus quadricauda* (в % от контроля) в присутствии хлорида алюминия (опыт на природной воде)

На природной воде скорость линейных реакций фотосинтеза зависела от концентрации токсиканта. Значительное ее уменьшение обнаружено уже на 4 сутки при 100 мг/л, которое сохранялось и в дальнейшем. Следует отметить, что при возобновлении роста после длительной лаг-фазы, происходило увеличение скорости фотосинтеза.

В среде с добавкой 100 мг/л начальный рН составлял 4,5 ед. и на протяжении опыта изменялся незначительно. А в диапазоне меньших концентраций был близок к уровню контроля, увеличивался в процессе роста и практически не отличался от него.

По данным острого опыта рассчитана полуэффективная концентрация, равная 7,9 мг/л на ион алюминия. По степени острой токсичности для *S. quadricauda* исследуемый токсикант можно отнести к среднетоксичным веществам.

По результатам двух опытов максимально допустимой концентрацией, следует считать 0,04 мг ионов алюминия на литр, что соответствует значению ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Минимально действующие концентрации на двух средах были близки. Различие состояло в том, что в диапазоне от 1 до 20 мг/л на среде Успенского наблюдалось угнетение роста, а на природной воде рост культуры был на уровне контроля или даже превышал его. Это может быть связано с присутствием в природной воде фона других макро- и микроэлементов, снижающих токсичность алюминия вследствие взаимодействия по типу антагонизма.

В третьем опыте действие токсиканта в концентрации 50 мг/л оценивали при начальных плотностях от 25, 100, 500 тыс. и млн. кл/мл. При этом дозы токсиканта на одну клетку составили 20, 5, 1 и $0,5 \cdot 10^{-7}$ мг/кл соответственно. Контролем служил рост культуры с аналогичными исходными численностями без токсиканта.

Хлорид алюминия оказывал токсическое действие при всех начальных плотностях, но в разной степени (рис. 3). Чем меньше начальная численность, тем сильнее происходило угнетение роста в начале опыта. Затем численность во всех случаях постепенно увеличивалась. И при высоких начальных плотностях к концу опыта приближалась к уровню контроля.

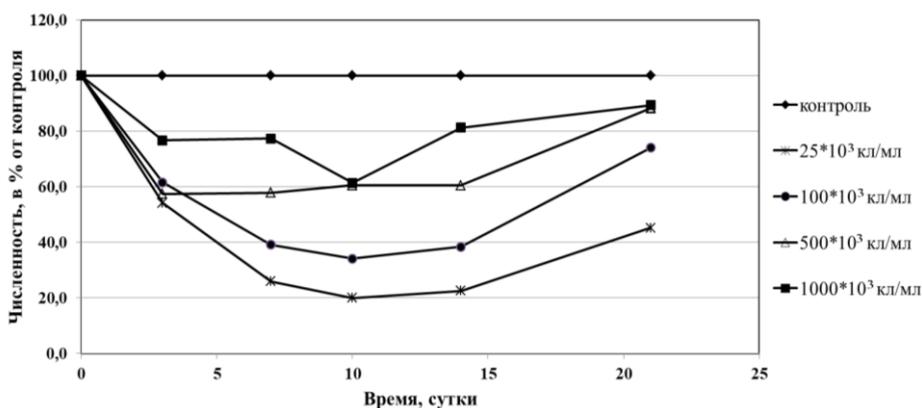


Рис. 3. Изменение численности клеток *Scenedesmus quadricauda* (в % от контроля) в зависимости от начальной численности клеток

Таким образом, чем больше начальная численность популяции, а, значит меньше доза токсиканта на клетку, тем в меньшей степени проявлялся токсический эффект.

Полученные нами данные свидетельствуют о нецелесообразности использования хлорида алюминия в качестве эффективного альгицидного средства, поскольку малые концентрации оказывают стимулирующее действие на рост водорослей. Высокие концентрации вызывают гибель большинства клеток и торможение деления оставшихся живых, за счет которых может происходить восстановление численности популяции. При этом высокие концентрации уменьшают рН среды, приводя ее к закислению. Однако ацидификация водной среды увеличивает растворимость, доступность и токсичность не только алюминия, но и других потенциально токсичных веществ (тяжелые металлы, пестициды, нефтепродукты).

Выводы: 1. Реакция культуры *Scenedesmus quadricauda* на токсическое воздействие хлорида алюминия по показателю численности клеток носит фазный характер с чередованием стимуляции и торможения роста.

2. Полуэффективная концентрация ЭК₅₀ за 3 суток составляет 7,9 мг Al³⁺/л, а максимально допустимая для *Scenedesmus quadricauda* как на среде Успенского, так и на природной воде – 0,04 мг Al³⁺/л. По степени токсичности для *S. quadricauda* хлорид алюминия можно отнести к среднетоксичным веществам (ЭК₅₀ от 10 до 1,0 мг/л).

3. На природной воде малые концентрации (0,1 и 0,4 мг/л) AlCl₃ не оказывают токсического действия на рост культуры, средние (1–25 мг/л) – вызывают слабое угнетение роста по сравнению с контролем и торможение деления клеток (до 4 сут.), а затем стимуляцию роста. А высокие концентрации (100 мг/л) приводят к массовой гибели клеток и/или длительному торможению деления живых клеток (50 и 100 мг/л), которые со временем могут восстанавливать численность популяции.

4. Состав среды выращивания культуры влияет на проявление токсичности алюминия. На среде Успенского токсичность алюминия выше по сравнению со средой, приготовленной на природной воде. Присутствие фона дополнительных элементов в природной воде снижает его токсичность вследствие взаимодействия элементов по типу антагонизма.

5. С увеличением начальной плотности популяции от 25 тыс. до 1 млн кл./мл токсичность AlCl₃ падает. Биотестирование с начальной плотностью более 10⁵ кл./мл может потенциально недооценивать токсичность веществ.

КЛЕВЕР ПОЛЗУЧИЙ (*TRIFOLIUM REPENS* L.) КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ г. КАЗАНИ

М. А. Ахмадильшина, К. К. Ибрагимова
Институт фундаментальной медицины и биологии
Казанского (Приволжского) федерального университета,
kardiya.ibragimova@mail.ru

Цель исследования – оценка возможности применения клевера ползучего *Trifolium repens* L. как универсального биоиндикатора антропогенного нарушения среды на примере г. Казани.

На предварительно выбранных участках, подверженных различным видам антропогенных нарушений, был произведен сбор растительного материала. В каждой зоне было собрано по 100 побегов клевера ползучего длиной 10 см и по 100 приблизительно одновозрастных соцветий с цветоносами. Летом 2018 г. произведен сбор материала в трех зонах г. Казани: Горьковское шоссе, двор главного здания Казанского федерального университета и ул. Татарстан.

Горьковское шоссе – магистральная улица в Кировском районе города Казани, начинается от перекрёстка с круговым движением. Пролегает с юго-востока на северо-запад. Имеет от 4 до 6 полос движения на различных участках, поэтому подвергается сильной автотранспортной нагрузке.

Двор главного здания университета является уютным живописным местом, особенно в летний период, что делает его популярным среди туристов. Данная зона подвергается в основном таким факторам, как вытаптывание и кошение.

Улица Татарстан является центральной магистралью Старо-Татарской слободы, следовательно, более всего данная зона подвержена автотранспортной нагрузке.

Для хранения отобранные образцы соцветий были зафиксированы в 75% растворе спирта. В течение сентября–декабря 2018 г. был произведен анализ пыльцы. Для этого проводилось окрашивание йодом, подсчет пыльцевых зерен производился до 1000 зерен с цветков каждого из 100 соцветий в каждой зоне под микроскопом при 400-кратном увеличении в случайных полях зрения, насыщенность препарата высокая. Фертильными считали пыльцевые зерна, полностью окрашенные в темно-коричневый цвет, стерильными – окрашенные частично или неокрашенные. Также были произведены измерения средней длины черешка листа, средней высоты цветоноса, среднего количества листьев у побега, среднего количества соцветий у побега и среднего диаметра соцветий на участке основного побега длиной 10 см. Измерения линейных величин осуществляли с помощью ученической линейки с точностью 0,1 см.

Методика данного исследования взята из работы [1]. Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета программ Statistica 10.0. Для проверки статистических гипотез о виде распределения был применен

критерий Shapiro-Wilk's. Выборки сравнили непараметрическим тестом Краскелла-Уоллиса, апостериорный анализ – тестом Ньюмана-Кейлса.

Данные объединены по средним морфометрическим показателям вегетативных и генеративных структур клевера (табл.).

Таблица

Сводные данные по исследуемым показателям клевера ползучего (*Trifolium repens* L.)

Исследуемый признак	Контроль	Горьковское шоссе	Главное здание	Ул. Татарстан
Средняя длина черешка листа, см	19,02±1,83	14,38±2,46	10,24±2,14	8,02±1,99
Средняя высота цветоноса, см	28,64±1,58	17,02±5,86	12,44±2,13	10,53±2,01
Среднее количество листьев у побега, шт.	4,32±0,30	9,84±2,19	13,44±2,59	11,7±2,37
Среднее количество соцветий у побега, шт.	0,75±0,28	1,06±0,24	1,12±0,33	1,12±0,33
Средний диаметр соцветия, см	2,72±0,10	1,56±0,27	1,38±0,24	1,29±0,19
Количество стерильных пыльцевых зерен, %	6,8	58	58	59

В качестве контрольных значений взяты данные из статьи [1], так как природная зона хвойно-широколиственных лесов г. Обнинска может соответствовать зоне смешанных лесов г. Казани.

Данные статистической обработки показали, что такие параметры как средняя длина черешка листа, средняя высота цветоноса и средний диаметр соцветий отличаются на высоком уровне значимости между собой: самые низкие показатели отмечены на ул. Татарстан, самые высокие – на территории Горьковского шоссе. Также отмечены значительные отклонения данных параметров от контрольных значений в меньшую сторону во всех случаях.

Следует отметить, что после скашивания на разделительных газонах автодорог клевер отрос после повторного кошения, тогда как на остальных территориях – после однократного. Поэтому падение длин черешка листа и цветоноса в зоне автотранспортной нагрузки связано, видимо, не с загрязнением почвы и приземного слоя атмосферы, а с фактором более частого кошения. На основании этого данные признаки клевера, произрастающего в городских условиях, по-видимому, не следует рассматривать как биоиндикационные.

Черешки клевера ползучего, произрастающего в различных районах, отличаются по длине на высоком уровне значимости: самые короткие произрастают на ул. Татарстана, самые длинные – на Горьковском шоссе.

Высота цветоноса положительно коррелирует с длиной черешка и ведет себя аналогично: самые короткие произрастают на ул. Татарстана, самые длинные – на Горьковском шоссе.

Диаметр соцветия положительно коррелирует с высотой цветоноса и длиной черешка и ведет себя аналогично: самые крупные соцветия обнаружены на Горьковском шоссе, самые мелкие – на ул. Татарстана.

Количество листьев у побега на территории главного здания КФУ значительно больше, чем в зоне ул. Татарстан ($p = 0,000274$) и Горьковского шоссе ($p = 0,000022$). В то же время количество листьев на территории ул. Татарстан превышает данный параметр зоны Горьковского шоссе ($p = 0,000105$). Также наблюдается общая тенденция к заметному увеличению значения данного параметра относительно контрольного значения во всех исследуемых зонах. Такие результаты имеют место быть по причине уменьшения длины междоузлий у побега и сближением его боковых структур при ухудшении условий обитания. По количеству соцветий у побега растения разных зон значимо не отличаются, однако прослеживается небольшое увеличение значений по сравнению с контрольным.

В то же время есть тенденция увеличения соцветий в ряду: ул. Татарстана – главное здание КФУ – Горьковское шоссе. Во всех исследуемых зонах выявлен чрезмерно высокий показатель количества стерильной пыльцы клевера ползучего ($> 50\%$). Зона Горьковского шоссе в данном случае отличается самым высоким показателем (74%) по сравнению с зоной главного здания КФУ (58%) и ул. Татарстан (59%). Также в ходе анализа данных был рассчитан коэффициент вариации, который по длине черешка листа составил 31,57; по высоте цветоноса – 34,82; по количеству листьев у побега – 23,95; по количеству соцветий у побега – 27,36 и по диаметру соцветий – 18,42. Данный коэффициент позволяет сделать вывод о том, что все параметры, кроме высоты цветоноса, соответствуют условию применения признаков в качестве биоиндикатора (коэффициент вариации меньше 33).

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что некоторые структуры клевера ползучего в целом чувствительны к антропогенному воздействию, вызывающему статистически значимое изменение количества листьев у побега, более всего чувствительного к вытаптыванию.

Высокий показатель количества стерильных пыльцевых зерен во всех исследуемых зонах подтверждает влияние состояния среды обитания на стерильность пыльцы растений.

Изменения длины черешка листа, высоты цветоноса и диаметра соцветий представлены контрастными значениями в зонах с одинаковым видом антропогенной нагрузки – автотранспортной. Следовательно, полученные результаты являются неспецифической реакцией клевера, т. е. не зависят от вида антропогенного нарушения среды. Сюда же можно отнести параметр «среднее количество соцветий у побега».

По результатам данного исследования можно предположить, что некоторые признаки клевера ползучего дают возможность оценить антропогенные нарушения среды. К таковым логично будет отнести среднее количество листьев у побега и количество стерильных пыльцевых зерен.

Литература

1. Горшкова Т. А. Оценка возможности использования клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) для биоиндикации антропогенного нарушения среды // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1. С. 69–73.

ВЛИЯНИЕ МАРГАНЦА НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ РАЗНЫХ СОРТОВ

О. А. Симонова

ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока,

Вятский государственный университет, simolga07@gmail.com

Одной из важнейших задач сельского хозяйства является получение высококачественной растениеводческой продукции. Для ее решения проводятся различные мероприятия, включающие повышение плодородия почв, а также получение новых сортов сельхоз культур, устойчивых к неблагоприятным факторам окружающей среды, в том числе к токсическому действию ионов тяжелых металлов (ТМ).

Известно, что многие ТМ, включая марганец (Mn), в небольших концентрациях необходимы растениям для нормального роста и развития. Однако в больших концентрациях ТМ способны оказывать негативное влияние на растения. Например, токсическое действие избытка ионов марганца(II) на растение может проявляться в виде окислительного стресса, сопровождающегося выработкой активных форм кислорода и изменением состояния энзиматической антиоксидантной защитной системы растений [1]. В результате происходит торможение роста растений и снижение их продуктивности [2, 3].

Кроме токсического действия ТМ, при их высоком содержании в почве, возможно, их избыточное поступление и накопление в растениях. Интенсивность поступления ТМ в растения может быть ограничена почвенными факторами, в том числе ее кислотностью. В связи с этим, сорта растений, устойчивые к низким значениям рН, могут быть адаптированы и к повышенному содержанию ТМ в почве [4]. Поскольку в условиях Кировской области значительная доля почв характеризуется низкими значениями рН, полученные в этих условиях районированные сорта растений устойчивы к повышенной кислотности почвы. Основываясь на общеизвестном факте кросс-адаптации, проводили оценку устойчивости растений ячменя районированных сортов к ионной токсичности марганца по изменению антиоксидантной активности (АОА) проростков и листьев в лабораторных условиях.

Объектами исследования служили растения ячменя сортов 346-09; 12-29-11; Фермер 198-12; Форвард; Бионик из рабочей коллекции лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. В качестве стандарта использовали сорт ячменя Белгородский 100.

Семена ячменя исследуемых сортов проращивали в водной культуре в лабораторных условиях. Семидневные растения выращивали в термостате при температуре 23 °С и отсутствии освещенности, 14-ти дневные – при естественной освещенности и комнатной температуре.

В качестве стрессового воздействия использовали ионы марганца. Исследовали действие следующих концентраций: 30, 60 и 90 мг/л действующего вещества (д. в.) в расчете на соль $MnSO_4 \cdot H_2O$. При выращивании растений в

течение 7-ми суток в качестве контроля использовали дистиллированную воду, 14-ти суток – питательный раствор Кнопа.

Оценку устойчивости семидневных растений ячменя к токсическому действию ионов марганца(II) проводили по антиоксидантной активности проростков, 14-ти дневных – по антиоксидантной активности листьев [5].

По значению величины АОА судили о наличии антиоксидантной активности (более 10%). По изменению значений АОА подразделяли растения на 3 группы: дифферентные к стрессу (не изменяющие уровень АОА); гиперчувствительные по отрицательному типу (снижение уровня АОА); гиперчувствительные по положительному типу (повышение уровня АОА) [6].

В ходе исследования влияния марганца на антиоксидантную активность 7-ми дневных проростков исследуемых сортов фиксировали ее более высокое значение, чем в контроле (табл.). При этом зависимости между значениями АОА и дозой марганца не было установлено. Полученные данные согласуются с результатами других исследователей, согласно которым активность антиоксидантных ферментов в присутствии ТМ, как правило, увеличивается, что способствует снижению уровня АОА, и практически не зависит от концентрации металла [7]. Исключение составил сорт Форвард, для которого отмечали отсутствие достоверного влияния марганца на АОА проростков.

Таблица

Антиоксидантная активность растений ячменя в зависимости от дозы марганца

Сорт	Доза марганца, мг/л	Антиоксидантная активность			
		проростки, %	% от контроля	листья	% от контроля
1	2	3	4	5	6
Белгородский 100	0	92,53±2,56	100,00	91,96±2,63	100,00
	30	98,37±0,10	106,31	93,83±1,38	102,03
	60	98,25±0,39	106,18	88,91±1,37	96,68
	90	98,43±0,69	106,38	89,22±3,09	97,02
346-09	0	91,94±1,07	100,00	90,57±2,46	100,00
	30	96,83±0,22	105,32	91,74±0,73	101,29
	60	98,27±0,36	106,88	89,59±1,62	98,92
	90	98,42±0,05	107,05	90,82±2,98	100,28
Форвард	0	80,02±4,84	100,00	84,83±5,08	100,00
	30	81,20±2,73	101,47	94,53±1,10	111,83
	60	80,81±5,61	100,99	93,98±0,78	111,18
	90	73,00±8,66	91,23	93,04±1,35	110,07
Фермер 198-12	0	66,73±7,91	100,00	88,46±2,41	100,00
	30	80,72±0,53	120,97	91,66±0,71	103,62
	60	85,59±1,42	128,26	89,34±0,82	100,99
	90	83,81±0,61	125,60	86,25±4,03	97,50
29-11	0	85,12±2,93	100,00	85,98±4,30	100,00
	30	89,94±2,39	105,66	96,07±1,51	111,74
	60	91,76±1,34	107,80	95,57±1,26	111,15
	90	92,61±0,26	108,80	97,26±0,22	113,12

1	2	3	4	5	6
Бионик	0	88,11±1,43	100,00	83,10±1,18	100,00
	30	91,39±1,53	103,72	90,98±2,65	109,48
	60	92,18±1,39	104,62	80,04±2,97	96,32
	90	93,31±0,45	105,90	81,06±0,79	97,55

В отличие от проростков, антиоксидантная активность листьев ячменя отличалась у разных сортов. Так, для сортов Белгородский 100 и 346-09 отмечали отсутствие достоверных изменений в значениях АОА относительно контроля при добавлении марганца в среду для выращивания растений. Тогда как у сортов Форвард и 29-11 все исследуемые дозы марганца оказали значимое влияние на АОА, заключающееся в ее повышении.

У сортов Фермер 198-12 и Бионик повышение значения данного параметра наблюдали только в вариантах с концентрацией Mn^{2+} 30 мг/л, что может быть связано с биогенностью исследуемого металла. Известно, что в живых организмах марганец входит в состав ферментов [8, 9]. Один из них – фермент супероксиддисмутаза, который относится к антиоксидантным ферментам [10]. Кроме того, у растений сорта Бионик фиксировали уменьшение антиоксидантной активности листьев под действием 90 мг/л Mn^{2+} . Отличия между значениями исследуемого параметра для проростков и листьев растений ячменя могут быть объяснены продолжительностью воздействия токсичных ионов [11, 12]. Кроме того, по данным литературы, возможны различия в активности антиоксидантных ферментов в зависимости от органов растений [13, 14].

Таким образом, оценка антиоксидантной активности растений ячменя на ранних стадиях развития (7 суток) ячменя большинства исследуемых сортов позволила установить токсический эффект марганца. Исключение составил сорт Форвард, который по изменению данного параметра был отнесен к категории дифференциальных к стрессу растениям, то есть является устойчивым. По изменению АОА листьев наиболее устойчивыми оказались растения сорта Белгородский 100 и 346-09. Тем не менее, на данном этапе исследований на основании проанализированных параметров сложно сделать общий вывод об устойчивости растений ячменя к повышенным концентрациям марганца, в частности, об отличиях районированных сортов от сорта стандарта.

Литература

1. Плотникова О. М., Лапионова А. П., Воронина Е. А., Голоднова Л. В. Повышение устойчивости растений к стрессовым явлениям в условиях загрязнения почвы ионами марганца и меди внесением соломы // Региональные проблемы природопользования и охраны окружающей среды. 2008. С. 203–213.
2. Bajguz A., Hayat S. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses // Plant Physiol. Biochem. 2009. No. 47. P. 1–8. doi: 10.1016/j.plaphy.2008.10.002
3. Vardhini B. V. Brassinosteroids are potential ameliorators of heavy metal stresses in plants // Plant Metal Interaction / Ed. P. Ahmad. Amsterdam: Elsevier, 2016. P. 209–237.

4. Gunnarsson O. Heavy metals in fertilizers do they cause environmental and health problems // *Fertil. Agric.* 1983. No. 85. P. 27–42.
5. Сирота Т. В. Способ определения антиоксидантной активности супероксиддисмутазы и химических соединений. Заявка № 99103192 (003673). Приоритет от 24.02.1999.
6. Зеленков В. Н., Марков М. В., Лапин А. А. Антиоксидантный статус растений, выявленный при изучении экосистем Тамбовской области // *Экологические аспекты жизнедеятельности человека, животных и растений: монография.* Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2017. С. 177–195.
7. Foyer C. H., Lopez-Delgado H., Dat J. F., Scott I. M. Hydrogen peroxide- and glutathione-associated mechanisms of acclamatory stress tolerance and signaling // *Physiol. Plant.* 1997. V. 100. P. 241–254.
8. Протасова Н. А., Беляев А. Б. Химические элементы в жизни растений // *Соровский образовательный журнал.* 2001. Т. 7. № 3. С. 25–32.
9. Кудашкин М. И. Содержание марганца в растительности юга нечерноземной зоны // *Агрохимия.* 2009. № 9. С. 69–75.
10. Загоскина Н. В., Назаренко Л. В. Активные формы кислорода и антиоксидантная система растений // *Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Естественные науки».* 2016. № 2 (22). С. 9–23.
11. Panda S. K., Chaudhury I., Khan M. H. Heavy metals induce lipid peroxidation and affect antioxidants in wheat leaves // *Biol. Plant.* 2003. V. 46. P. 289–294.
12. Iannone M. F., Rosales E. P., Groppa M. D., Benavides M. P. Reactive oxygen species formation and cell death in catalase-deficient tobacco leaf disks exposed to cadmium // *Protoplasma.* 2010. V. 245. P. 15–27.
13. Казнина Н. М. Физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений семейства *Poaceae* к тяжелым металлам: Дис. ... д-ра биол. наук. Петрозаводск, 2016. 358 с.
14. Russo M., Sgherri C., Izzo R., Navari-Izzo F. *Brassica napus* subjected to copper excess: phospholipases C and D and glutathione system in signaling // *Environ. Exp. Bot.* 2008. V. 62. No. 3. P. 238–246.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ТАЛЛОМОВ *XANTORIA PARIETINA* В ТУЛЕ И ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А. А. Уханова, О. С. Соловьева, Н. Л. Лагунова
Тульский государственный университет, ikhanova.anast@yandex.ru

Проблема загрязнения атмосферного воздуха является одной из главных проблем урбаноценозов. В атмосферу попадает огромное количество вредных веществ, что приводит к изменению химического состава воздушной среды [1]. Основная часть промышленных выбросов в Тульской области приходится на предприятия энергетики (60,8%), металлургии (21,5%), химической и нефтехимической индустрии (13,9%), топливной промышленности (5%), машиностроения и металлообработки (3,7%) [2].

В мониторинговых исследованиях экологического состояния антропогенно нарушенных природно-территориальных комплексов часто используют лишайники. В силу того, что лишайники представляют собой симбиотическую ассоциацию гриба и водорослей, любое воздействие, которое изменяет

баланс взаимодействия между симбионтами, будет влиять на их жизнеспособность. Кроме того, лишайники поглощают аэрозоли и газы всей поверхностью талломов, что также повышает их чувствительность к загрязнению, а периодически происходящая дегидратация талломов, позволяющая переживать лишайникам периоды засухи, приводит к росту концентрации загрязняющих веществ в талломах до высоких уровней [3]. Именно поэтому лишайники являются чувствительными индикаторами изменений условий окружающей среды, в частности, загрязнения экосистем токсичными веществами.

Лихеноиндикационные методы разнообразны: оценка проективного покрытия эпифитных лишайников, трансплантационные методы, методика повторного цикла, определение качественного и количественного содержания веществ-маркеров в талломах. Важным показателем для оценки техногенного воздействия является изменение химического состава лишайников [4], в том числе определение суммарной антиоксидантной активности (АОА) экстрактов талломов.

АОА талломов эпифитных лишайников не только предохраняет водорослевый компонент от лишнего излучения, но и обеспечивает борьбу со свободными радикалами. Основной вклад в АОА вносят антрахиноны, каротиноиды и ферменты.

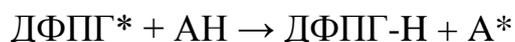
Целью данной работы явилось определение АОА талломов лишайников в разных по загрязнению зонах Тулы и Тульской области. Объектами служили талломы лишайника *Xantoria parietina*, так как данный вид лишайника наиболее устойчив к неблагоприятным факторам окружающей среды и распространен как в загрязненных, так и в незагрязненных зонах.

Пробоотбор производился в крупном промышленном центре (г. Тула) и в городах Тульской области с развитой инфраструктурой (г. Новомосковск, г. Узловая и г. Ясногорск). Пробные участки располагались возле крупных, средних, и малых магистралей, а также в парковых зонах и зонах пригорода.

Талломы отбирали со стволов березы, сосны, ясеня с высоты 0,5–2 м. Протяженность пробного участка составила 20–30 м, отбор производили с 10–15 деревьев.

Прямые методы оценки АОА как индивидуальных химических соединений, так и композиций сложного состава, основаны на изучении влияния антиоксидантов на кинетику модельных реакций окисления углеводов, жирных кислот или биологических материалов, либо на конкуренции изучаемого и модельного антиоксиданта за радикалы [4].

Удобным для оценки АОА является фотометрия свободных радикалов, основанная на реакции ДФПГ (1,1-дифенил-2-пикрилгидразила, $C_{18}H_{12}N_5O_6$, $M = 394,33$), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта (АН) по схеме:



1,1-дифенил-2-пикрилгидразил является синтетическим азотсодержащим радикалом, не димеризуется, устойчив по отношению к кислороду, в

растворах фотохимически нестабилен. Антиоксиданты восстанавливают радикалы ДФПГ до 1,1-дифенил-2-пикрилгидразина [5].

Для приготовления экстрактов талломы *X. parietina* с одного пробного участка измельчали и перемешивали для усреднения пробы. Определяли рабочий объем вводимого экстракта на 1 мл раствора ДФПГ в кювете для всех проб с разным содержанием веществ антиоксидантной природы. Рабочий объем составил 100 мкл, длина волны максимального светопоглощения водно-спиртового раствора ДФПГ (фотометр «Эксперт-003») – 525 нм. При добавлении экстрактов лишайников оптическая плотность снижалась, так как водно-спиртовой раствор ДФПГ имеет фиолетовое окрашивание, а при взаимодействии с антиоксидантом, способным отдавать протон, происходит восстановление этого радикала, в результате чего раствор обесцвечивается.

АОА увеличивается с увеличением вводимого объема спиртового экстракта лишайника (рис. 1). Зависимость от времени инкубации экстракта талломов лишайника с раствором ДФПГ сложная – интенсивное нарастание в первые тридцать секунд, затем плавное увеличение.

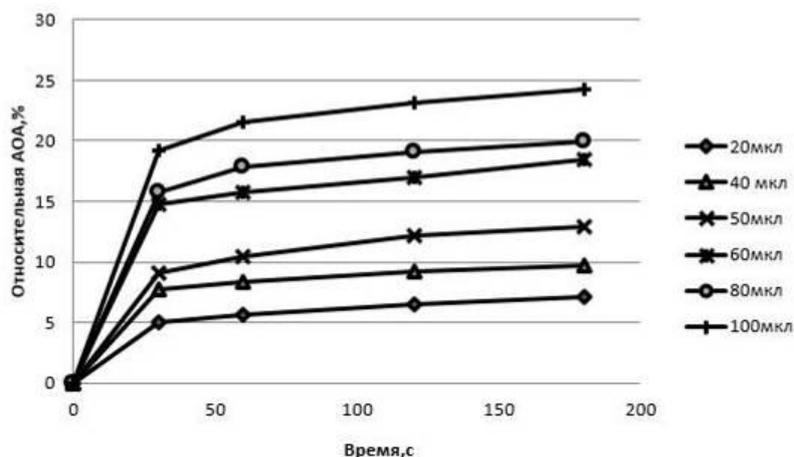


Рис. 1. Изменение АОА экстрактов талломов *X. parietina* за 3 мин инкубации (г. Узловая, парковая зона)

Наибольшие различия АОА экстрактов талломов *X. parietina* в г. Тула, Узловая, Ясногорск и Новомосковск получены для зон крупных и средних магистралей в сравнении с парковыми зонами (рис. 2). Статистически достоверно увеличивается АОА экстрактов лишайников, произрастающих в парковой зоне Узловой и Тулы по сравнению с парковой зоной Ясногорска (условный контроль), что может свидетельствовать о происходящих адаптационных изменениях. В зонах магистралей Тулы и Тульской области АОА экстрактов уменьшается в 1,5–2 раза, что может быть связано со снижением активности физиолого-биохимических процессов у лишайников при загрязнении атмосферного воздуха продуктами сгорания топлива, в том числе и синтеза веществ антиоксидантной природы, так как чаще всего они являются вторичными метаболитами или ферментами.

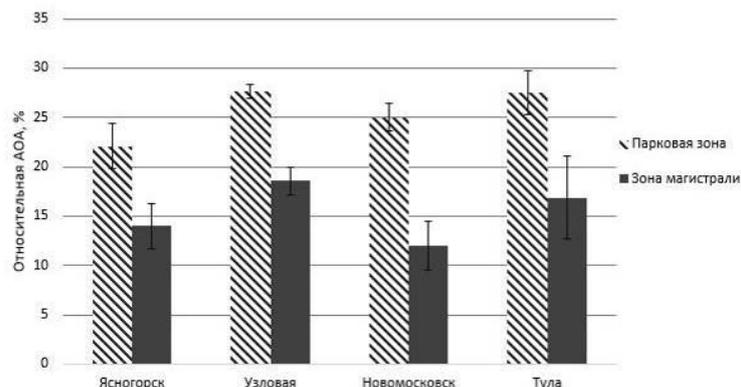


Рис. 2. АОА экстрактов талломов *X. parietina* в разных по загрязнению зонах

Наибольший размах варьирования признака наблюдается в зонах магистралей Тулы, что говорит об индивидуальных приспособительных реакциях сложных организмов при критическом уровне загрязнения, так как возможна адаптация как водорослевого компонента, так и грибного. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности использования фотометрии свободных радикалов для оценки состояния лишайника *X. parietina* в разных по загрязнению зонах.

Основным протекторным соединением *X. parietina* является париедин (1,8-дигидрокси-3-метокси-6-метилантрахинон), причем изменение его содержания отражает активную адаптацию к условиям произрастания.

Для определения его вклада в АОА талломов лишайника определяли изменение содержания антрахинонов согласно [6]. Навеску 0,01 г измельченных талломов лишайника отбирали в пробирки типа *Eppendor*, добавляли 1 мл 100% ацетона и экстрагировали в течение 3 суток. Затем исходные ацетоновые вытяжки разбавляли раствором 0,1н NaOH в 70% ацетоне. В результате подщелачивания 1,8-дигидроксиантрахиноны образовывали окрашенные феноляты. Светопоглощение экстрактов определяли на СФ-104 в спектральном режиме. Рабочая длина волны составила 505 нм.

Содержание антрахинонов рассчитывали по формуле:

$$C = 34,15 \cdot A_{505}$$

Содержание антрахинонов в парковых зонах Ясногорска, Узловой, Тулы и Новомосковска составило в среднем 15 ± 4 мг/л (рис. 3).

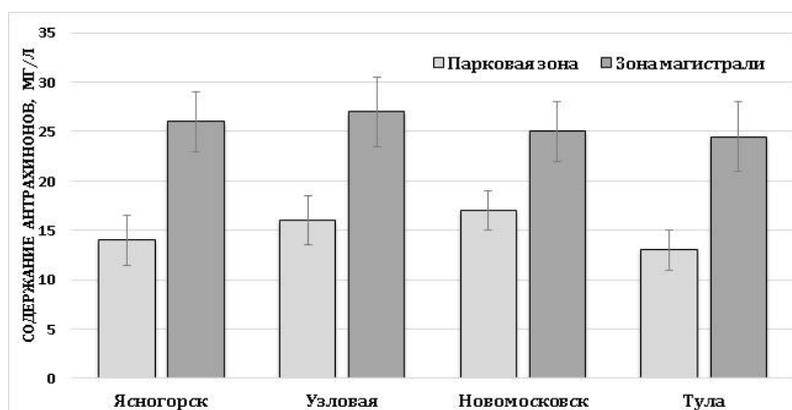


Рис. 3. Содержание антрахинонов в ацетоновых экстрактах талломов *X. parietina*

При увеличении загрязнения в зонах магистралей содержание антрахинонов в талломах лишайников увеличивается в 1,5–2 раза во всех исследуемых городах, что говорит об активной адаптации *X. parietina* к условиям произрастания, ведь антрахиноны, также как и каротиноиды, защищают лишайник от окислительного стресса, образующегося под действием излучения и воздействий антропогенного характера. Тем не менее, увеличение количества антрахинонов не приводит к увеличению суммарной АОА талломов, что подтверждает многокомпонентный состав веществ антиоксидантной природы *X. parietina* и изменение их содержания в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Литература

1. Ахметшина А. С. Мониторинг загрязнения воздушного бассейна г. Томска // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 328. С. 208–213.
2. Шишкина П. А. Экологическая обстановка в Тульской области // Образование и наука в России и за рубежом. 2019. С. 10–11.
3. Nash T. H., Gries C. The response of lichens to atmospheric deposition with an emphasis on the Arctic // Sci. Total Environ. 1995. V. 160. P. 737–747.
4. Barroso M. F., de-los-Santos-Alvarez N., Lobo-Castanon M. J., Miranda-Ordieres A. J., Delerue-Matos C. DNA-based biosensor for the electrocatalytic determination of antioxidant capacity in beverages // Biosensors. 2011. No. 26. P. 2396–2401.
5. Опекунова М. Г., Гизетдинова М. Ю. Использование лишайников в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2014. С. 79–94.
6. Подтегроб А. П., Белый П. Н. Сезонные колебания пигментного состава лишайника *Xanthoria parietina* (L.) th. fr. (teloschistaceae Zahlbr) в условиях городской среды // Экологический вестник. 2015. № 2. С. 83–88.

ВЫДЕЛЕНИЕ ДНК АДВЕНТИВНОГО РАСТЕНИЯ ВОЛЬФИЯ (*WOLFFIA*) ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ГЕНОМНОГО АНАЛИЗА

В. А. Козвонин¹, Т. И. Кочурова², Д. В. Козвонин³

¹ Вятский государственный университет, usr20221@vyatsu.ru

² МБУ «Кировский городской зоологический музей», kochurovati@mail.ru

³ КОГОАУ «Лицей естественных наук»

В 2015 г. в рамках научно-исследовательской работы летнего экологического лагеря «Зеленый мир» при КОГОАУ ЛЕН, научным сотрудником МБУ «Кировский городской зоологический музей» Т. И. Кочуровой, совместно с руководителем лагеря Г. Г. Двининой и юным натуралистом Д. Козвониным в старице Курья р. Вятка был обнаружен очень интересный водный растительный объект. Он представлял из себя мелкие сферы, обладающие высокой степенью адгезии к предметам (рис. 1). Данное растение было идентифицировано как представитель семейства Рясковые – вольфия (лат. *Wolffia*).

Вольфия (лат. *Wolffia*) – род водных однодольных растений семейства рясковых (Lemnoideae) подсемейства вольфиевые (Wolffioideae) [1]. В природе *Wolffia* встречается в тропических лесах Азии, Африки, а также в Атлантической и Центральной Европе, Средиземноморье и Индии, преимущественно в окультуренных районах. В России в Липецкой, Брянской, Воронежской [2], Тамбовской [3], Волгоградской [4], Курской и Московской областях [5]



Рис. 1. *Wolffia* в пробе воды из протоки Курья

встречается вид – *Wolffia arrhiza* (L.) Horkelex Wimm. В Московском регионе *Wolffia arrhiza* впервые достоверно была обнаружена сразу в нескольких не связанных друг с другом местах в 2011 г. Во всех этих местах вольфия успешно перезимовала, поскольку способна образовывать турионы. Истинный современный статус *W. arrhiza* в Московском регионе пока не ясен: если занос произошел из краевой части расширяющегося в настоящее время природного ареала (Брянская и Курская области), ее следует считать прогрессирующим видом, если из вторичного, также расширяющегося, ареала (Воронежская, Липецкая и Тамбовская области) – адвентивным [5].

В 2002 г. в Московском регионе был обнаружен еще один вид вольфии – *W. globosa* (Roxb.) Hartoget Plas. Впервые эта вольфия была обнаружена в Пехорке и с тех пор встречается там постоянно, но ее численность от года к году заметно колеблется [5]. В большинстве регионов *Wolffia* характеризуется как род, нуждающийся в общегосударственной или региональной охране, а также представляет значительный интерес с ботанико-географической точки зрения: вновь обнаруженные местонахождения существенно расширяют известные ареалы рода или являются новыми для регионов.

Wolffia принадлежит к многолетним бескорневым растениям гидрофитам, плавающим на поверхности воды. По строению представляет собой особые образования (листецы или «листоветви»), не дифференцированные на листья и стебель, а соединенные в группы по 2 короткими ножками, представляющими собой суженную часть листеца. Листецы мелкие, по форме яйцевидно-эллипсоидные, размером до 1 мм; по окраске обычно зеленые, с вкраплением коричневых пигментных клеток. Листецы состоят, в основном, из клеток хлоренхимы, разделенных большими межклеточными полостями, заполненными воздухом или другим газом, что обеспечивает плавучесть растения. Растение многолетнее. Перезимовывают растения семенами (что бывает редко), обычно в виде листецов, иногда листецы утолщаются, становятся

более округлыми и заполняются крахмалом. Такие образования называют турионами или покоящимися почками. Осенью турионы погружаются на дно водоема, а весной всплывают и начинают размножаться дальше [6]. Размножается преимущественно вегетативно, для этого служит один базальный кармашек в виде щелевидного углубления. Интенсивный рост идет с июня по август, растения удваивают массу своего тела за 1–6 суток, а удвоение количества листочков происходит за 2–3 суток. Способы опыления – перекрестный, с помощью ветра или насекомых [7].

Для уточнения таксономической принадлежности обнаруженного растения и выявления предположительного места его происхождения было решено выделить ДНК из полученных летом 2019 г. образцов *Wolffia*. ДНК была выделена на базе лаборатории Центра компетенций «Экологические технологии и системы» ФГБОУ ВО ВятГУ. В качестве материала для исследования были использованы свежие образцы растений, взятые накануне из протоки Курья и хранящиеся сутки при температуре +4 °С. Для выделения ДНК применялся СТАВ-метод [8, 9]. В основе метода лежит лизис клеток буфером на основе СТАВ (ЦТАБ – цетилтриметиламмонийбромид, входит в состав многих бытовых моющих средств), депротинизация хлороформом и осаждение ДНК изопропанолом.

Необходимые реагенты: СТАВ-буфер: 2% СТАВ(10,0 г), 1,4 М NaCl (40,91 г), 20 мМ ЭДТА (20 мл 0,5 М ЭДТА), 100 мМ Tris-HCl pH 8 (50 мл 1М Tris-HCl) добавить дистиллированную воду до конечного объема 500 мл.

ТЕ-буфер: 10 мМ Tris-HCl, pH 8,0; 1 мМ ЭДТА. Хранить при 2–8 °С.

1. Примерно 2 см² листьев положить в 1,5 мл пробирку.
2. Добавить 400 мкл СТАВ 2%-буфера и быстро, в течение 30 с, измельчить с помощью палочки-измельчителя (рис.2).

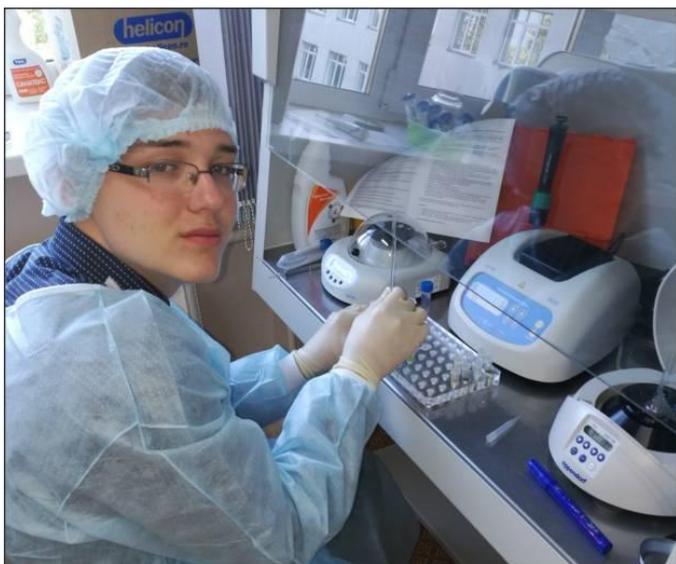


Рис. 2. Гомогенизация вольфии (*Wolffia*)

3. Добавить 10 мкл РНКазы и 5 сек. встряхнуть на встряхивателе.

4. Инкубировать 60–80 мин при 65 °С на водяной бане или сухом нагревателе, периодически аккуратно взбалтывать.

5. Добавить 400 мкл очистительного раствора хлороформ-изоамиловый спирт (очистительный раствор: 92% хлороформа и 8% изоамилового спирта).

6. Центрифугировать 1 мин при максимальной скорости (13000 об./мин).

7. Осторожно пипеткой отобрать верхнюю фазу (постараться не захватить промежуточную пленку) и перенести в новую пробирку.

8. Повторить пункты 5–7.
 9. Добавить 350 мл холодного изопропанола и тщательно перемешать растворы, не допуская энергичного встряхивания.
 10. Центрифугировать 10 мин при максимальной скорости (13000 об./мин).
 11. Изопропанол аккуратно слить и осажденную ДНК прополоскать в 70% этаноле.
 12. Центрифугировать 5 мин при максимальной скорости (13000 об./мин).
 13. Спирт слить и ДНК оставить в открытой пробирке для сушки (часто достаточно около 1 часа).
 14. Высохшую ДНК растворить в дистиллированной воде или для долгого хранения ДНК лучше растворить в ТЕ-буфере.
- Полученная ДНК заложена на хранение в ТЕ-буфере при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Следующий этап работы предполагает секвенирование полученного материала и геномный анализ для уточнения таксономической принадлежности обнаруженного растения и выявления предположительного места его происхождения.

Литература

1. Вольфия // Вешин – Газли // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / Гл. ред. А. М. Прохоров. 1969–1978. Т. 5. М.: Советская энциклопедия, 1971.
2. Григорьевская А. Я., Лепёшкина Л. А., Владимиров Д. Р., Сергеев Д. Ю. К созданию Чёрной книги Воронежской области // Российский Журнал Биологических Инвазий. 2013. № 1. С. 8–26. [Электронный ресурс] <https://elibrary.ru/item.asp?id=21091283.pdf>
3. Берест А. В. Тамбовская лесостепь: почва, растительность, ландшафт. Материалы к исследованию Природы. Монография. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2011. 384 с. [Электронный ресурс] <https://elibrary.ru/item.asp?id=25328477.pdf>
4. Сагалаев В. А., Скворцов А. К., Балюк Т. В., Кантемирова Е. Н., Матвеев Д. Е., Анфимова М. В. К флоре Приоперья и Нижнехоперского природного парка // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2004. № 4. С. 77–85. [Электронный ресурс] <https://elibrary.ru/item.asp?id=9284595.Pdf>
5. Щербаков А. В., Майоров С. Р. Водные адвентивные растения Московского региона // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2013. № В-2. С. 57–61 [Электронный ресурс] <https://elibrary.ru/item.asp?id=19132691.pdf>
6. Пашкович В. Д., Юдин Б. С. Водные растения и жизнь животных. М.: Наука. 1978. 128 с.
7. Леонова Г. Г. Семейство Рясковые // Тахтаджян А. Л., Федоров А. А. Жизнь растений: в 6-ти томах. Т. 6. Цветковые растения. / Под ред. А. Л. Тахтаджяна. М.: Просвещение, 1982. С. 493–500.
8. Doyle J. J., Doyle J. L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue // Phytochemical Bulletin. 1987. V. 19. P. 11–15.
9. Doyle J., Doyle J. Isolation of plant DNA from fresh tissue // Focus. 1990. V. 12. P. 13–15.

ТЕТРАЗОЛЬНО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД: СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ИЛИ ПРЯМОЙ СЧЕТ ПОД МИКРОСКОПОМ?

Е. В. Веселова¹, А. И. Фокина¹, С. Ю. Огородникова²

¹ *Вятский государственный университет, veselova.katya01@mail.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, svetao_05@mail.ru*

Для проведения экологического мониторинга развивается направление использования реакции образования формазана (ТФФ) красного цвета в результате действия клеточных дегидрогеназ на 2,3,5-трифенилтетразолия хлорид (ТТХ). Аналитический эффект зависит от токсического действия окружающей среды на микроорганизмы [1]. Токсичность определяется по количественным характеристикам ТФФ, образовавшегося в клетках тест-организма. Количественно описать образование ТФФ можно по результатам прямого счета под микроскопом (считается доля клеток микроорганизмов, в которых образовались кристаллы ТФФ) и фотометрирования экстракта ТФФ из микроорганизмов [2]. Применение живых организмов в ходе определения токсичности, а также аналитического сигнала, который может зависеть не от токсичности, а от различных химических факторов, вызывает необходимость детального исследования влияния условий на сигнал. Важно, чтобы процесс определения токсичности был экспрессным, экономически целесообразным, тест-функция чувствительной и адекватной, на результат не влияло субъективное мнение исследователя.

Метод прямого счета под микроскопом себя зарекомендовал давно, однако логично предположить, что спектрофотометрическое окончание определения токсичности позволяет получить более объективный результат, так как в ходе анализа учитывается отклик 100% всей исследуемой группы микроорганизмов (для прямого счета исследователь произвольно отбирает часть микроорганизмов), а также исключается визуальная (субъективная) оценка наличия формазана. Кроме того, метод спектрофотометрии является чувствительным. Неоспоримым преимуществом метода прямого счета является простота и экономичность, следовательно доступность для реализации методики даже в школьной лаборатории. Однако он продолжительнее, чем с применением спектрофотометрии и носит элементы субъективности. Для решения вопроса о выборе того или иного способа реализации тетразольно-топографического метода следует цель – установить влияние различных факторов на получение аналитического сигнала тем и другим способом, соотношение результатов, получаемых двумя способами, между собой.

Объектом исследования была тетразольно-топографическая методика определения токсичности растворов с помощью почвенных цианобактерий (ЦБ) *Nostoc paludosum* 18. Предметом исследования – влияние различных факторов (рН, присутствие ионов меди(II) и флорасулама) на результат тес-

тирования и соотношение результатов, полученных прямым счетом и методом спектрофотометрии, между собой.

В ходе исследования использовали культуру ЦБ *Nostoc paludosum* с титром 10^7 кл. /см³:

1) доказывали образование ТФФ из ТТХ в клетках ЦБ. Для этого суспензию ЦБ заливали 0,1% раствором ТТХ, оставляли на 3 часа. Затем суспензию центрифугировали, ТФФ экстрагировали из ЦБ ледяной уксусной кислотой и ацетоном. С экстракта снимали спектрограмму;

2) изучали влияние рН на аналитический сигнал. Для этого культуру почвенной ЦБ вносили в растворы:

– сульфата меди(II) с концентрацией Cu^{2+} равной 1 мг/дм³ (ПДК в питьевой воде) и рН равными 2–9;

– флорасулама с концентрацией 0,01 мг/дм³ (ПДК в воде) и рН равными 2–9;

– смеси соли меди и флорасулама с такими же концентрациями и рН как в монорастворах;

– растворы с рН от 2 до 9 без токсикантов.

Экспозиция составила 20 часов. Затем культуру отделяли от раствора центрифугированием и заливали на 3 часа 0,1%-ным раствором ТТХ. Далее методом прямого счета под микроскопом, а также параллельно методом спектрофотометрии определяли долю клеток с кристаллами ТФФ и содержание ТФФ соответственно в клетках ЦБ;

3) получали формазан по методике «Рекомендации по внедрению метода определения дегидрогеназной активности ила». ТТХ восстанавливали до ТФФ глюкозой [3]. Доказывали методом спектрофотометрии, что образовавшееся вещество ТФФ. Далее исследовали влияние Cu^{2+} (0,1 мг/дм³; 1 мг/дм³; 10 мг/дм³) и флорасулама (0,001 мг/дм³; 0,01 мг/дм³; 0,1 мг/дм³) на концентрацию ТФФ в растворе;

4) исследовали влияние экстрагента (ацетон, этилацетат) на результат определения формазана методом спектрофотометрии. Культуру почвенной ЦБ вносили в растворы токсикантов, экспозиция составила 20 часов. Затем культуру отделяли от раствора центрифугированием, суспензию ЦБ заливали 0,1% раствором ТТХ, оставляли на 3 часа. Затем суспензию центрифугировали, ТФФ экстрагировали из ЦБ ледяной уксусной кислотой и ацетоном/этилацетатом. Измеряли оптическую плотность растворов при $\lambda = 490$ нм.

Доказательство образования ТФФ из ТТХ в цианобактериях

С помощью метода спектрофотометрии доказано образование ТФФ в клетках ЦБ. При 490 нм на спектрограмме наблюдается пик, характерный для определяемого вещества.

Влияние рН на результат определения токсичности растворов

Результаты подсчета клеток с ТФФ под микроскопом позволили сделать вывод о том, что оптимальным значением рН для определения токсичности с помощью ЦБ тетразольно-топографическим методом является 4–9

(табл. 1). При рН, равном 2 и 3, клетки ЦБ погибали во всех вариантах, кроме рН = 3 + флорасулам.

Расчет коэффициента корреляции (R_1) между результатами спектрофотометрии и прямого счета, полученных при разных рН, но при определенном составе растворов показало, что без добавления токсикантов R_1 составил 0,94 (очень высокая положительная взаимосвязь). Добавление в раствор соли меди(II) снижает значение коэффициента корреляции до 0,73 (высокая положительная взаимосвязь), а флорасулама повышает до 0,97 (очень высокая положительная взаимосвязь). Совместное присутствие веществ вызывает процессы, приводящие к несопоставимости результатов, получаемых разными способами (табл. 1). Причиной могут быть особенности влияния веществ на ЦБ при различной кислотности среды.

Прослеживание значений R между результатами спектрофотометрии и прямого счета при одинаковом рН, но различном составе растворов (R_2) показывает, что коэффициент корреляции зависит от рН раствора: увеличивается от 0,43 до 0,84 при рН = 2 и рН = 6 соответственно. Очень высокая положительная взаимосвязь между результатами спектрофотометрии и прямого счета наблюдается в интервале рН 6–8, при рН = 9 величина R_2 начинает снижаться.

Все вышесказанное указывает на то, что поддержание кислотности во время проведения биотестирования – важнейшее условие получения адекватного отклика тест-объекта. В интервале рН от 6 до 9 можно использовать и метод прямого счета и спектрофотометрии. При этом результаты, полученные двумя способами будут дублировать друг друга.

Таблица 1

Влияние кислотности на результат определения токсичности растворов и соотношение результатов, получаемых двумя способами (n = 3, P = 0,95)

рН	Вариант								R_1
	рН		рН + Cu		рН + флорасулам		рН + Cu + флорасулам		
	1	2	1	2	1	2	1	2	
2	84	100	84	100	58	98	51	100	0,43
3	47	95	60	99	58	92	69	97	0,35
4	-29	2	62	47	-4	58	21	74	0,53
5	-6	-1	45	40	8	56	43	78	0,67
6	0	0	47	70	-24	24	50	67	0,84
7	-31	1	49	49	13	60	51	77	0,86
8	-25	3	14	37	0	54	61	74	0,88
9	-17	-2	40	40	16	67	54	76	0,80
R_2	0,94		0,73		0,97		0,39		

Примечание. Столбцы темные – отклонение результата, полученного методом спектрофотометрии от контроля, %, столбцы без заливки – отклонение от контроля результата, полученного методом прямого счета, %. R – коэфф. корреляции между значениями, полученными методом спектрофотометрии и прямым счетом: R_1 – варианты с одним рН, R_2 – с разным рН, но одинаковым составом веществ.

Исследование влияния концентрации Cu^{2+} и флорасулама на концентрацию формазана в растворе

Установлено, что сульфат меди(II) и флорасулам не влияют достоверно на концентрацию формазана в пределах изученных концентраций (табл. 2). Данный факт говорит о том, что даже, если в среде образования формазана будут находиться ионы меди(II) и флорасулам, то они не повлияют на аналитический эффект.

Таблица 2

Влияние концентрации Cu^{2+} и флорасулама на концентрацию формазана в растворе ($n = 3, P = 0,95$)

Вариант	[ТФФ], мг/дм ³
Контроль	6,75±0,06
0,1ПДК Cu^{2+} (0,1 мг/ дм ³)	6,757±0,014
1ПДК Cu^{2+} (1 мг/ дм ³)	6,57±0,16
10ПДК Cu^{2+} (10 мг/ дм ³)	6,87±0,14
0,1ПДК Флорасулам (0,001 мг/ дм ³)	6,74±0,07
1ПДК Флорасулам (0,01 мг/ дм ³)	6,49±0,07
10ПДК Флорасулам (0,1 мг/ дм ³)	6,54±0,09

Влияние типа экстрагента формазана на результат анализа

Для аналитических целей интересен вопрос взаимозаменяемости реагентов. Было исследована возможность замены ацетона на этилацетат. Как и с ацетоном, R между значениями оптической плотности раствора формазана в этилацетате и концентрациями ТФФ в растворе данного растворителя стремится к единице ($R = 0,99$; уравнение, описывающее зависимость – « $y = 0,061x + 0,0153$ »). В случае с этилацетатом оптическая плотность растворов с той же самой концентрацией, что и в ацетоне больше на 0,03 единицы (почти в 1,5 раза). Использование ацетона позволяет определять концентрации ТФФ в большем интервале значений, чем использование этилацетата. Малые концентрации (менее 1 мг/дм³) ТФФ в этилацетате методом спектрофотометрии могут быть не обнаружены.

При исследовании влияния токсикантов на ЦБ с последующим использованием различных экстрагентов, получены данные, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Влияние экстрагента ТФФ на результат анализа ($n = 3, P = 0,95$)

Вариант	С(ТФФ) в разных экстрагентах, мг/дм ³	
	Ацетон	Этилацетат
Контроль	3,8±2,0	3,3±0,9
Флорасулам (0,01 мг/дм ³)	4,22±0,21	3,06±0,05
Cu^{2+} (1 мг/дм ³)	1,09±0,20	1,16±0,20

Выводы. 1. С помощью метода спектрофотометрии доказано, что в клетках ЦБ из ТТХ образуется ТФФ.

2. Оптимальные значения рН для определения токсичности растворов тетразольно-топографическим методом находятся в интервале от 4 до 9. Однако, сопоставимые результаты, полученные методом спектрофотометрии и прямого счета получаются при рН от 6 до 9.

3. Установлено, что сульфат меди(II) и флорасулам достоверно не влияют на концентрацию формазана в растворе.

4. В качестве экстрагента ТФФ лучше использовать ацетон, так как использование ацетона позволяет определять формазан в более широком диапазоне значений концентраций. Данные сопоставимы, кроме варианта с добавлением флорасулама, что требует дальнейшего исследования.

5. Таким образом выбор между методами спектрофотометрии и микроскопии зависит от возможностей исследователя. Данные, получаемые обоими методами сопоставимы между собой при соблюдении рН исследуемой среды в области от 6 до 9.

Литература

1. Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 2. С. 23–28.

2. Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар, 2011. С. 110–120.

3. Инструкция по лабораторному контролю очистных сооружений на животноводческих комплексах. Часть III. Приложение I. М., 1984.

ВЕДЕНИЕ КУЛЬТУР ВОДОРОСЛЕЙ КАК ТЕСТ-ОБЪЕКТА В УСЛОВИЯХ СТУДЕНЧЕСКОЙ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

С. О. Зайцева, С. Н. Альтаи

*Белорусский государственный университет,
sam.al.2012@mail.ru, sabina98zo@mail.ru*

Для установления токсичности среды активно используется такой метод как биотестирование. Одним из часто используемых тест-объектов являются водоросли [1], при этом обычно используют зеленые водоросли, которые относятся к родам хлорелла и сценедесмус. В лабораторных исследованиях чаще всего применяют виды *Scenedesmus quadricauda* и *Chlorella vulgaris*. Эти водоросли широко распространены в природе, поэтому они достаточно доступны в качестве биологических объектов, в том числе для биотестирования. В лабораторных условиях эти организмы хорошо размножаются, однако, чувствительны к изменениям внешних условий и различным концентрациям питательных сред.

У водорослей, используемых в качестве тест-объекта, существуют основные и вспомогательные тест-параметры. К основным относятся: рН среды, соотношение живых и мертвых клеток, концентрация кислорода, общая численность клеток. К вспомогательным тест-параметрам относятся: содержание пигментов, биомасса, интенсивность фотосинтеза [2].

Водоросли, которые используются в биотестировании, нужно постоянно «поддерживать», т. е. для этого нужно заниматься их культивированием. Для успешного культивирования данных тест-объектов в условиях лаборатории необходимо выявить оптимальные питательные среды, на которых культуры водорослей будут себя хорошо чувствовать.

Целью данной работы было выявление оптимальных питательных сред для культивирования водорослей в условиях студенческой научной лаборатории и оценка их применимости в качестве тест-объекта на основании чувствительности к модельному токсиканту.

Исследования роста культур водорослей проводились на биологическом факультете Белорусского государственного университета в период с 28.02.2018 г. по 20.04.2018 г. Изучалось влияние на жизнедеятельность водорослей разных питательных сред в нескольких вариантах разведения. В качестве тест-объектов использовались лабораторные культуры *S. quadricauda* и *Ch. vulgaris*. В качестве питательных сред использовали среды Успенского и Тамия в различных концентрациях и проводили оценку роста водорослевых тест-объектов. Для поддержания светового режима использовался люмино-стат с чередованием циклов света и темноты 12 ч/12 ч. Подсчёт клеток проводили на каждые 4-е сутки с использованием электронного микроскопа *Zeiss AxioStar*. За период исследования было поставлено 2 серии опытов.

В первой серии опытов применяли питательные среды Успенского и Тамия в концентрациях 1 и 1/10 (исходные растворы и разбавленные стерильной дистиллированной водой в 10 раз). Подсчет клеток осуществлялся прямым счетным методом в камере Фукса-Розенталя на 1, 5, 9 и 13 сутки от начала опыта.

По результатам исследования, представленного на рисунке 1, можно наблюдать динамику роста и размножения тест-объекта *S. quadricauda* при разном составе и концентрации питательной среды. Исходная плотность культуры была одинакова во всех вариантах и составляла около 10 клеток в поле зрения (1/16 часть камеры Фукса-Розенталя). Из графика видно, что наиболее благоприятной средой для роста и развития данного тест-объекта оказалась среда Успенского. Среда Тамия (как исходный раствор солей, так и разбавленный в 10 раз) в данном случае более подходит для поддержания жизнедеятельности культуры на невысоком уровне ее плотности. На среде Успенского наблюдалось равномерное и более активное размножение водоросли, при этом оптимальной для быстрого роста культуры оказалась разбавленная в 10 раз среда.

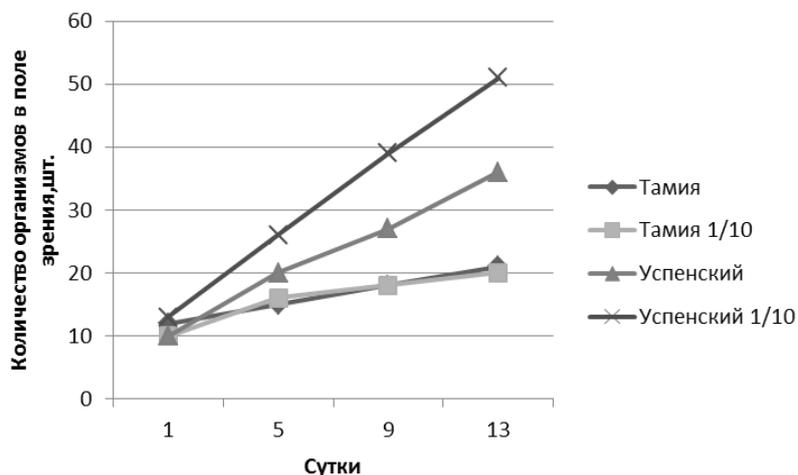


Рис. 1. Динамика роста культуры водоросли *Scenedesmus quadricauda* (опыт 1)

Другой тест-объект в этом эксперименте вел себя немного иначе. Водоросль *Ch. vulgaris* хорошо себя чувствовала практически во всех вариантах. Лишь на среде Успенского наблюдалось несколько менее активное развитие культуры. На среде Тамия наблюдали более-менее одинаковое поведение тест-объекта, невзирая на разбавление (рис. 2). Результаты эксперимента показывают, что культуры *Ch. vulgaris* и *S. quadricauda* имеют видовые различия по отношению к одинаковым питательным средам, что может быть связано с особенностями их биологии и адаптацией к различным природным условиям обитания.

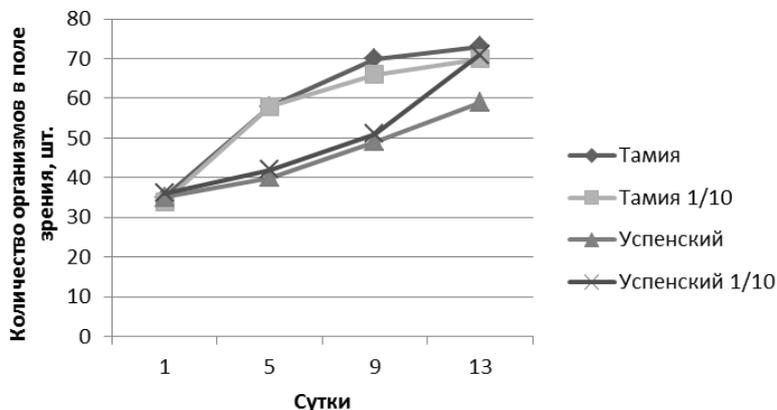


Рис. 2. Динамика роста культуры водоросли *Chlorella vulgaris* (опыт 1)

Вторая серия опыта была поставлена на тех же культурах. Питательные среды также остались такими же, но была взята новая промежуточная концентрация – трехкратное разбавление среды стерильной дистиллированной водой. Подсчет клеток также осуществлялся прямым счетным методом в камере Фукса-Розенталя на 1, 4, 8, 12, 16, 20 и 24 сутки. Таким образом, во второй серии опытов были взяты три концентрации питательных сред для каждой культуры.

Из графиков (рис. 3 и 4) можно проследить динамику роста данных тест-объектов. Видно, что для водоросли *Ch. vulgaris* наилучшей средой для развития является среда Успенского, так же, как наблюдалось и в первой се-

рии опытов. Несколько более рост наблюдали в варианте без разбавлений среды. В этот раз развитие культуры шло активнее, что может быть связано с изменением внешних условий (более высокой температурой помещения).

Проанализировав динамику роста водоросли *S. quadricauda* и сравнив результаты с первым экспериментом, было выявлено удивительное поведение тест-объекта. Данные показали, что наиболее благоприятной средой для роста культуры в условиях более высокой температуры стала среда Успенского. При культивировании на среде Тамия водоросли практически не размножались. Особенно это было заметно в неразбавленном варианте, где со временем раствор становился более бледным, почти прозрачным, если сравнивать с первоначальным состоянием. Это говорит о том, что произошли нарушения в пигментном составе, и процесс фотосинтеза протекал слабо, а многие растительные клетки погибали.

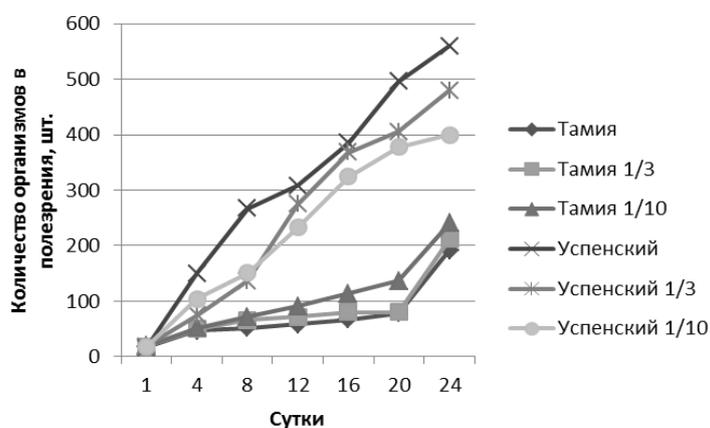


Рис. 3. Динамика роста культуры водоросли *Chlorella vulgaris* (опыт 2)

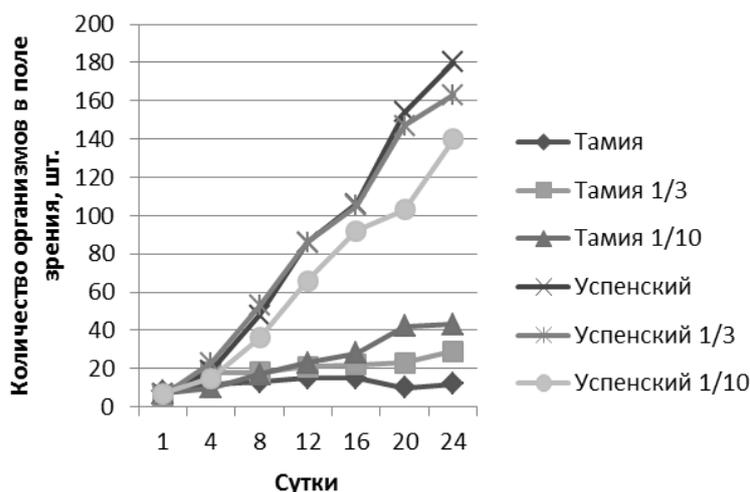


Рис. 4. Динамика роста культуры водоросли *Scenedesmus quadricauda* (опыт 2)

Таким образом, для ведения тест-культур водорослей в условиях студенческой учебной лаборатории биологического факультета БГУ более благоприятной оказалась среда Успенского. Среда Тамия в исходном неразбавленном виде менее благоприятна для роста водорослей и в отдельных случаях может даже ингибировать их развитие.

Одним из важных аспектов ведения культур тест-объектов является их проверка на чувствительность к модельному токсиканту. Поэтому нами был также поставлен такой опыт для культуры *S. quadricauda*.

Проверяли действие токсиканта в разных концентрациях на рост *S. quadricauda*, в качестве токсиканта использовали бихромат калия ($K_2Cr_2O_7$) в разных разведениях: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 мг/л. Кроме того рост культуры отслеживали в двух контрольных колбах без токсиканта (отрицательный контроль). Для поддержания светового режима использовался люминистат с чередованием циклов света и темноты 12 ч/12 ч. Подсчет клеток осуществлялся прямым счетным методом в камере Фукса-Розенталя. Учет производили на 1 (острое токсическое действие) сутки.

Данные об изменении клеток тест-объекта *S. quadricauda* при разных вариантах концентрации токсиканта приведены в таблице. В опыте фиксировали уменьшение количества тест-объекта с увеличением концентрации бихромата калия по сравнению с колбами без токсиканта. Исходная плотность культуры составляла около 50 организмов в поле зрения, (в колбах с контролем и с небольшой концентрацией токсиканта учет вели в 2/16 части камеры Фукса-Розенталя).

Таблица

Количество живых организмов культуры водорослей *Scenedesmus quadricauda* в зависимости от концентрации бихромата калия

Концентрация токсиканта, мг/л	Количество живых организмов в поле зрения	Доля от исходного количества, %
0	52	100
0,1	40	72
0,2	37	67
0,5	32	58
1	30	54
1,5	26	47
2	23	42
2,5	21	38

Как видно из таблицы, количество живых организмов культуры закономерно снижается с увеличением концентрации токсиканта. Также по данным таблицы был построен график и найдена медианная летальная доза (LC_{50}), которая попадает в диапазон разведений 1,0–1,5 и демонстрирует, что данная культура водорослей может быть использована как тест-объект.

Литература

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / Под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. М.: Академия, 2007. 288 с.
2. Филенко О. Ф. Нормирование загрязнения и биотестирование вод: что дальше? // Современное проблемы водной токсикологии: Тез. докл. Всерос. конф. с участием специалистов из стран ближнего зарубежья (Борок, 11–16 ноября 2008 г.). Борок, 2008. Ч. 1. С. 148–156.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА ИЗ БОРЩЕВИКА (*HERACLEUM SPHONDYLIIUM*) И НАВОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

З. П. Макаренко¹, М. А. Фалевская², О. А. Точилина¹, Н. В. Сырцев¹

¹ КОГОАУ «Лицей естественных наук», наука-kien@mail.ru

² ООО «СельхозБиоГаз»

Метановое «брожение», или биометаногенез – давно известный процесс превращения биомассы в энергию. Этот процесс был открыт в 1776 г. Вольтой, который установил наличие метана в болотном газе. Он заметил, что биогаз при горении причиняет гораздо меньше неудобств людям, по сравнению со сгоранием дров, навоза жвачных животных или кухонных отходов [1–6].

Русский учёный В. Л. Омелянский в своих работах начала XX в. писал, что процесс образования метана (CH₄) на поверхности Земли (болота, лиманы, сточные воды, реки, озёра и т. д.) биологический и осуществляют его микроорганизмы, находящиеся в анаэробных условиях. В дальнейшем было подтверждено, что процессы деструкции органических веществ до CH₄ широко распространены в осадочных отложениях и что промышленные месторождения природного газа – продукт биологических процессов. Возможность промышленной биоконверсии биомассы в CH₄ близка к современной добыче природного газа. В качестве сырья – органические отходы сельскохозяйственного производства, различных отраслей промышленности, городов и поселков [1–6].

Биогазовые технологии – радикальный способ обезвреживания и переработки разнообразных органических отходов растительного и животного происхождения, включая экскременты животных и человека, с одновременным получением высококалорийного газообразного топлива – биогаза и высокоэффективных экологически чистых органических удобрений [1–7].

Проведенный лабораторный эксперимент (табл.) с использованием навоза крупного рогатого скота и борщевика показал, что для проведения эффективного анаэробного сбраживания борщевика (*Heracleum sphondylium*) и навоза крупного рогатого скота (КРС) необходимо соблюдать следующий режим: температура процесса 60 °С; объем смеси 2/3 объема реактора (по рекомендации фирмы); объем борщевика и навоза должен составлять 1/2 объема загружаемой смеси в реактор (увеличение объема навоза в смеси оказывает небольшое влияние на интенсивность процесса); от качества борщевика (сухой, зеленый, замороженный) процесс сбраживания не зависит, если брать их количество по массе, а не по объему; обязательное перемешивание (образующаяся корка мешает процессу брожения); для «затравки» процесса брожения в жидкую фазу помимо воды (1/4 смеси) добавляется 1/4 объема смеси жидкого удобрения; процесс брожения идет и при добавлении одного борщевика при условии наличия «затравки» – жидкого удобрения.

Матрица проведения планового эксперимента по анаэробному брожению борщевика с навозом крупного рогатого скота с исходными и полученными данными

№	X ₁	X ₂	X ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Y ^э	Y ^р
1	66 см ³ борщевика + 33,3 см ³ навоза	Сухой борщевик	50 °С	+1	+1	+1	150	175
2	50 см ³ борщевика + 50 см ³ навоза	Сухой борщевик	55 °С	-2	+1	-2	275	375
3	33,3 см ³ борщевика + 66,6 см ³ навоза	Сухой борщевик	60 °С	+1	+1	+1	325	350
4	66 см ³ борщевика + 33,3 см ³ навоза	Зеленый борщевик	55 °С	+1	-2	-2	325	300
5	50 см ³ борщевика + 50 см ³ навоза	Зеленый борщевик	60 °С	-2	-2	+1	350	400
6	33,3 см ³ борщевика + 66,6 см ³ навоза	Зеленый борщевик	50 °С	+1	-2	+1	175	225
7	66 мл борщевика + 33,3 см ³ навоза	Замороженный борщевик	60 °С	+1	+1	+1	200	125
8	50 см ³ борщевика + 50 см ³ навоза	Замороженный борщевик	50 °С	-2	+1	+1	125	125
9	33,3 см ³ борщевика + 66,6 см ³ навоза	Замороженный борщевик	55 °С	+1	+1	-2	225	225

При использовании удобрений, полученных на биогазовых установках, урожайность может быть повышена на 30–50%. Обычный навоз или другие отходы нельзя эффективно использовать в качестве удобрения 3–5 лет. При использовании же биогазовой установки биоотходы перебраживают и перебродившая масса может использоваться как высокоэффективное биоудобрение. Таким образом, получают готовые экологически чистые жидкие биоудобрения, лишенные нитритов, семян сорняков, патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, специфических запахов. При использовании таких сбалансированных биоудобрений урожайность значительно повышается.

Исследования по использованию жидкого удобрения, полученного на полупроизводственной установке при брожении борщевика и навоза КРС, для выращивания трав, цветов и овощных культур доказали его высокую эффективность: повышается всхожесть семян и их рост, урожайность овощей увеличивается в 1,5–2 раза; количество соцветий на цветах (для исследований были взяты фиалки и хризантемы) увеличивается.

Химический анализ жидкого удобрения, вторичного продукта при получении биогаза из борщевика и навоза КРС, показал, что жидкое удобрение содержит в большом количестве органические вещества (до 70%), аммоний, кальций и магний, имеет щелочную реакцию, т. е. данное удобрение более качественное, чем жидкое удобрение, полученное из одного навоза.

В результате микробиологического анализа жидкого удобрения, полученного из навоза КРС и борщевика, были обнаружены аммонифицирующие

бактерии, актиномицеты и сульфатредуцирующие бактерии. Патогенные и болезнетворные микроорганизмы (стафилококки, энтеробактерии) не обнаружены.

Биогазовая полупроизводственная установка перерабатывает до 150 кг отходов крупного рогатого скота и борщевика, и производит в неделю до 10–12 м³ биогаза и до 200 л жидких удобрений. Состав биогаза такой же, как и в случае получения биогаза из одного навоза КРС.

Литература

1. Метановое брожение (биометаногенез). <http://biofile.ru/bio/16235.html>
2. Федоренко В. Ф., Колчинский Ю. Л., Шилова Е. П. Состояние и перспективы производства биотоплива: Науч. ан. обзор. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 132 с.
3. Лычев Е. Удобрение и альтернативные источники энергии из органических отходов // Техника и оборуд. для села. 2005. № 3. С. 31–33.
4. Злостный враг полей борщевик способен накормить и обогреть человечество. <https://www.kirov.kp.ru/daily/26723.7/3748614/>
5. Бродский В. З. Введение в факторное планирование эксперимента. М.: Наука, 1976. 149 с.
6. Рабинович Г. Ю., Мартянова И. А. Микробиологическое исследование Процесса получения нового биоудобрения // Инновационная наука. № 6. 2016. С. 46–49.

СЕКЦИЯ 3 ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ *PARRYA NUDICAULIS* (BRASSICACEAE) НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

К. А. Коваленко¹, О. Е. Валуйских²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Путьримы Сорокина,
kirakovalenko826@gmail.com

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, valuyskikh@ib.komisc.ru

Parrya nudicaulis (L.) Boiss или паррия голостебельная – многолетнее травянистое поликарпическое корнеотпрысковое растение с розеткой линейно-продолговатых опушенных листьев, безлистным цветоносом и кистью с цветками от белых до пурпурно-фиолетовых. Размножается вегетативно, реже семенами. Опыление осуществляется насекомыми из отряда Двукрылые или самоопылением [1]. В Красной книге Республики Коми данный вид приведен под названием *Achoriphragma nudicaule* (L.) Soják (*Parrya nudicaulis* (L.) Regel) [2], однако в данной работе мы используем современное международное валидное название вида – *Parrya nudicaulis* (L.) Boiss [3].

Ареал *P. nudicaulis* – новоземельско-уральско-азиатско-западно-американский, охватывает европейский северо-восток России, Западную и Восточную Сибирь, Чукотку, Северную Америку [4–6]. В Уральском регионе *P. nudicaulis* спорадически встречается на Полярном (бассейны рек Большая Хойла-ю, Воркута) и Приполярном Урале (г. Народная, Манарага, Еркусей, оз. Бол. Балбан-ты, рр. Балбанью, Кожим). Местонахождения данного вида на Северном Урале единичны (хр. Тельпос-из, хр. Чистоп, горы Денежкин и Серебрянский Камни) и имеют реликтовую природу [7–9].

P. nudicaulis – вид холодных сухих экотопов (криофит), имеющий узкую экологическую амплитуду. В пределах ареала этот арктический вид приурочен к слабо задернованным мезотрофным субстратам с умеренным увлажнением [5]. На Урале типичными местообитаниями для *P. nudicaulis* являются травяно-моховые, моховые, мохово-лишайниковые горные тундры, скалы. Популяции данного вида на Урале малочисленны и занимают ограниченную площадь [7]. На территории России *P. nudicaulis* занесен в Красные книги Ненецкого автономного округа (статус 3), Свердловской области (статус 3), Республики Коми (статус 3), Иркутской области (статус 3R). Включен в приложение Красной книги Ямало-Ненецкого автономного округа как вид, нуждающийся в постоянном контроле численности в природе.

Цель данной работы заключалась в изучении структуры ценопопуляции (численность, площадь, плотность особей, онтогенетическая структура) и изменчивости морфометрических признаков *P. nudicaulis* на Северном Урале (Республика Коми).

Натурные исследования проведены в 2017 г. на хребте Тельпос-из, Северный Урал (Республика Коми). В сообществе с участием *P. nudicaulis* закладывали трансекты, которые разбивали на учетные площадки размером 0,25 м², с регистрацией особей разного онтогенетического состояния. На трансекте отмечали ювенильные (j), имматурные (im), виргинильные (v) и генеративные (g) растения, при этом основное внимание уделено ключевым признакам наземной сферы. Проростки и синильные особи не отмечали. Счетной единицей являлась особь семенного происхождения, при партикуляции – побег. Для ценопопуляции определяли площадь (м²), численность особей (шт.), среднюю и экологическую плотность растений (экз./м²), индекс восстановления, выражающийся отношением числа молодых особей к взрослой части популяции [10, 11]. Типизацию онтогенетических спектров проводили согласно классификации «дельта – омега» [12] с определением индекса возрастности (Δ) и эффективности (ω). Был собран онтогенетический гербарий *P. nudicaulis*. Для 30 генеративных побегов измеряли высоту цветоноса, число листьев в прикорневой розетке, число цветков в соцветии, длину соцветия и определяли окраску лепестков цветка.

Исследована одна ценопопуляция *P. nudicaulis*, которая располагалась в гольцовом поясе (1095–1156 м над ур. м.) в окр. г. Тельпос-из в верхней части склона СЗ экспозиции в разнотравно-мохово-лишайниковой тундре среди каменных россыпей. Совместно с парией в этом сообществе отмечены редкие для региона виды растений: *Acomastylis glacialis* (Adams) A. Khokhr., *Anemonastrum biarmiense* (Juz.) Holub, *Papaver lapponicum* ssp. *jugoricum* (Tolm.) Tolm., *Polemonium boreale* Adam, *Rhodiola rosea* L. и *Oxyria digyna* (L.) Hill. Обнаруженное место произрастания *P. nudicaulis* в окр. г. Тельпос-из – самое южное местонахождение вида на Западном макросклоне Урала [13, материалы гербария Института биологии Коми НЦ УрО РАН].

Ценопопуляция *P. nudicaulis* численностью не более 300 особей занимала площадь 300–350 м². Распределение растений по площади неравномерное. Средняя плотность особей составляла 25,6 экз./м², экологическая – 48,4 экз./м². Исследованная ценопопуляция *P. nudicaulis* нормальная полночленная, с присутствием растений всех онтогенетических групп (рис.). В онтогенетической структуре преобладали виргинильные особи (67,9%). Ювенильные растения семенного происхождения не превышали 1%, что объясняется сложной репродуктивной биологией парии и невысокой семенной продуктивностью этого вида в горных районах [1]. По классификации «дельта-омега» ценопопуляция относится к молодой: индекс возрастности (Δ) составлял – 0,18; индекс эффективности (ω) – 0,51. Зафиксировано успешное семенное и вегетативное возобновление. Индекс восстановления равнялся 3,95.

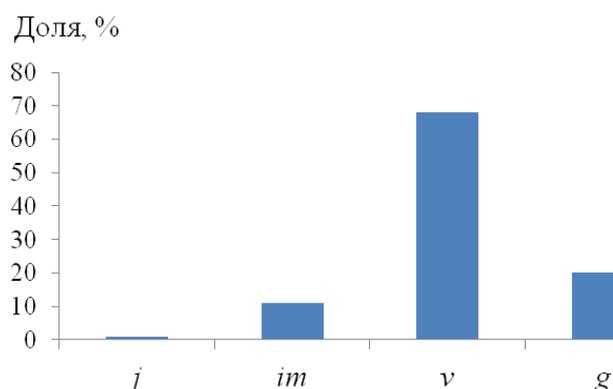


Рис. Онтогенетический спектр ценопопуляции *Parrya nudicaulis*. По оси абсцисс указаны онтогенетические состояния (*j*, *im*, *v*, *g*); по оси ординат – доля особей (%)

Высота побегов *P. nudicaulis* в ценопопуляции варьировала от 2,7 до 11,5 см (в среднем – 6,5 см), длина соцветия изменялась от 1 до 9,3 см (в среднем – 3,0 см). Число листьев в прикорневой розетке варьировало от 5 до 15 шт. Число цветков в соцветии изменялось от 2 до 12 шт. В ценопопуляции у генеративных особей *P. nudicaulis* отмечена различная окраска лепестков цветка: 52% особей имели пурпурно-фиолетовые лепестки разной интенсивности и 48% растений – белые лепестки.

Исследования выполнены в рамках темы «Разнообразие растительного мира западного макросклона Приполярного Урала» (№ АААА-А19-119011790022-1).

Литература

1. Fulkerson J. R., Whittall J. B., Carlson M. L. Reproductive Ecology and Severe Pollen Limitation in the Polychromic Tundra Plant, *Parrya nudicaulis* (Brassicaceae) // PLoS ONE, 2012. № 7 (3): e32790. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032790>
2. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 27 марта 2019 г. № 498 «О перечнях (списках) редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов растительного и животного мира на территории Республики Коми» [Электронный ресурс] URL: <http://mpr.rkomi.ru/content/image-news/74756/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D1%8C.pdf> Дата обращения: 10.11.2019.
3. World Flora online. A Project of the World Flora Online Consortium. 2019. [Электронный ресурс] <http://www.worldfloraonline.org> Дата обращения: 10.11.2019.
4. Дорофеев В. И. Крестоцветные (Cruciferae Juss.) Европейской России // Turczaninowia. 2002. № 5 (3). С. 5–114.
5. Секретарева Н. А. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 131 с.
6. Плантариум. Открытый онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран. 2019 [Электронный ресурс] <https://www.plantarium.ru> Дата обращения: 10.11.2019.
7. Красная книга Свердловской области: животные, растения, грибы. Екатеринбург: ООО «Мир», 2018. 450 с.
8. Красная книга Республики Коми / Под ред. А. И. Таскаева. Сыктывкар, 2009. 791 с.

9. Большаков Б. В. Паррия голостебельная (*Parrya nudicaulis*, Brassicaceae / Cruciferae). 2010 [Электронный ресурс] <http://molbiol.ru/pictures/257178.html> Дата обращения: 10.11.2019.

10. Ценопопуляции растений: основные понятия и структура / Л. И. Воронцова, Л. Е. Гатцук, В. Н. Егорова и др. Под ред. А. А. Уранова, Т. И. Серебряковой. М.: Наука, 1976. 215 с.

11. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: Ланар, 1995. 224 с.

12. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.

13. Тетерюк Л. В., Канев В. А., Валуйских О. Е., Тетерюк Б. Ю. Редкие и охраняемые растения во флоре южной части национального парка «Югыд ва» (Республика Коми) // Бот. журн. 2019. Т. 104 (8). С. 1283–1298.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ И СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКОГО НА УРАЛЕ ВИДА *PHLOJODICARPUS VILLOSUS* (APIACEAE)

А. Д. Чикурова¹, О. Е. Валуйских²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Путьирима Сорокина, cikurovaangelina@gmail.com

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, valuyskikh@ib.komisc.ru

Phlojodicarpus villosus (Turcz. ex Fisch. & С.А. Mey.) Turcz. ex Ledeb. или вздутоплотник мохнатый – многолетнее поликарпическое стержнекорневое травянистое растение с полурозеточными побегами и мощным разветвленным каудексом. Предпочитает незадернованные скалистые и каменисто-щебнистые субстраты (ксеропетрофит). Преимущественно сибирский (североазиатский) гипоаркто-монтанный вид [1]. Широко распространен в арктических районах Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, а также встречается в горах Южной Сибири, Казахстане, Северной Монголии и Китае [2–5].

P. villosus имеет обособленный фрагмент ареала на Урале. Известно около десяти местонахождений этого вида на Северном и Приполярном Урале. Как плейстоценовый реликт *P. villosus* включен в Красные книги Республики Коми (статус 1), Свердловской области (статус 3), Ханты-Мансийского автономного округа (статус 1) и приложение к Красной книге Пермского края [6–9].

Цель работы заключалась в уточнении распространения и многообразия растительных сообществ, в которых встречается *P. villosus* в Уральском регионе, а также изучении онтогенетического развития и структуры ценопопуляций этого вида на Северном Урале (Республика Коми).

Полевые исследования проводили в 2018 г. на хребте Поясовой Камень (Северный Урал, Республика Коми). Изучено две ценопопуляции (ЦП): в окрестностях г. Янывондерсяхал (ЦП1) и г. Печерья-Таляхчахль (ЦП2). В сообществах с участием *P. villosus* закладывали тансекты, которые разбивали на учетные площадки 0,25 м² или 1 м² с регистрацией особой разного онтогене-

тического состояния: ювенильное (*j*), имматурное (*im*), виргинильное (*v*), генеративное (*g*) и сенильное (*s*). Проростки не учитывали. Счетной единицей являлась особь семенного происхождения, при партикуляции – куст. Был собран онтогенетический гербарий *P. villosus*. Для каждой ЦП определяли площадь (m^2), численность особей (шт.), среднюю и экологическую плотность растений (экз./ m^2), индекс восстановления, выражающийся отношением числа молодых особей к взрослой части популяции [10, 11]. Типизацию онтогенетических спектров проводили согласно классификации «дельта – омега» [12] с определением индекса возрастности (Δ) и эффективности (ω). Для уточнения мест произрастания вида и построения картосхемы использовали данные

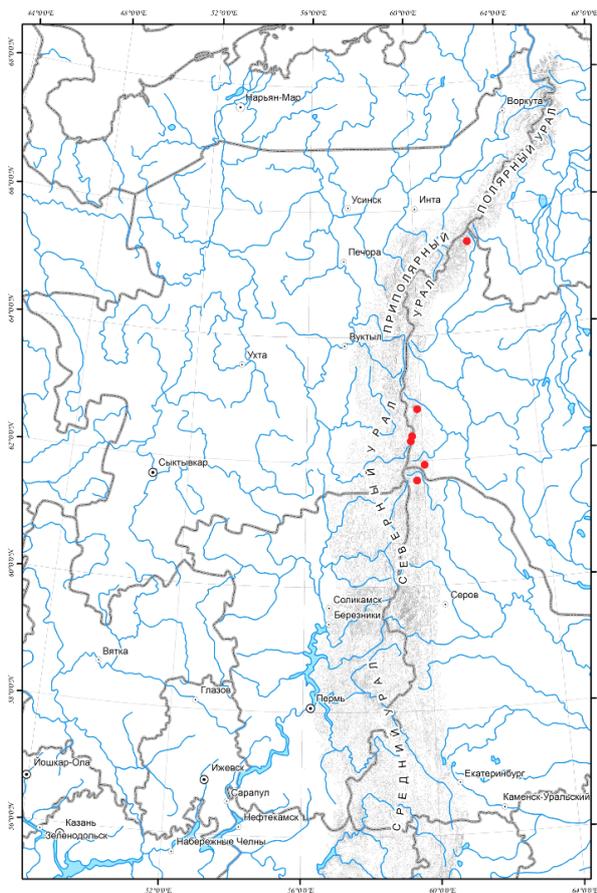


Рис. 1. Распространение *Phlojodicarpus villosus* на Урале. Места произрастания вида приведены с учетом сведений, приведенных в Красных книгах Уральского региона [6–9] и материалов гербария Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO)

чается в составе разнотравных мохово-лишайниковых горных тундр, среди крупнокаменных россыпей, на скальных обнажениях коренных пород [9–11, 13].

литературы [10–12], а также материалы гербария Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Распространение и эколого-фитоценотическая приуроченность. Мы проанализировали распространение *P. villosus* и спектр растительных сообществ, в составе которых данный вид встречается на Урале. Места произрастания *P. villosus* в пределах уральского фрагмента ареала сосредоточены на Северном Урале в верховьях р. Печора (г. Янывондерсяхал, г. Печерья-Тальяхчахль) и р. Северная Сосьва (г. Ялпингнёр), в среднем течение р. Наясманья (хр. Паснёр) и северной части хр. Чистоп и Приполярном Урале в верховьях р. Ляпин (рис. 1). Отметим, что в Республике Коми единственная популяция данного вида была известна с г. Янывондерсяхал на Северном Урале [13]. Исследования О. Е. Валуйских позволили выявить еще одно местонахождение вида на г. Печерья-Тальяхчахль, Северный Урал [14]. Данные местонахождения вида являются единственными в Европе. В пределах уральского фрагмента ареала *P. villosus* встре-

Онтогенез и структура популяций. В онтогенезе *P. villosus* выделено четыре периода и семь возрастных состояний (рис. 2): латентный период (семена), прегенеративный период (ювенильные, имматурные и виргинильные растения), генеративный период (генеративные растения), постгенеративный период (сенильные растения). Проростки в исследованных популяциях обнаружены не были.



Рис. 2. Стадии онтогенетического развития *Phlojodicarpus villosus*: семена (*se*), ювенильное (*j*), имматурное (*im*), виргинильное (*v*), генеративное (*g*) и сенильное (*s*) растения

Первая популяция расположена на 3-ЮЗ склоне г. Янывондерсяхал в средней и верхней его части (730–870 м над ур. м.) и приурочена к разнотравным мохово-лишайниковым сообществам. Кроме того, растения *P. villosus* здесь встречаются на каменистых участках по склонам, в расщелинах камней, среди разломов и на карнизах останцов. Общая численность локальной популяции на г. Янывондерсяхал достигает нескольких тысяч особей и занимает площадь 21 000 м². Особи *P. villosus* с достаточно высоким обилием встречаются по всему склону. В мохово-лишайниковой тундре их плотность составила 19,4 экз./м² (экологическая плотность – 24,3 экз./м²). Распределение растений случайное, небольшими группами. Онтогенетический спектр ЦП1 полный, с преобладанием виргинильных особей (62,9%). Молодые растения семенного происхождения на площадках встречаются нечасто (2%), что указывает на существование периодов для благоприятного семенного возобновления этого вида в условиях Северного Урала. Около 5 % особей в ЦП1 относятся к старшим возрастным группам с сохранившимися остатками генеративных побегов прошлых лет. Индекс возрастности (Δ) составлял – 0,19; индекс эффективности (ω) – 0,44. Индекс восстановления равнялся 4,7.

Вторая популяция расположена на г. Печерья-Талыхчалль в верхней части Ю склона в кустарничково-разнотравной тундре (883 м над ур. м.). По

сравнению с предыдущей популяцией, ЦП2 представляет собой небольшое скопление особей *P. villosus* (120-150 растений) и занимает площадь 850 м². Плотность размещения растений составляла 3,9 экз./м² (экологическая плотность – 5,8 экз/м²). В онтогенетической структуре преобладали виргинильные особи (46,6 %) и полностью отсутствовали генеративные. Индекс возрастной (Δ) составлял 0,15; индекс эффективности (ω) – 0,34. Индекс восстановления равнялся 10,6. Изученные ЦП *P. villosus* по классификации «дельта-омега» молодые, в онтогенетической структуре преобладают особи прегенеративного периода.

Таким образом, мы проанализировали распространение и спектр растительных сообществ, в которых встречается *P. villosus* в Уральском регионе. Требуется дальнейшие исследования этого редкого и исчезающего на Урале вида и регулярный мониторинг его популяций.

Исследования выполнены в рамках темы «Разнообразие растительного мира западного макросклона Приполярного Урала» (№ АААА-А19-119011790022-1).

Литература

1. Секретарева Н. А. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 131 с.
2. Арктическая флора СССР. Под ред. А. И. Толмачева и Б. А. Юрцева. Л., 1980. Вып. VIII. С. 88–90.
3. *Phlojodicarpus villosus* (Turcz. ex Fisch. & C.A. Mey.) Ledeb. // Плантариум: открытый онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран. 2019. [<http://www.plantarium.ru/page/view/item/27711.html>]
4. Flora of China. 2005. Vol. 14. Page 182. <http://www.efloras.org>
5. Virtual Guide to the Flora of Mongolia. Plant Database as Practacal Approach. 2010. https://floragreif.unigreifswald.de/taxon/page/5/?flora_search=Taxon&taxon_id=1463
6. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. 2013. Екатеринбург. 460 с.
7. Красная книга Свердловской области: животные, растения, грибы. Екатеринбург: ООО «Мир», 2018. 450 с.
8. Красная книга Республики Коми / Под ред. А. И. Таскаева. Сыктывкар, 2009. 791 с.
9. Красная книга Пермского края. 2018. Электронная версия. <http://redbook.permecology.ru>
10. Ценопопуляции растений: основные понятия и структура / Л. И. Воронцова, Л. Е. Гатцук, В. Н. Егорова и др. Под ред. А. А. Уранова, Т. И. Серебряковой. М.: Наука, 1976. 215 с.
11. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: Ланар, 1995. 224 с.
12. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
13. Лавренко А. Н., Улле З. Г., Сердитов Н. П. Флора Печоро-Илычского биосферного заповедника. СПб. 1995. 256 с.
14. Валуйских О. Е., Канев В. А. Новые сведения о распространении редких видов сосудистых растений на хребте Поясовый Камень (Северный Урал) // Бот. журн., 2019. 104 (9). С. 1036–1043.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. А. Харина, О. Н. Пересторонина

Вятский государственный университет, kharinaviktoria@mail.ru

Многие представители семейства *Orchidaceae* – это редкие и исчезающие растения, нуждающиеся в охране. Виды, произрастающие вблизи границ ареала, наиболее уязвимы и требуют контроля и постоянных наблюдений за состоянием ценопопуляций (ЦП).

Объектом исследования в 2019 г. стала ЦП *Cypripedium calceolus* в окрестностях населенного пункта Пашино (Афанасьевский район). ЦП изучали методом постоянных площадей, закладки учетных площадок размером 1 м² по случайному принципу [1]. Для выявления эколого-фитоценотической приуроченности вида проводили геоботаническое описание по традиционным методикам [2, 3]. Выделение возрастных групп проводили по общепринятым для орхидных морфологическим параметрам [4]: по размерам побега, количеству и размерам листьев, числу жилок на них, числу цветков и т. д. Онтогенетическую структуру ЦП изучали с помощью следующих показателей и характеристик: индексы восстановления (Iв), замещения (Iз), старения (Iс) [5, 6], возрастности (Δ) [7], эффективности (ω) [8].

Cypripedium calceolus L. – венерин башмачок настоящий – по общему ареалу является евразийским видом. Растение с укороченным толстым корневищем и многочисленными длинными корнями [9]. На территории Кировской области произрастает в еловых, елово-пихтовых и сосново-еловых лесах на известняках, заболоченных осиново-еловых лесах на торфянистых почвах [10]. Цветет в мае – июне, плодоносит в июле – августе.

C. calceolus является «редким малочисленным видом», внесен в красные книги МСОП, Российской Федерации [11], региональные, в том числе и Кировской области [12].

По многим экологическим параметрам вид имеет широкую амплитуду (рис. 1). Согласно Д. Н. Цыганову [13], *C. calceolus* предпочитает достаточно увлажненные и богатые почвы. Вместе с тем жизненность *C. calceolus* зависит и от интенсивности освещенности (он предпочитает полуоткрытые и тенистые пространства) и от кислотности почв (от слабокислых до слабощелочных). Вид способен выносить довольно сильные холода, поэтому встречается на территориях с мягкими, умеренными и суровыми зимами.

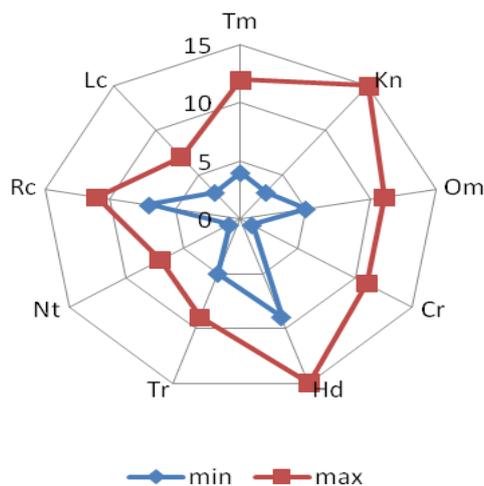


Рис. 1. Графическая модель экологического ареала *Cyripedium calceolus*: Tm – термоклиматическая шкала, Kn – шкала континентальности климата, Om – омброклиматическая шкала, Cr – криоклиматическая шкала, Hd – шкала увлажнения почвы, Tr – шкала солевого режима почв, Nt – шкала богатства почв азотом, Rc – шкала кислотности почв, Lc – шкала освещенности-затенения

Исследованная ЦП *C. calceolus* произрастает в сосняке бруснично-зеленомошном, по склону надпойменной террасы водоохраной зоны реки Кама. В составе лесообразующих пород преобладает *Pinus sylvestris* L., единично произрастает *Picea × fennica* (Regel) Kom., *Betula pendula* Roth и *Populus tremula* L. Сомкнутость крон древостоя 0,4–0,5. В подросте отмечены *P. × fennica*, *Abies sibirica* Ledeb. и *P. tremula*. Кустарниковый ярус представлен тремя видами: *Juniperus communis* L., *Sorbus aucuparia* L. и *Padus padus* L., с преобладанием *S. aucuparia*. Сомкнутость полога составляет 15%. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 60%: *Vaccinium vitis-idaea* L., *C. calceolus*, *Majanthemum bifolium* (L.) F. Schmidt., *Paris quadrifolia* L., *Asarum europaeum* L., *Rubus saxatilis* L., *Fragaria vesca* L., *Oxalis acetosella* L., *Anthriscus silvestris* (L.) Hoffm., *Aegopodium podagraria* L., *Trientalis europaea* L., *Atragene sibirica* L. и др. Проективное покрытие мохово-лишайникового яруса составляет 97%. За счетную единицу в популяционных исследованиях был принят надземный побег.

Ценопопуляция *C. calceolus* образована 81 особью. Общепринятые морфометрические параметры приведены в таблице.

Возрастной спектр ЦП – нормальный, неполночленный, одновершинный (рис. 2). Отсутствуют ювенильные (j), старые генеративные (g_3) и субсенильные (ss) особи. Доля имматурных (im) особей составила 2,5%, виргинильных (v) – 47%, молодых генеративных (g_1) – 27%, зрелых генеративных (g_2) – 16%, сенильных (s) – 7,5%. Низкая доля участия имматурных особей, а также отсутствие проростков и ювенильных особей свидетельствует о слабом семенном возобновлении. Вероятно, размножение происходит вегетативным путем за счет спящих почек на корневище [9].

Таблица

Морфометрическая характеристика онтогенетических состояний *Cyripedium calceolus**

Онтогенетиче-	p	j	im	v	g_1	g_2	s
---------------	---	---	----	---	-------	-------	---

ское состояние									
Признаки									
Количество листьев, шт	–	–	3	$\frac{3-5}{4}$		$\frac{4-6}{5}$		$\frac{4-6}{5}$	$\frac{3-4}{4}$
Высота побега до кончика верхнего листа, см	–	–	$\frac{10-11}{10,5}$	$\frac{13-38,5}{24}$		$\frac{18-58}{39}$		$\frac{34,5-51}{43}$	$\frac{15-28,5}{23}$
Высота стебелька без листьев, см	–	–	$\frac{3-4,5}{7}$	$\frac{3-11}{6}$		$\frac{4,5-14,5}{9}$		$\frac{5-10}{8}$	$\frac{3,5-6,5}{5}$
Длина 1-го листа (верхнего), см	–	–	7	$\frac{7-18,5}{12}$		$\frac{9-18}{13}$		$\frac{12-18}{16}$	$\frac{12-15,5}{13}$
Ширина 1-го листа (верхнего), см	–	–	2	$\frac{1,5-5}{3}$		$\frac{3,5-7}{5}$		$\frac{4-7}{5,5}$	$\frac{3-5,5}{4}$
Длина 2-го листа, см	–	–	7	$\frac{8-19,5}{13,5}$		$\frac{11-19,5}{15}$		$\frac{16-22}{18}$	$\frac{11,5-15}{13,5}$
Ширина 2-го листа, см	–	–	1,5	$\frac{2,5-7,5}{5}$		$\frac{5-9}{7}$		$\frac{5-9,5}{7}$	$\frac{4,5-6,5}{5}$
Число жилок (по двум листьям 2–3), шт	–	–	4	$\frac{4-8}{5}$	$\frac{10-16}{13}$	$\frac{11-18}{15}$		$\frac{12-21}{15}$	$\frac{6-14}{12}$
Длина n-го (нижнего) листа, см	–	–	$\frac{3-5,5}{4}$	$\frac{1,5-4}{3}$	$\frac{5-13}{9}$	$\frac{2,5-4,5}{4}$	$\frac{5-13}{8}$	$\frac{3,5-14}{6}$	$\frac{3-8}{5,5}$
Ширина n-го (нижнего) листа, см	–	–	$\frac{1-2}{1,5}$	1	$\frac{1,5-7,5}{3,5}$	$\frac{1,5-2}{2}$	$\frac{2,5-7}{4}$	$\frac{1,5-6,5}{3}$	$\frac{1-3,5}{2}$
Длина прицветного листа, см	–	–	–	–		$\frac{5-12}{8,5}$		$\frac{6,5-11,5}{9}$	–
Ширина прицветного листа, см	–	–	–	–		$\frac{1,5-5}{3}$		$\frac{1,5-4}{3}$	–
Число жилок прицветного листа, шт	–	–	–	–		$\frac{3-6}{4}$		$\frac{3-6}{4}$	–
Количество цветков, шт	–	–	–	–		1		$\frac{1-2}{1}$	–
Количество особей, шт	–	–	2 (2,5%)	38 (47%)		22 (27%)		13 (16%)	6 (7,5%)

Примечание: * в числителе указаны значения min-max, в знаменателе – среднее арифметическое.

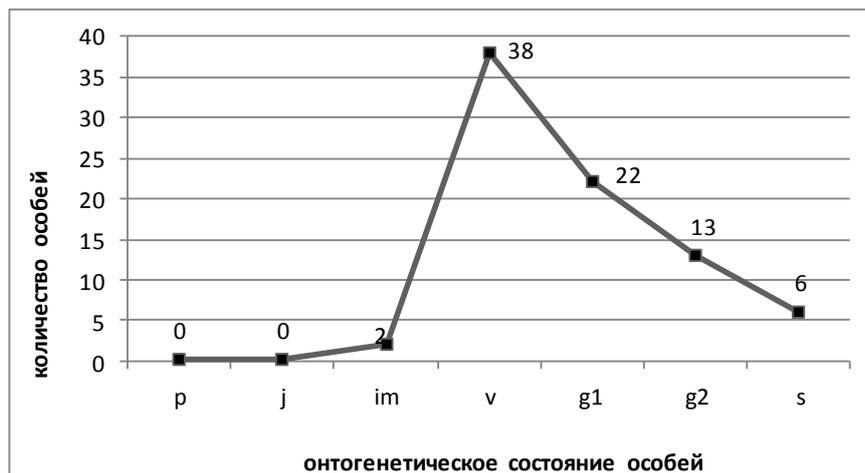


Рис. 2. Возрастной спектр ценопопуляции *Cypripedium calceolus*:
 p – проростки, j – ювенильные, im – имматурные, v – виргинильные,
 g₁ – молодые генеративные, g₂ – зрелые генеративные, s – сенильные

Общая возрастность этой ЦП составляет 0,28, а тип по критерию $\Delta-\omega$ – молодая. Индекс старения (I_c) равен 0,07. Для характеристики процессов самоподдержания рассчитаны индексы восстановления (I_6) и замещения (I_3), отражающие динамические процессы ЦП. Индекс восстановления равен 1,14, индекс замещения составляет 0,98, что говорит о том, что молодые особи могут восстановить часть генеративных особей и заместить долю взрослой части ЦП: на каждую генеративную особь приходится один потомок. По классификации популяций, предложенной Л. А. Жуковой, изученная ЦП относится к стабильной ($I_3 \approx 1$).

Проведенное исследование позволяет предположить, что ЦП *C. calceolus* является устойчивой. Для сохранения ЦП в благополучном состоянии, необходимо поддерживать стабильность экологических условий в месте ее нахождения, проводить мероприятия, способствующие созданию условий, благоприятных для возобновления этого вида. Проводить контроль за состоянием ценопопуляции *C. calceolus*.

Литература

1. Денисова Л. В., Никитина С. В., Заугольнова Л. Б. Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР. М.: ВНИИ охраны природы и заповедного дела Госагропрома СССР, 1986 34 с.
2. Методы изучения лесных сообществ / отв. ред. В. Т. Ярмишко, И. В. Лянгузова. СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2002. 240 с.
3. Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л., 1964. 175 с.
4. Фардеева М. Б. Онтогенез башмачка настоящего, или Венерина башмачка (*Cypripedium calceolus* L.) // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Учебное пособие. Т. III. Йошкар-Ола, МарГУ, 2002. С. 114–120.
5. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола, 1995. 224 с.
6. Глотов Н. В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. Ч. I. С. 146–149.
7. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. № 2. С. 7–34.

8. Животовский А. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
9. Вахрамеева М. Г., Варлыгина Т. И., Татаренко И. В. Орхидные России (биология, экология и охрана). М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2014. С. 83–89.
10. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров, 2007. С. 212.
11. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. С. 363.
12. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. / Под ред. О. Г. Барановой, Е. П. Лачохи, В. М. Рябова, В. Н. Сотникова, Е. М. Тарасовой, Л. Г. Целищевой. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. С. 218.
13. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М., 1983. 198 с.

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОБЕГОВЫХ СИСТЕМ *IRIS SIBIRICA* L. В СВЯЗИ С МЕСТООБИТАНИЕМ

Ю. А. Овчинникова, С. В. Шабалкина
Вятский государственный университет,
zorgkokb@gmail.com, nasturtium2017@yandex.ru

Одним из направлений исследований современной фитоценологии и популяционной экологии является характеристика экологических условий определённого местообитания по специфике растительного сообщества, выявление возможности существования особей ценопопуляций конкретных видов в условиях воздействия факторов данного биотопа, а также – причин редкой встречаемости отдельных таксонов. В этой работе приводятся результаты сопоставления некоторых биометрических параметров побеговых систем молодых генеративных особей *Iris sibirica* L. с условиями двух местообитаний в окрестностях г. Кирова. Данный вид встречается изредка в подзонах южной тайги и хвойно-широколиственных лесов, в пойме р. Вятки и её крупных притоков в Центрально-Северном, Западном, Восточном, Центрально-Южном, Юго-Восточном и Южном ботанико-географических районах Кировской области [1], включён в список редких и уязвимых видов, нуждающихся в регионе в постоянном контроле и наблюдении [2].

Объектом исследования стали особи молодого генеративного онтогенетического состояния (g1) *I. sibirica*, произрастающие в двух местообитаниях поймы р. Вятка. В природе выполнено геоботаническое описание, составлены флористические списки обследованных фитоценозов, определено общее проективное покрытие и проективное покрытие каждого вида в отдельности. По материалам геоботанических описаний с использованием амплитудных шкал Д. Н. Цыганова [3] и программы EcoScaleWiN [4] оценили условия произрастания особей *I. sibirica* методом пересечения большинства интервалов.

Также проведены замеры морфометрических параметров у особей *I. sibirica*. В пределах куста (особи) подсчитывали число вегетативно-генеративных и вегетативных побегов, живых листьев срединной формации,

коробочек; измеряли диаметр и окружность куста (в базальной части), длину побегов, ширину наиболее длинного листа (в средней части) у вегетативно-генеративных и вегетативных побегов, длину и ширину коробочек. В пределах обоих местообитаний *I. sibirica* было проанализировано 86 вегетативных и 9 вегетативно-генеративных побегов у 9 особей.

Первое местообитание расположено на берегу старичного озера, испытывает интенсивное обводнение во время половодья в начале вегетационного сезона. Здесь *I. sibirica* произрастает в условиях злаково-разнотравного сообщества в клеверо-хвощово-кострецовой ассоциации. Общее проективное покрытие травостоя – 98%. Флористический состав включает 29 видов растений. Доминирует в фитоценозе *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub (40%). Содоминантами являются *Equisetum pratense* Ehrh. (20%) и *Trifolium medium* L. (15%). Также достаточно распространены в сообществе *Galium boreale* L. (5%) и *Lysimachia nummularia* L. (5%).

Второе местообитание находится недалеко от первого, представляет злаково-разнотравный луг центральной и притеррасной поймы р. Вятка. Особи *I. sibirica* обитают в лисохвосто-щучковой ассоциации, к западу переходящей в лисохвосто-таволговую, к востоку – в бедренцово-щучковую. Общее проективное покрытие – 95%. Флора данного фитоценоза включает 60 видов. На доминирующую *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. приходится 25%, содоминант *Alopecurus pratensis* L. – 15%. Также в сообществе распространены *Pimpinella saxifraga* L. (10%), *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. (5%), *Filipendula denudata* (J et C. Presl) Fritsch. (5%), *Inula salicina* L. (5%).

Согласно климатическим шкалам Д. Н. Цыганова [3] для произрастания особей *I. sibirica* предпочтительны следующие условия: суббореально-неморальные, полуконтинентальные, близкие к субаридным, умеренные и мягкие зимы. Оценка климатопа в обследованных сообществах показала, что наиболее отклоняется от оптимального значения определённый показатель континентальности климата в лисохвосто-щучковой ассоциации (табл. 1).

По сравнению с показателями климатопа балльные значения почти по всем почвенным факторам отличаются. В исследуемых сообществах сложились следующие условия: влажно-лесолуговое увлажнение, достаточно обеспеченные азотом слабокислые почвы со слабопеременным увлажнением. Тогда как растения предпочитают световой режим субсветовых сухолесолуговых пространств, богатые минеральными солями, очень бедные азотом, нейтральные почвы с умеренно и сильно переменным увлажнением (табл. 1). *I. sibirica* – это гемистенобионт [5], что определяет его значительную уязвимость к воздействиям лимитирующих факторов среды. В обследованных местообитаниях этот вид является менее конкурентоспособным по сравнению с другими из-за неблагоприятности большинства почвенных факторов.

Мы проанализировали морфометрические показатели особей *I. sibirica* в вышеописанных местообитаниях (табл. 2).

Таблица 1

**Сравнительная характеристика условий местообитания
*Iris sibirica***

Название шкалы	Точка оптимума [3]	Клеверо-хвощово-кострецовая ассоциация (берег старицы)	Лисохвощиковая ассоциация (пойменный луг)
Термоклиматическая	8,5	8,5	7
Континентальность климата	10	9,5	7
Омброклиматическая аридности-гумидности	7,5	8	8
Криоклиматическая	8	8,5	8
Увлажнение почвы	11	13,5	13
Солевой режим почвы	8,5	7,5	6,5
Обеспеченность почвы азотом	3	6	6
Кислотность почвы	9	7	6,5
Переменность увлажнения почвы	8	7	6
Освещенности-затенения	2	2	3

Примечание: серым цветом залиты ячейки со значениями факторов, наиболее отличающимися от теоретически оптимальных.

Таблица 2

**Биометрические параметры молодых генеративных особей
*Iris sibirica***

Показатель / Сообщество	Клеверо-хвощово-кострецовая ассоциация (берег старицы)	Лисохвощиковая ассоциация (пойменный луг)
1	2	3
Средний диаметр куста, см	19±0,00	6,96±1,20
Средняя окружность куста, см	84,33±10,17	31,00±5,54
Среднее число вегетативных побегов в кусте, шт.	14,00±2,00	7,00±1,00
Средняя длина вегетативного побега, см (по самому длинному листу)	70,42±2,53	62,88±1,94
Среднее число живых листьев срединной формации вегетативного побега, шт.	4±0	4±0
Средняя ширина самого длинного листа вегетативного побега (в средней части), см	0,72±0,03	0,65±0,02
Среднее число вегетативно-генеративных побегов в кусте, шт.	1±0	1±0
Средняя длина вегетативно-генеративного побега, см	60,63±7,64	60,6±4,68
Среднее число живых листьев срединной формации вегетативно-генеративного побега, шт.	3±0	3±0

Окончание таблицы 2

1	2	3
Средняя ширина самого длинного листа (в средней части) вегетативно-генеративного побега, см	0,66±0,13	0,65±0,25
Среднее число коробочек на вегетативно-генеративном побеге, шт.	2±0	2±0
Средняя длина коробочки, см	2,41±0,40	1,35±0
Средняя ширина коробочки, см	0,75±0,20	0,33±0

Оказалось, что большинство параметров побеговых систем не отличаются. Однако, у особей *I. sibirica*, произрастающих на берегу старицы, больше средние диаметр и окружность куста, длина вегетативных побегов и ширина их листьев, размеры коробочек, чем у растений, обитающих на пойменном лугу. По-видимому, это обусловлено большим числом неблагоприятных почвенных факторов в лисохвосто-щучковой ассоциации, большей напряжённостью межвидовой конкуренции из-за высокого видового разнообразия. С другой стороны, на берегу старицы наблюдается резко переменное обводнение, что приводит, вероятно, к увеличению сроков развития особей до цветения, более обильному ветвлению (число вегетативных побегов больше в два раза), влияет на преобладающие диаметр и окружность куста растений.

Таким образом, в сообществах южно-таёжной подзоны Кировской области сложились неоптимальные условия эдафотопы для произрастания особей *I. sibirica*, которые, возможно, обуславливают редкую встречаемость этого вида. Кроме того, ряд исследователей [6] отмечают в качестве лимитирующих факторов отсутствие сенокосения и прекращение использования пойменных лугов в кормопроизводстве, что приводит к зарастанию их древесными растениями. В Брянской области, наоборот, ведущим ограничивающим фактором указывают антропогенный: рекреационные нагрузки – вытаптывание, выкапывание, сбор цветущих растений [7].

Благодарим О. Н. Пересторонину, заведующую кафедрой биологии и методики обучения биологии ВятГУ, за совместные полевые исследования.

Литература

1. Определитель растений Кировской области: в 2-х ч. / Сост. Ф. А. Александров, Л. А. Зубарева, В. П. Клирсова и др. Ч. 1. Киров: Кир. гос. пед. ин-т им. В. И. Ленина, 1975. 254 с.
2. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
3. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.
4. 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, 2008. 96 с.
5. Овчинникова Ю. А., Шабалкина С. В. Об экологических предпочтениях *Iris sibirica* L. // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XIV Всерос.

науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Киров, 16–18 апреля 2019 г.). Киров: ВятГУ, 2019. С. 277–282.

6. Бушуева Ю. О., Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л. Состояние популяции *Iris sibirica* L. на особо охраняемых природных территориях в окрестностях г. Кирова // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Материалы VII Междунар. науч. конф. Йошкар-Ола: ООО «Вертола», 2019. С. 42–43.

7. Му-За-Чин В. В., Шукаль В. В. Характеристика ценопопуляций *Iris sibirica* L. (Iridaceae) в поймах рек в Брянской области // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2016. № 2 (8). С. 36–43.

ОСОБЕННОСТИ ПЛОДОНОШЕНИЯ *VACCINIUM MYRTILLUS* L. В ХВОЙНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

А. В. Ярославцев¹, Е. С. Пестрикова²

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова,*

² *Вятская государственная сельскохозяйственная академия, etl@inbox.ru*

Исследования, посвященные изучению распространения, экологии, биологии дикорастущих ягодников таежных фитоценозов с целью сохранения и рационального использования природных ресурсов, достаточно многочисленны [1–5]. Однако, вследствие высокой изменчивости параметров продуктивности этих видов в зависимости от эколого-фитоценологических, климатических особенностей [2, 6], определение параметров продуктивности и их динамики в различных типах местообитаний представляется сегодня весьма актуальным.

Черника обыкновенная – *Vaccinium myrtillus* L. – важный компонент травяно-кустарничкового яруса хвойных экосистем, является значимым ресурсным видом, входит в рацион многих представителей охотничьей фауны [7].

Цель настоящего исследования – изучить отдельные показатели продуктивности и урожайность *V. myrtillus*, а также их изменчивость в различных типах лесных фитоценозов южно-таежной подзоны в пределах Кировской области.

В основу работы положены данные учетных работ полевых исследований в вегетационный сезон 2019 г. в различных типах хвойных экосистем: сосняк чернично-зеленомошный, ельник сфагновый-черничный, ельник кисличный, ельник черничный. Исследования проводились с использованием общепринятых методологических подходов, рекомендаций, терминологии и методики определения продукционных характеристик ценопопуляций растений [8].

Метеорологические особенности периодов цветения и созревания плодов рассматриваемого вида в 2019 г. представлены на рисунке 1.

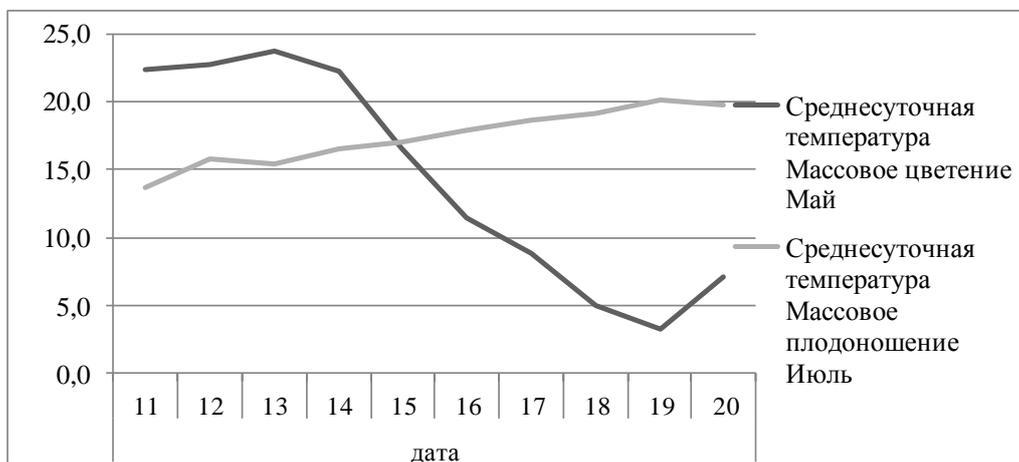


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха в период цветения и созревания плодов ($^{\circ}\text{C}$) *Vaccinium myrtillus* L. (2019 г.)

Высокие температурные значения атмосферного воздуха ($22,3\text{--}23,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) в первой половине мая способствовали более раннему наступлению цветения *V. myrtillus* – 9 мая в 2019 г. Массовое цветение наступило 16 мая, что на 10 дней раньше по сравнению со среднемноголетней датой – 26 мая. Однако, последовавшее далее резкое снижение среднесуточной температуры в период массового цветения с $11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, отрицательно повлияло на интенсивность цветения кустарничка и активность насекомых опылителей.

Массовое плодоношение *V. myrtillus* в 2019 г. наступило 15 июля, что также на 8 дней раньше среднемноголетней даты (23 июля). В период массового созревания плодов (11.07–20.07) температурные значения варьировали от $13,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $20,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, выпавшее количество осадков составило 20,5 мм. Подобные условия являются типичными для созревания плодов в районе исследования.

Количество плодов *V. myrtillus* на единице учетной площади в 2019 г. в рассматриваемых типах еловых фитоценозов варьировало от 1 до 90 шт./м^2 . Среднее значение данного показателя в ельнике сфагново-черничном составило $23,4\text{ шт./м}^2$, ельнике – кисличном – $6,6\text{ шт./м}^2$, ельнике черничном – $33,2\text{ шт./м}^2$ (рис. 2). В сосняке чернично-зеленомошном количество плодов равнялось $11,5\text{ шт./м}^2$. По сравнению со среднемноголетним значением данного параметра в еловых и сосновых типах мест произрастания отмечено снижение числа плодов в 2019 г. Так, в ельнике сфагново-черничном количество плодов ниже среднемноголетней величины в 3,5 раза: с $90,0\text{ шт./м}^2$ (2008–2018 гг.) до $23,4\text{ шт./м}^2$ (2019 г.).

Урожайность плодов *V. myrtillus* в лесных фитоценозах южной тайги в 2019 г. в несколько раз ниже средних многолетних значений (рис. 3). Данный показатель в 2019 г. в рассматриваемых типах еловых фитоценозов значительно варьирует от 114,2 до 322,9 кг/га. Наибольшая урожайность ягодника отмечена в ельнике черничном – 75,1 кг/га; несколько ниже значение урожайности зафиксировано в ельнике сфагново-черничном – 50,8 кг/га. Чуть более 10 кг/га составила ягодная продуктивность вида в ельнике-кисличном. В сосняке чернично-зеленомошном урожайность кустарничка равняется 20,7 кг/га. По сравнению со среднемноголетними

значениями урожайности, заметно значительное снижение плодоношения вида в 2019 г. Так, в ельнике сфагново-черничном урожайность плодов ниже среднемноголетней величины в 6 раз: с 322,9 кг/га (2008–2018 гг.) до 50,8 кг/га (2019 г).

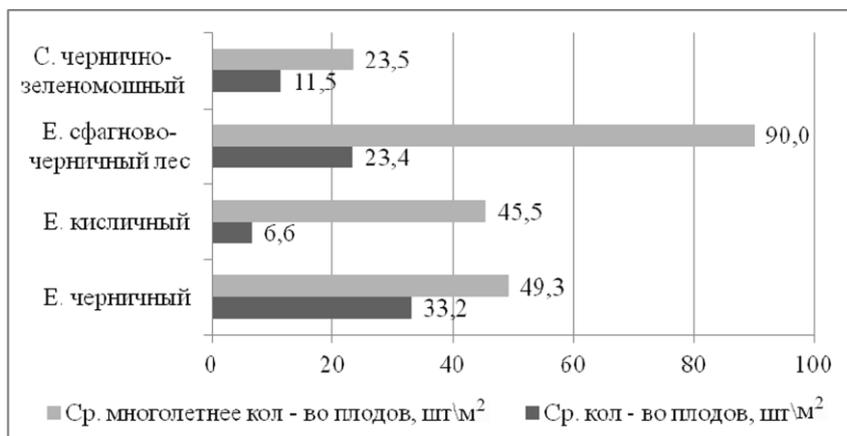


Рис. 2. Количество плодов *Vaccinium myrtillus* L. в различных типах хвойных фитоценозов, шт./м²

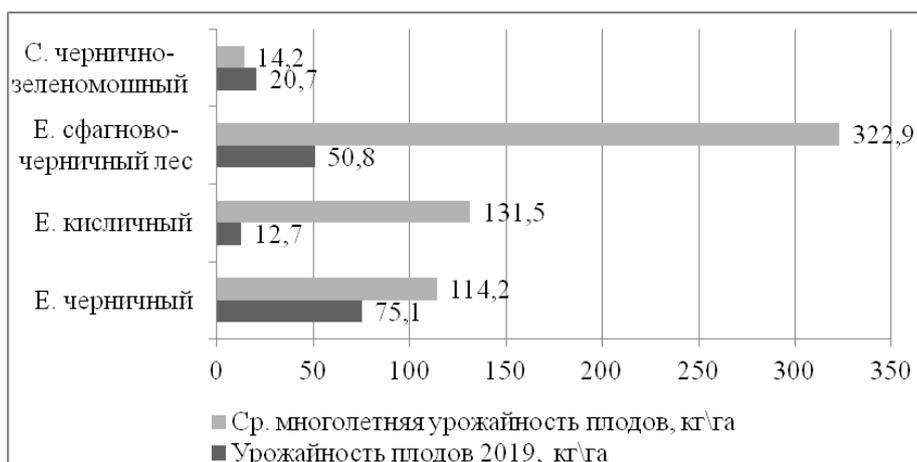


Рис. 3. Урожайность плодов *Vaccinium myrtillus* L. в различных типах хвойных фитоценозов, кг/га

Таким образом, наибольшие показатели ягодной продуктивности в 2019 г. отмечены в ельнике черничном. При анализе ягодной продуктивности природных популяций *V. myrtillus* в 2019 г. установлено, что в период массового цветения вида воздействие неблагоприятных метеорологических факторов (низкая среднесуточная температура воздуха) на природные популяции оказалось весьма существенным, что отразилось, в первую очередь, на количестве сохранившихся цветков и явилось одной из причин низких значений урожайности вида.

Литература

1. Чиркова Н. Ю. Некоторые особенности развития и продуктивности брусничников на вырубках южно-таежных брусничниково-зеленомошных сосняков // Лесное хозяйство. 2007. № 4. С. 22–23.

2. Чиркова Н. Ю., Егошина Т. Л., Колупаева К. Г. Некоторые особенности фенологии и урожайность *Vaccinium vitis-idaea* (Ericaceae) в южнотаежной подзоне Кировской области // Растительные ресурсы. 2009. Т. 45. Вып. 1. С. 12–21.
3. Чиркова Н. Ю., Сулейманова В. Н. Оценка возможностей введения в культуру и перспективы культивирования хозяйственно ценных видов дикорастущих ягодников Кировской области // Вестник ОГУ: Естественные науки. 2010. № 5 (111). С. 115–119.
4. Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л. Характеристика компонентов продуктивности клюквы болотной в болотных сообществах средней тайги // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 18. № 2. 2016. С. 360–363.
5. Егошина Т. Л., Колупаева К. Г., Раус Л. К. Анализ особенностей плодоношения и ресурсов *Vaccinium myrtillus* (Ericaceae) в Кировской области (1961–2004) // Растит. ресурсы. 2006. Т. 42. № 1. С. 57–66.
6. Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н. Климатический фактор как основной критерий формирования урожайности плодов *Vaccinium vitis – idaea* L. // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 1. (г. Киров, 1–2 декабря 2015 г.). Киров: Изд-во ООО «Веси». 2015. С. 92–94.
7. Егошина Т. Л., Егорова Н. Ю., Лугинина Е. А., Оботнин С. И., Ярославцев А. В., Гудовских Ю. В., Кислицына А. В., Капустина Н. В., Сулейманова В. Н. Значение дикорастущих ягодников в питании охотничьих животных // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 2–2. С. 255–260.
8. Методика определения запасов лекарственных растений. М., 1986. 50 с.

О ЖИЗНЕННОЙ ФОРМЕ *LEUCANTHEMUM VULGARE* LAM.

Е. В. Лелекова, И. В. Сергеев

Вятский государственный университет, LelekovaEV1980@mail.ru

Жизненная форма растения отражает условия среды обитания организма и изменяется вместе с ними. Изучение их структурной организации позволит выявить механизмы и способы адаптации растений к конкретным условиям биотопа.

В настоящей работе проведен анализ побегового тела нивяника обыкновенного – *Leucanthemum vulgare* Lam. для оценки его жизненных стратегий. Материал для исследования собран на заливных лугах в пойме р. Вятки в окрестностях г. Кирова.

Жизненную форму *L. vulgare* изучали с учетом представлений о растении как целостном организме с позиций модульной организации [1, 2] путем сравнительно-морфологического [3, 4] и ритмологического [5] анализа. Структурно-функциональную зональность монокарпических побегов оценивали по И. В. Борисовой, Т. А. Поповой [6], развитие их – по И. Г. Серебрякову [7] и Т. И. Серебряковой [8].

Габитус растения характеризовали с позиций множественной синтетической классификации: с учетом числа плодоношений, длительности жизни, степени и способа вегетативной подвижности, воздействия особей на среду обитания, длительности жизни надземных осей и листьев, типа подземных

органов у многолетников и малолетников, типа побега по длине междуузлий и положению в пространстве, а также используя подходы С. Raunkiaer [9].

Побеговая система растения состоит из ди- и (реже) полициклических полурозеточных монокарпических побегов возобновления (МПВ), силлептических побегов, а также побегов с неполным циклом развития.

МПВ формируются из почек регулярного возобновления на базальном участке надземной части исходного побега (рис.). Фаза почки продолжается около года. С наступлением следующего вегетационного периода она трогается в рост; в околосемном слое подстилки развивается розеточный побег. Наступает фаза вегетативного ассимилирующего побега, продолжительностью также около года. В случае развития особи в крайне неблагоприятных условиях, она может удлиняться до 2–4 лет. Элементарные модули розеточного участка побега однотипны: с коротким междуузлем и длинночерешковым листом, в пазухе которого находится почка. В этой фазе развития дициклический монокарпический побег зимует с сохранением ассимилирующих листьев и верхушечной почки, в которой заложены вегетативные метамеры.

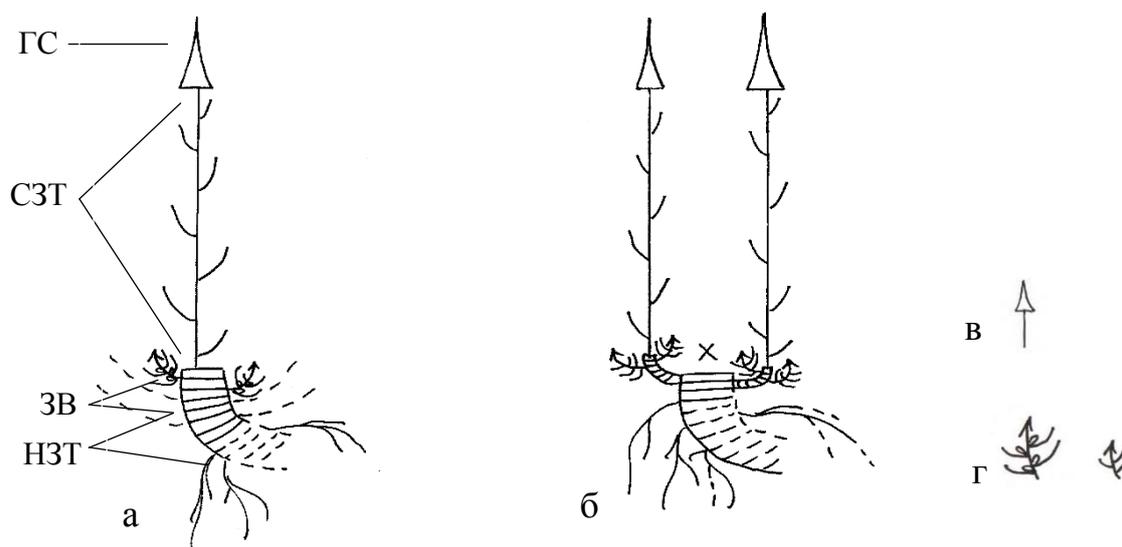


Рис. Побеговая система *L. vulgare*:

а – структурно-функциональная зональность монокарпического побега (универсальный модуль); б – формирование симподия из резидов (основной модуль); в – генеративный побег; г – вегетативные розеточные побеги (междуузлия расставлены); одинарной линией показаны однолетние участки побегов, двойной – живущие более года; пунктирная линия – отмершие участки побегов; НЗТ – нижняя зона торможения; ЗВ – зона возобновления; СЗТ – средняя зона торможения; ЗО – зона обогащения; ВЗТ – верхняя зона торможения; ГС – главное соцветие

С наступлением весны верхушечная почка трогается в рост; формируются элементарные модули с длинными междуузлиями и ассимилирующими листьями, размеры листовой пластинки и длина черешка которых уменьша-

ются от нижних метамеров к верхним. Длинночерешковые листья розеточного участка побега постепенно отмирают.

Моноподиальное нарастание МПВ завершается образованием терминального соцветия – корзинки. В случае развития боковых вегетативно-генеративных (силлептических) побегов, формируется объединенное соцветие – закрытая фрондозная кисть. Это фаза *бутонизации, цветения и плодоношения*.

Таким образом, основа побегового тела *L. vulgare* – анизотропные ди- и (реже) полициклические побеги возобновления. Вместе с моноциклическими силлептическими побегами – это универсальные модули побеговой системы растения.

К концу вегетационного сезона у этого растения формируется система из МПВ и розеточных вегетативных побегов (фаза вегетативного ассимилирующего побега следующего порядка). Эта фаза не продолжительна: до отмирания надземного участка монокарпического побега возобновления. Осенью сохраняется лишь его базальный участок с ассимилирующими розеточными побегами последующего порядка ветвления. Наступает фаза *вторичной деятельности*: базальный участок исходного побега становится резидом недолгоживущего эпигеогенного корневища. Формирующийся симподий из резидов определяем как *основной модуль* побеговой системы *L. vulgare*.

Элементарные модули монокарпического побега различаются не только по длине междоузлий, строению и размеру листовой пластинки, но и производным пазушных почек. У базальных метамеров розеточного участка МПВ, они, как правило, не реализуются. Это *нижняя зона торможения* монокарпического побега; именно здесь накапливаются питательные вещества. *Зона возобновления* включает метамеры розеточного участка побега, из почек которого развиваются побеги замещения. Анализ побеговых систем и их развития показал, что у одного дициклического вегетативно-генеративного МПВ трогаются в рост, в основном, 2–4 почки возобновления. Остальные метамеры (с длинными междоузлиями и ассимилирующими листьями с разной длиной черешка) входят в состав *средней зоны торможения*. В некоторых случаях из почек 1–2 метамеров данного участка развиваются вегетативно-генеративные силлептические побеги. На верхушке побега формируется главное соцветие.

Занятая *L. vulgare* территория осваивается за счет развития побегов последовательных порядков ветвления и формирования симподия из их базальных участков. Дочерние побеги расположены достаточно близко к материнскому. Поэтому по степени воздействия на среду, определяем данное растение как моноцентрическое (в ряде случаев – неявнополицентрическое). Поздняя полная морфологическая дезинтеграция особей не приводит к образованию полноценного вегетативного потомства. Семенное возобновление преобладает.

В условиях травянистых сообществ эта стратегия жизни обеспечивает *L. vulgare* максимально успешное существование. За счет формирования длинного цветоноса происходит вынос главного соцветия в верхние ярусы

травостоя, опыление и распространение плодов. Вместе с тем, развитие дициклических МПВ по озимому типу и формирование в приземном слое розеточных побегов в конце вегетационного сезона удлиняют период фотосинтеза и обеспечивают накопление дополнительных питательных веществ.

С учетом вышеперечисленных особенностей, биоморфу *L. vulgare* характеризуем как поликарпический, моно-/неявнополицентрический вегетивно малоподвижный летне-зимнезеленый травянистый малолетник с поздней полной специализированной морфологической дезинтеграцией и анизотропными монокарпическими ди-/полициклическими полурозеточными побегами, гемикриптофит. Кроме того, в условиях, крайне неблагоприятных для произрастания, это растение может длительно находиться в стратегии вынужденного пациента. При этом побеговая система растения формируется лишь на основе вегетативных розеточных побегов, базальные участки которых также слагают недолгоживущий симподий.

Литература

1. Борисова И. В., Попова Т. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Бот. журн. 1990. Т. 75. № 10. С. 1420–1425.
2. Савиных Н. П. Модули у растений // Тезисы докладов II Междунар. конф. по анатомии и морфологии растений. СПб., 2002. С. 95–96.
3. Савиных Н. П. О жизненных формах водных растений // Гидророботаника: методология, методы: Материалы школы по гидророботанике / Под ред. В. Г. Папченкова и др. Рыбинск, 2003. С. 39–48.
4. Серебряков И. Г. Типы развития побегов у травянистых многолетников и факторы их формирования // Уч. зап. МГПИ. 1959. Т. 100. Вып. 5. С. 25–45.
5. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. М.; Л., 1964. Т. 3. С. 148–208.
6. Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М., 1952. 390 с.
7. Серебряков И. Г. Структура и ритм в жизни цветковых растений. Ч. 2. // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1949. Т. 54. Вып. 2. С. 47–62.
8. Серебрякова Т. И. Морфогенез и эволюция жизненных форм злаков. М., 1971. 360 с.
9. Raunkiaer C. The life form of plants and statistical plant geography. Oxford, 1934. 632 p.

ВИДЫ РОДА *ARTEMISIA* L. ВО ФЛОРЕ ТАРКАПЧИГАЙСКОГО БОТАНИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНА

А. С. Абдураимов, С. А. Данияров

*Гулистанский государственный университет, Гулистан, Узбекистан,
abduraimov2017@inbox.ru*

Род *Artemisia* L. – самый крупный род трибы Anthemideae Cass, семейства Asteraceae Dumort., насчитывающий, по различным подсчетам, от 400 до 550 видов [1–3], распространенных практически по всему Северному полушарию. Это самый многочисленный род семейства сложноцветных.

Причина в столь сильном разбросе оценочных суждений на видовое разнообразие группы заключается в огромном ее полиморфизме и изменчивости морфологических признаков, традиционно использующихся в систематике.

Растения как однолетние так и многолетние, некоторые из них отнесены к полукустарникам, обычно опушены звездчатыми волосками. Некоторые виды Польшей имеют серебристый цвет. Стебли у всех полыней прямостоячие или лежащие. Листья перисто-рассечённые, реже отдельные, у некоторых видов лопатные. Цветки их мелкие в шаровидных корзинках, которые, как бы, образуют метельчатое или кистевидное соцветие. Корзинки по величине доходят до 3–5 мм в диаметре. Цветки жёлтые, у некоторых они слегка красноватые и все трубчатые. Цветут полыни в июле-августе, во время цветения они испускают особый, но характерный только для полыней аромат и сильно отличаются друг от друга по своим свойствам.

Полыни – одна из весьма важных групп покрытосеменных растений, как по их роли в природе, так и по значению для человека. Эти, на первый взгляд не слишком выразительные по сравнению с другими сложноцветными растения, являются доминантами и эдификаторами во множестве растительных сообществ, особенно в условиях аридного климата. Хорошим примером могут служить полынные южноевропейские степи и полупустыни. Многие представители рода давно используются как лекарственные растения, без которых существенно обеднела бы пищевая промышленность. Крайне важны для человека и полынные эфирномасляные культуры. Все перечисленное и обусловило повышенный интерес человека к этой группе с давних времен.

Согласно «Флоре СССР», на территории бывшего СССР произрастает 195 видов полыней [4], а в последней сводке С. К. Черепанова указано 233 вида [5]. Распространены полыни крайне широко: от арктических пустынь полуострова Таймыр до Каракумов и Тибета, от морских побережий до нивального пояса гор. Значительная часть видов обитает в экстремальных условиях, часто на грубых субстратах (пески, каменистые или щебнистые почвы). В условиях пониженной конкуренции и повышенного воздействия неблагоприятных факторов среды полыни выработали специфические черты, связанные с приобретением анемофилии и ксероморфизмом. Они представляют собой специализированную ветвь эволюции в трибе Anthemideae и семействе в целом [6].

Род *Artemisia* делится на три естественные четко отграниченные друг от друга группы, понимаемые современными авторами в ранге подродов. *Artemisia* Less., *Dracunculus* (Bess.) Peterm. и *Seriphidium* (Bess.) Peterm., различающиеся прежде всего половым составом цветков в корзинке. У видов подрода *Artemisia* корзинки гетерогамные. Краевые цветки в них пестичные, а дисковые обоеполые. У видов подрода *Dracunculus* корзинки также гетерогамные, но дисковые цветки — однополые тычиночные с рудиментарным пестиком [6, 7]. У представителей же подрода *Seriphidium* корзинки гомогамные, содержащие только обоеполые цветки. Этот признак очень четко разделяет род на подроды, между которыми нет переходных форм [8].

Во флоре Узбекистана встречаются 39 видов рода *Artemisia*. Как известно, многие виды полыни играют важную роль в животноводческих хозяйствах горной и аридной зоны, где они составляют основу естественного кормового фонда на зимних пастбищах. В Узбекистане к таким видам относятся *Artemisia pauciflora* Web., *A. terrae-albae* Krasch., *A. diffusa* Krasch. ex Poljak., *A. turanica* Krasch., *A. sogdiana* Bunge, *A. ferganensis* Krasch. ex Poljak. Полынь относится к большому семейству астровых (сложноцветных) – Asteraceae (Compositae), к роду *Artemisia*.

Исследования проводились в 2018–2019 г. в Таркапчигайском ботанико-географическом районе (рис.).

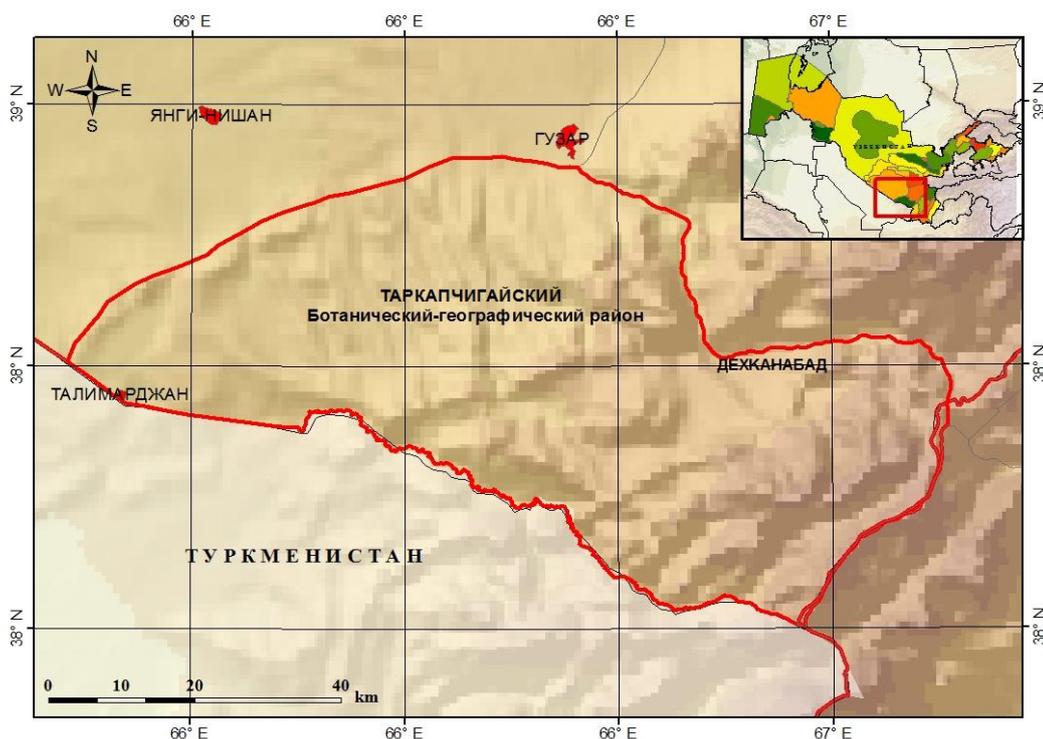


Рис. Таркапчигайский ботанико-географический район

Полученные результаты показывают, что в районе исследования произрастают 17 видов рода *Artemisia* L. Проанализированы распространение экология и жизненные формы обнаруженных видов.

1. *Artemisia absinthium* L. – полынь горькая. Однолетник, многолетник. **Экология.** Тугаи, берега арыков, обочины дорог, залежи, луга, выбитые пастбища, сорные места. Равнина, предгорья, нижний и средний пояс гор.

2. *Artemisia albicaulis* Nevski – полынь белостебельная. Полукустарник. **Экология.** Подгорные равнины, мелкоземистые, щебнистые, каменистые склоны, скалы, осыпи, останцы, выходы пестроцветных пород. Предгорья, нижний и средний пояс гор.

3. *Artemisia annua* L. – полынь однолетняя. Однолетник. **Экология.** Тугаи, берега водоемов, сады, поля, залежи, сорных местах, около жилья. Равнина, предгорья, нижний и средний пояс гор.

4. *Artemisia baldshuanica* Krasch. et Zaprjag. – полынь бальджуанская. Полукустарник. **Экология.** Мелкоземистые, щебнистые, каменистые склоны. Нижний и средний пояс гор.

5. *Artemisia diffusa* Krasch. ex Poljakov – полынь раскидистая. Полукустарник. **Экология.** Песчаные и глинистые пустыни, галечники, щебнистые, мелкоземистые, каменистые склоны. Равнина, предгорья.

6. *Artemisia ferganensis* Krasch. ex Poljakov – полынь ферганская. Полукустарник. **Экология.** Залежи, галечники, лессовые, щебнистые, каменистые склоны, засоленные места. Равнина, предгорья, нижний и средний пояс гор.

7. *Artemisia glanduligera* Krasch. ex Poljakov – полынь железистая. Полукустарник. **Экология.** Галечники, обрывы, щебнистые, мелкоземистые, каменистые склоны. Предгорья, нижний и средний пояс гор.

8. *Artemisia kochiiformis* Krasch. & Lincz. ex Poljakov – полынь кохиевидная. Полукустарник. **Экология.** Мелкоземистые, щебнистые склоны, выходы пестроцветных пород, засоленные места. Нижний пояс гор.

9. *Artemisia leucodes* Schrenk – полынь беловатая. Однолетник, двулетник. **Экология.** Подгорные равнины, мелкоземистые, щебнистые, каменистые склоны, долины рек, берега каналов, обочины дорог. Равнина, предгорья.

10. *Artemisia porrecta* Krasch. ex Poljakov – полынь вытянутая. Полукустарник. **Экология.** Сухие русла, обочины дорог, залежи, осыпи, галечники, щебнистые, мелкоземистые, каменистые склоны. Предгорья, нижний и средний пояс гор.

11. *Artemisia prolixa* Krasch. ex Poljakov – полынь обильная. Полукустарник. **Экология.** Мелкоземистые, щебнистые, каменистые склоны, осыпи. Предгорья, нижний и средний пояс гор.

12. *Artemisia scoparia* Waldst. et Kitag. – полынь метельчатая. Однолетник, двулетник. **Экология.** Песчаные, глинистые, щебнистые пустыни, подгорные равнины, долины рек, каменистые, щебнистые, лессовые склоны, полях, пастбища, залежи, обочины дорог, сорные места. Равнина, предгорья, нижний пояс гор.

13. *Artemisia serotina* Bunge – полынь поздняя. Полукустарник. **Экология.** Речные террасы, сухие русла, подгорные равнины, щебнистые, каменистые, лессовые склоны. Равнина, предгорья.

14. *Artemisia sogdiana* Bunge – полынь согдийская. Полукустарник. **Экология.** Подгорные равнины, мелкоземистые, щебнистые, каменистые склоны. Предгорья, нижний пояс гор.

15. *Artemisia tenuisecta* Nevski – полынь тонкорассеченная. Полукустарник. **Экология.** Каменистые, щебнистые, мелкоземистые склоны, осыпи. Нижний и средний пояс гор.

16. *Artemisia tournefortiana* Rchb. – полынь Турнефора. Однолетник, двулетник. **Экология.** Долины рек, берега арыков, обочины дорог, поля, за-

лежи, сорные места, сады, населенные пункты. Равнина, предгорья, нижний и средний пояс гор.

17. *Artemisia vulgaris* L. – полынь обыкновенная. Многолетник. **Экология.** Долины рек, овраги, берега арыков, сырые места, обочины дорог, поля, залежи, населенные пункты. Равнина, предгорья, нижний и средний пояс гор.

В ходе исследований в Таркапчигайском ботанико-географическом районе зарегистрированы 17 видов рода *Artemisia* с высокими кормовыми свойствами. Следует отметить, что в районе исследование наблюдается круглогодичный регулярный выпас скота место населением. Это следовательно требует изучение состояние представителей рода *Artemisia* в локальной флоре. Полученные в результате наших исследований данные, послужат в ведении долгосрочного мониторинга и формировании современной флоры данного района.

Литература

1. Безр А. С. Сравнительное биоморфологическое исследование восточноевропейских представителей рода *Artemisia* L.: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. М., 2005. 424 с.
2. Bremer K. Asteraceae: cladistics and classification. Timber Press: Portland, Oregon. 1994. 752 p.
3. Torrel M., Garcia-Jacas N., Susanna A., Valles J. Phylogeny in *Artemisia* inferred from nuclear ribosomal DNA (ITS) sequences // Taxon. 1999. V. 48. P. 721–736.
4. Поляков П. П. Роды *Artemisia* L. Флора СССР. М.; Л., 1961б. Т. 26. С. 425–631.
5. Черепанов К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: «Мир и семья», 1995. 992 с.
6. Поляков П. П. Материалы к систематике рода полынь — *Artemisia* L. // Тр. ин-та ботаники КазССР. Алма-Ата, 1961а. Т. 11. С. 134–177.
7. Поляков П. П. Систематика и происхождение сложноцветных. Алма-Ата: Наука, 1967. 336 с.
8. Коробков А. А. Типовые образцы таксонов рода *Artemisia* L., описанных из Сибири и Дальнего Востока, хранящиеся в Гербарии Ботанического института им. В. Л. Комарова // Turczaninowia. 2014. 17 (2). С. 5–16.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЛУГОВЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ПОЙМЫ р. СОЖ

Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Dajneko@gsu.by

В последние десятилетия наблюдается падение уровня паводковых вод, что приводит к изменению флористического состава и структуры растительных сообществ. Проведенные нами исследования луговых экосистем в пойме р. Сож Чечерского района Гомельской области выявили, что в связи с изменяющимися климатическими условиями отмечена динамичность луговых сообществ, приводящих к колебанию обилия отдельных видов, к смене субассоциаций, вариантов ассоциаций. Так, наблюдалось уменьшение характерных

видов класса *Phragmito-Magnocaricetea* и увеличение их в классе *Molinio-Arrhenatheretea*. Устойчивость флористического состава травостоя зависела как от эколого-биологической особенности вида, так и рельефа поймы. В качестве примера приводим данные по ассоциации *Beckmannio-Poetum palustris* в пойме р. Сож Чечерского района, описанной в 1975 г. (табл. 1).

Таблица 1

Ассоциация *Beckmannio-Poetum palustris* в пойме р. Сож, 1975 г.

Номер описания	1	2	3	4	5•	6	7	8	9	10	Класс посто- яинства
Проективное покрытие, %	80	80	80	80	80	80	80	80	85	85	
Количество видов	12	11	13	11	13	11	11	14	15	16	
Диагностические виды ассоциации											
<i>Poa palustris</i> •	4	5	4	4	4	4	4	5	3	3	V
<i>Beckmannia eruciformis</i>	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	V
Д.в. <i>Magnocaricion</i>											
<i>Carex acuta</i>	1	•	•	•	1	•	•	1	1	1	III
<i>Carex vulpina</i>	•	•	1	1	1	•	1	•	•	•	II
Д.в. <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>											
<i>Plantago lanceolata</i>	1	1	•	•	•	1	1	1	1	1	IV
<i>Alopecurus pratensis</i>	1	1	•	•	1	•	•	•	•	•	II
<i>Vicia cracca</i>	•	1	•	•	•	•	1	1	•	1	II
<i>Centaurea jacea</i>	•	•	•	•	•	•	•	1	1	1	II
Д.в. <i>Molinietalia</i>											
<i>Deschampsia cespitosa</i>	•	•	2	2	2	2	1	•	2	2	IV
<i>Filipendula ulmaria</i>	•	•	1	1	1	•	•	•	•	•	II
Д.в. <i>Molinion</i>											
<i>Cnidium dubium</i>	1	1	•	1	•	1	•	•	1	•	III
<i>Achillea ptarmica</i>	•	•	1	•	•	•	1	1	1	1	III
<i>Plantaginetea majoris, Plantaginetalia majoris</i>											
Д.в. <i>Agropyro-Rumicion crispi</i>											
<i>Potentilla anserina</i>	1	•	1	1	1	•	•	1	1	1	IV
<i>Rumex crispus</i>	•	1	1	•	1	1	1	•	1	1	IV
<i>Ranunculus repens</i>	•	•	1	1	1	1	1	1	1	1	IV
<i>Leontodon autumnalis</i>	•	•	1	1	1	1	1	1	1	1	IV
Прочие виды											
<i>Odontites vulgaris</i>	1	1	1	1	1	1	1	•	•	•	III
<i>Rumex thyrsoiflorus</i>	1	1	•	•	•	•	•	1	1	1	III
<i>Mentha arvensis</i>	•	•	1	•	•	•	•	1	•	1	II
<i>Lysimachia nummularia</i>	•	•	•	1	•	•	•	•	1	1	II
<i>Inula britannica</i>	•	•	•	•	1	•	•	1	1	•	II
<i>Agrostis stolonifera</i>	•	•	•	•	•	1	•	1	•	1	II

Кроме того, единично встречены: *Agrostis tenuis* (1), *Calamagrostis epigeios* (6), *Festuca pratensis* (3), *Phalaroides arundinaceae* (1), *Rhinantus vernalis* (2), *Rumex acetosella* (2), *Veronica longifolia* (1).

Места описаний:

1 – плоская пониженная равнина правобережной центральной поймы в 2 км с.в. деревни Себровичи Чечерского района Гомельского области, БССР; почва дерново-глееватая, суглинистая; 27.06.1975.

2 – плоская равнина правобережной центральной поймы в 2 км ю.в. деревни Подлужье Чечерского района Гомельской области, БССР; почва дерново- глееватая, супесчаная; 25.06.1975.

3 – склон правобережной центральной поймы в 2 км ю.в. деревни Шепетовичи Чечерского района Гомельской области, БССР; почва дерново-глееватая, супесчаная; 28.06.75.

4 – такое же, там же и тогда.

5 – такое же, там же и тогда.

6 – пониженная равнина левобережной центральной поймы в 1 км ю.в. впадения р. Слободянки в р. Сож Чечерского района Гомельской области, БССР; почва дерново-глееватая, супесчаная; 28.06.1975.

7 – такое же, там же и тогда.

8 – плоское понижение правобережной центральной поймы в 2 км ю.з. деревни Шепетовичи Чечерского района Гомельской области, БССР; почва дерново-глееватая, супесчаная; 28.06.1975.

9 – такое же, там же и тогда.

10 – такое же, там же и тогда.

Номенклатурный тип: опис. 5

Повторное обследование этого участка поймы р. Сож, проведенное в 2019 г., показало, что процесс ксерофитизации привел к формированию уже другой ассоциации *Poa palustris-Alopecuretum pratensis* Shelyag-Sosonko et al. 1987 (табл. 2).

Таблица 2

**Ассоциация *Poa palustris-Alopecuretum pratensis* Shelyag-Sosonko et al. 1987
в пойме р. Сож, 2019 г.**

Номер описания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Класс посто- яинства
Проективное покрытие	80	80	85	80	75	75	80	80	85	80	
Количество видов	10	13	10	10	11	12	12	12	13	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Д. в. ассоциации <i>Poa palustris-Alopecuretum pratensis</i>											
<i>Alopecurus pratensis</i>	2	3	3	2	2	2	3	3	2	2	V
<i>Poa palustris</i>	3	4	4	4	3	3	3	3	4	3	V
Д. в. союза <i>Alopecurion</i> и порядка <i>Molinietalia</i>											
<i>Ranunculus repens</i>	.	+	+	.	.	+	+	+	+	+	IV
<i>Potentilla anserina</i>	+	+	.	.	+	+	.	+	+	+	IV
<i>Galium palustre</i>	.	.	+	+	+	+	.	+	+	.	III
<i>Kadenia dubia</i>	+	+	.	.	+	+	.	.	+	+	III
Д. в. класса <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>											
<i>Phleum pratense</i>	.	+	+	+	.	.	+	+	+	+	IV
<i>Vicia cracca</i>	+	+	.	.	+	+	+	+	+	.	III
<i>Achillea millefolium</i>	.	+	+	+	.	.	+	+	+	.	III
<i>Plantago lanceolata</i>	+	+	.	+	+	+	III

Таблица 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Centaurea jacea</i>	.	+	+	+	.	.	+	.	.	.	II
<i>Festuca pratensis</i>	+	+	.	.	+	+	II
<i>Rumex acetosella</i>	.	.	+	+	.	.	+	+	.	.	II
Прочие виды											
<i>Lycopus europaeus</i>	+	.	+	.	+	+	.	.	+	+	III
<i>Carex firta</i>	.	.	.	+	+	.	+	+	.	+	III
<i>Myosotis palustris</i>	+	.	+	.	.	+	+	.	+	.	III
<i>Calystegia sepium</i>	.	+	.	+	+	.	.	+	.	+	III
<i>Deschampsia cespitosa</i>	+	+	+	+	+	.	II

Кроме того единично встречены: *Agrostis tenuis* (2), *Calamagrostis epigeios* (4), *Phalaroides arundinacea* (6), *Rumex acetosella* (7), *Veronica longifolia* (9).

Места описаний:

1 – плоская пониженная равнина правобережной центральной поймы в 2 км с.в. деревни Себровичи Чечерского района Гомельского области; почва дерново-глееватая, суглинистая; 30.07.2019.

2 – плоская равнина правобережной центральной поймы в 2 км ю.в. деревни Подлужье Чечерского района Гомельской области; почва дерново-глееватая, супесчаная; 30.07.2019.

3 – склон правобережной центральной поймы в 2 км ю.в. деревни Шепетовичи Чечерского района Гомельской области; почва дерново-глееватая, супесчаная; 30.07.2019.

4 – такое же, там же и тогда.

5 – такое же, там же и тогда.

6 – пониженная равнина левобережной центральной поймы в 1 км ю.в. впадения р. Слободянки в р. Сож Чечерского района Гомельской области; почва дерново-глееватая, супесчаная; 30.07.2019.

7 – такое же, там же и тогда.

8 – плоское понижение правобережной центральной поймы в 2 км ю.з. деревни Шепетовичи Чечерского района Гомельской области; почва дерново-глееватая, супесчаная; 30.07.2019.

9 – такое же, там же и тогда.

10 – такое же, там же и тогда.

Номенклатурный тип: опис. 5

Таким образом, синтаксономический анализ в соответствии с принципами Браун-Бланке хорошо показывает динамические тенденции в связи с изменяющимися климатическими условиями.

ИТОГИ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В КОЛЛЕКЦИОННОМ ФОНДЕ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВЯТГУ

И. В. Бронникова, Л. Г. Канина
Вятский государственный университет

В настоящее время в Ботаническом саду ВятГУ (БС ВятГУ) сохраняется генофонд растений, имеющих различные категории статуса редкости [1, 2]. Основная часть коллекции редких и охраняемых видов заложена в 2006 г. преподавателем кафедры экологии Е. М. Тарасовой, сотрудниками БС ВятГУ С. П. Лобастовым, О. Н. Востриковой и студентами; пополнение осуществлялось растениями из природных мест обитаний Кировской области, а также семенами, полученными по обмену с другими ботаническими садами. В 2019 г. Ботанический сад ВятГУ вступил в Совет Ботанических садов Урала и Поволжья, чему предшествовала огромная работа. Результаты инвентаризации коллекции растений, занесенных в Красные книги федерального и регионального уровней, выявили количественный и качественный состав коллекции (табл.). Редкие и охраняемые растения высажены в различных экспозициях Сада, в соответствии с их требованиями к условиям произрастания.

Таблица

**Перечень видов в составе коллекций растений Ботанического сада
ВятГУ, занесенных в Красную книгу РФ и Красную книгу
Кировской области (2019 г.)***

№	Латинское название Семейство / вид	Русское название Семейство /вид	КК РФ	КК КО	Состоя ние	Кол- во, экз.	Экспо- зиция
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	<i>Amaryllidaceae</i> <i>Leucojum aestivum</i> L.	Амариллисовые Белоцветник летний	2	–	Цв, Пл	2	Р
2.	<i>Apiaceae</i> <i>Eryngium planum</i> L.	Зонтичные Синеголовник пло- ский	–	Ш	Цв, Пл, С	∞	Л, Ст
3.	<i>Laser trilobum</i> (L.) Borkh.	Лазурник трехлопа- стный	–	Ш	Цв, Пл, С	3	Л
4.	<i>Araliaceae</i> <i>Aralia continentalis</i> Kitag.	Аралиевые Аралия материковая	2	–	Цв, Пл	1	ДВ
5.	<i>Asteraceae</i> <i>Eupatorium</i> <i>cannabinum</i> L.	Сложноцветные Посконник коноп- левый	–	Ш	Цв, Пл	3	Л
6.	<i>Helichrysum</i> <i>arenarium</i> (L.) Moench	Цмин песчаный	–	І	Цв, Пл	10	Л, Ст
7.	<i>Pyrethrum</i> <i>corymbosum</i> (L.) Scop.	Пиретрум щитковый	–	Ш	Цв, Пл	5	Л, НЦ
8.	<i>Serratula coronata</i> L.	Серпуха венценос- ная	–	Ш	Цв, Пл	1	Ст

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
9.	<i>Stemmacantha carthamoides</i> (Willd.) Dittrich	Левзея сафлоровидная	3	–	Цв, Пл	2	Л
10.	Betulaceae <i>Alnus alnobetula</i> subsp. <i>fruticosa</i> (Rupr.) Raus	Березовые Ольха кустарниковая	–	Пр	Цв, Пл	3	Д
11.	<i>Betula raddeana</i> Trautv.	Береза Радде	3	–	В	4	П
12.	Brassicaceae <i>Crambe cordifolia</i> Steven	Крестоцветные Катран сердцелистный	1	–	Цв, Пл, С	3	Ст
13.	<i>Crambe steveniana</i> Rupr.	Катран Стевена	3	–	В	2	Ст
14.	Campanulaceae <i>Campanula bononiensis</i> L.	Колокольчиковые Колокольчик болонский	–	Ш	Цв, Пл	2	Ст
15.	<i>Campanula latifolia</i> L.	Колокольчик широколистный	–	Пр	Цв, Пл, С	∞	Ст
16.	<i>Campanula trachelium</i> L.	Колокольчик крапиволистный	–	Пр	Цв, Пл	3	Л
17.	Caryophyllaceae <i>Dianthus arenarius</i> L.	Гвоздичные Гвоздика песчаная	–	П	Цв, Пл	3	Ст
18.	Celastraceae <i>Euonymus nanus</i> <u>Bieb.</u>	Бересклетовые Бересклет карликовый	1	–	В	4	Д, П
19.	Colchicaceae <i>Colchicum speciosum</i> Steven	Безвременниковые Безвременник великолепный	2	–	Цв	10	Р, Ст
20.	Convallarioideae <i>Convallaria maialis</i> L.	Ландышевые Ландыш майский	–	Пр	Цв, Пл	∞	Рз
21.	Cupressaceae <i>Microbiota decussata</i> Kom.	Кипарисовые Микробиота перекрестнопарная	2	–	В	3	Вс
22.	Cyperaceae <i>Carex flava</i> L.	Осоковые Осока желтая	–	Ш	Цв, Пл	5	КК
23.	Dioscoreaceae <i>Dioscorea nipponica</i> Makino	Диоскорейные Диоскорейя ниппонская	2	–	Цв	1	П
24.	Ericaceae <i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim.	Вересковые Рододендрон Шлиппенбаха	2	-	Цв	1	В
25.	Fabaceae <i>Trifolium lupinaster</i> L.	Бобовые Клевер люпиновый	–	Ш	Цв, Пл	3	Ст
26.	Gentianaceae <i>Gentiana lagodechiana</i> (Kusn.) Grossh.	Горечавковые Горечавка лагодехская	3	–	Цв, Пл	2	Л

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
27.	<i>Gentiana pneumonanthe</i> L.	Горечавка легочная	–	Ш	Цв, Пл	5	Л
28.	Geraniaceae <i>Hydrangea petiolaris</i> Siebold & Zucc.	Гераниевые Гортензия черешчатая	3	–	Цв	1	В
29.	<i>Geranium sanguineum</i> L.	Герань кроваво-красная	–	Ш	Цв, Пл, С	3	Ст, КК
30.	Hydrangeaceae <i>Schizophragma hydrangeoides</i> Siebold et Zucc.	Гортензиевые Схизофрагма гортензиевидная	1	–	В	1	Ор
31.	Iridaceae <i>Belamcanda chinensis</i> (L.) DC.	Ирисовые Беламканда китайская	1	–	Цв, Пл	5	ДВ
32.	<i>Crocus speciosus</i> M. Bieb.	Шафран прекрасный	2	–	Цв, Пл, С	∞	НЦ, Р
33.	<i>Gladiolus palustris</i> Gaudin	Шпажник болотный	0	–	Цв	3	КК
34.	<i>Iris kaempferi</i> Sieb. ex Lem.	Ирис мечевидный	3	–	Цв, Пл	3	СА
35.	<i>Iris pseudacorus</i> L.	Ирис ложноаировый	–	Пр	Цв, Пл	3	КК, Р
36.	<i>Iris pumila</i> L.	Касатик карликовый	3	–	Цв	5	Р
37.	<i>Iris sibirica</i> L.	Ирис сибирский	–	Пр	Цв, Пл	2	КК
38.	Juglandaceae <i>Juglans ailanthifolia</i> Carriere	Ореховые Орех айлантолистный	3	–	В	2	Д
39.	Lamiaceae <i>Nepeta pannonica</i> L.	Яснотковые Котовник венгерский	–	Ш	Цв, Пл, С	3	Ст
40.	Lamiaceae <i>Betonica officinalis</i> L.	Губоцветные Буквица лекарственная	–	Пр	Цв, Пл, С	5	Л
41.	<i>Phlomis tuberosa</i> L.	Зопник клубненосный	–	Пр	Цв, Пл	2	Л
42.	<i>Salvia verticillata</i> L.	Шалфей мутовчатый	–	Пр	Цв, Пл, С	5	Л
43.	Liliaceae <i>Erythronium sibiricum</i> (Fisch. & C. A. Mey.) Krylov	Лилейные Кандык сибирский	3	–	Цв, Пл, С	∞	Р
44.	<i>Lilium martagon</i> L.	Лилия кудреватая	–	II	Цв, Пл	7	КК
45.	Osmundaceae <i>Osmundastrum claytonianum</i> L. Tagawa	Чистоустовые Чистоустник Клайтона	2	-	В	1	Вс
46.	Raeoniaceae <i>Raeonia anomala</i> L.	Пионовые Пион уклоняющийся	–	II	Цв, Пл, С	5	КК

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
47.	<i>Paeonia lactiflora</i> Pall.	Пион молочноцветковый	2	–	Цв, Пл, С	3	ДВ, СА
48.	<i>Paeonia tenuifolia</i> L.	Пион тонколистный	2	–	Цв, Пл, С	5	Ст, КК
49.	Papaveraceae <i>Glaucium flavum</i> Crantz	Маковые Мачок жёлтый	2	–	Цв, Пл	4	Л Ст
50.	<i>Papaver bracteatum</i> Lindl.	Мак прицветниковый	1	–	Цв, Пл	1	П
51.	Pinaceae <i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zucc.	Сосновые Сосна густоцветная	2	–	В	1	П
52.	Poaceae <i>Koeleria glauca</i> DC.	Злаковые Тонконог сизый	–	Ш	Цв, Пл	3	Ст
53.	<i>Koeleria sclerophylla</i> P.A. Smirn.	Тонконог жестколистный	3	–	Цв, Пл	8	Ст
54.	<i>Stipa pennata</i> L.	Ковыль перистый	3	П	Цв, Пл, С	10	Ст, КК
55.	<i>Zingiber biebersteiniana</i> (Claus) P.A. Smirn.	Цингерия Биберштейна	2	–	Цв, Пл	5	КК, Р
56.	Polygonaceae <i>Rheum compactum</i> L.	Гречишные Ревень алтайский	2	–	Цв, Пл	2	Ст
57.	Primulaceae <i>Primula juliae</i> Kusn.	Первоцветные Первоцвет Юлии	2	–	Цв	3	К, Р
58.	<i>Cortusa matthioli</i> L.	Кортуза маттиоли	–	П	Цв, Пл	1	Р
59.	<i>Primula veris</i> L. subsp. <i>macrocalyx</i> Bunge	Первоцвет крупночашечный	–	Ш	Цв, Пл	3	Л
60.	Ranunculaceae <i>Adonis vernalis</i> L.	Лютиковые Горицвет весенний	–	Ш	Цв, Пл	1	Ст
61.	<i>Anemone sylvestris</i> L.	Ветреница лесная	–	Ш	Цв, Пл, С	∞	Р
62.	<i>Anemonoides nemorosa</i> L.	Ветреничка дубравная	–	Пр	Цв, Пл	3	В
63.	<i>Atragene sibirica</i> L.	Княжик сибирский	–	Пр	Цв, Пл	1	Рз
64.	<i>Delphinium elatum</i> L.	Живокость высокая	–	Пр	Цв, Пл	1	Л
65.	<i>Delphinium cuneatum</i> Steven ex DC.	Живокость клиновидная	–	І	Цв, Пл	1	КК
66.	<i>Pulsatilla vulgaris</i> Mill.	Прострел обыкновенный	1	–	Цв, Пл	6	Р
67.	<i>Pulsatilla flavescens</i> (Zucc.) Juz.	Прострел желтеющий	–	Ш	Ц	1	Ст
68.	<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.	Василистник водосборолистный	–	Ш	Цв, Пл, С	3	НЦ

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
69.	Rosaceae <i>Cotoneaster lucidus</i> Schltdl.	Розоцветные Кизильник блестящий	3	–	Цв, Пл	4	Рз
70.	<i>Filipendula vulgaris</i> Moench	Лабазник обыкновенный	–	Ш	Цв, Пл	3	Ст
71.	<i>Potentilla humifusa</i> Willd. ex Schlecht.	Лапчатка распростертая	–	Ш	Цв	1	П
72.	<i>Sanguisorba magnifica</i> I. Schischk. & Kom.	Кровохлёбка великоколпная	1	–	Цв, Пл	2	Р
73.	<i>Prinsepia sinensis</i> (Oliv.) Bean	Принсепия китайская	2	–	В	3	СР
74.	<i>Prunus fruticosa</i> Pall.	Вишня кустарниковая	–	Ш	Цв	1	КК
75.	<i>Sorbocotoneaster pozdnjakovii</i> Pojarkov	Рябинокизильник Позднякова	3	–	В	1	П
76.	<i>Spiraea media</i> F. Schmidt	Спирея средняя	–	Пр	Цв, Пл	15	Д
77.	Scrophulariaceae <i>Digitalis grandiflora</i> Mill.	Норичниковые Наперстянка крупноцветковая	–	Ш	Цв, Пл	5	Л
78.	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C. A. Mey	Шаровница волосоцветковая	3	–	Цв, Пл	3	Р
79.	<i>Globularia punctata</i> Lapeyr.	Шаровница точечная	3	–	Цв, Пл	3	Р
80.	Solanaceae <i>Atropa belladonna</i> L.	Пасленовые Белладонна	2		Цв, П, С	3	Л
81.	Staphyleaceae <i>Staphylea pinnata</i> L.	Клекачковые Клекачка перистая	3	–	В	1	П
82.	Taxaceae <i>Taxus baccata</i> L.	Тисовые Тис ягодный	2	–	В	1	Вс
83.	Vitaceae <i>Ampelopsis japonica</i> (Thunb.) Makino	Виноградовые Виноградовник японский	1		В	1	Д

Примечание: *Пр – Приложение Красной книги, ККРФ – Красная книга РФ, КККО – Красная книга Кировской области; В – вегетирует, Цв – цветет, Пл – плодоносит, С – дает самосев; ∞–много. Название экспозиций: Вс – вересковых растений, Д – дендрарий, ДВ – Дальний Восток, К – Кавказ, КК – растений Красной книги, Л – лекарственных растений, НЦ – непрерывного цветения, Ор – оранжерея, П – питомник, Рз – розарий, Р – рокарий, СА – Северная Америка, СР – семейство Розоцветных, Ст – степь.

Выводы: в настоящее время в Ботаническом саду ВятГУ выращивается 83 вида растений: занесенных в Красную книгу РФ (43 вида) и в Красную книгу Кировской области (41 вид). Анализ состояния коллекции показал воз-

возможность культивирования этих растений в ботанических садах. Семена некоторых видов из коллекции предоставляются для обмена другим ботаническим садам России, ближнего и дальнего зарубежья.

Литература

1. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы) / Ред. Л. В. Бардунов, В. С. Новиков. М.: Т-во научных изданий КМК, 2008. 855 с.
2. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы / Под ред. О. Г. Барановой, Е. П. Лачохи, В. М. Рябова, В. Н. Сотникова, Е. М. Тарасовой, Л. Г. Целищевой. Изд. 2-е. Киров: Кировская областная типография, 2014. 336 с.

КОЛЛЕКЦИЯ АРКТИЧЕСКИХ И АРКТО-АЛЬПИЙСКИХ РАСТЕНИЙ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ СЫКТЫВКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. ПИТИРИМА СОРОКИНА

Т. В. Новаковская, Г. Ю. Макарова

*Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
botansad1@bk.ru*

В результате активного агропромышленного развития северная природа испытывает сильное антропогенное воздействие и происходит обеднение ценного генофонда северных популяций. Одним из путей рационального использования природных ресурсов, обогащения ассортимента полезных растений и сохранения всего многообразия видов, в том числе пищевых, декоративных, редких и исчезающих, является интродукция растений. Изучение биологии развития, ритмов роста, основных закономерностей в поведении растений при переносе растений в культуру позволяет решить не только проблему увеличения запасов растительного сырья, но и выявить скрытые потенциальные возможности дикорастущих популяций растений.

В ботаническом саду Сыктывкарского государственного университета формирование коллекции арктических и аркто-альпийских видов растений осуществляется со времени его образования с 1974 г. На сегодняшний день коллекция включает 84 вида из 28 семейств. Преобладающее большинство видов (15) относятся к семейству Asteraceae, на втором месте представители семейства Rosaceae (11 видов).

Успешность интродукции растений во многом зависит от принадлежности видов к определенным жизненным формам. Половина изученных видов относится к гемикриптофитам (50%), из них больше всего розеточных (табл. 1). Преобладание этой группы характерно для северных регионов, розеточные гемикриптофиты являются основным приспособительным типом при продвижении растений на север [1].

Из 84 видов 43 вида (51% всего списка включенных в анализ таксонов) – раметы, сформированные из корневищ, дернины, черенков, луковиц и других вегетативных частей. Из них 33% таксона получены из культурных попу-

ляций других ботанических учреждений России и зарубежья; вдвое меньше – путем переноса дикорастущих растений из естественных местообитаний (табл. 1). 27 видов (32% всего списка) – генеты, сформированные из семян, присланных по обмену. Меньше всего растений (табл. 1), выращенных из семян, собранных в природе и изъятых из естественных природных популяций (*in situ*). Таким образом, 65% списка анализируемых таксонов выращенных интродуцентов – растения генофонда (*ex situ*).

Образование генеративных побегов и цветение являются важнейшей частью жизненного цикла покрытосеменных растений, от которого зависит успех полового размножения и устойчивость существования видов в составе растительных сообществ. Оценка интродукционной перспективности видов невозможна без изучения способности растений проходить полный цикл развития и формировать плоды и семена. Преобладающее большинство анализируемых растений (76%) хорошо акклиматизировались в наших условиях, ежегодно цветут и плодоносят. Приживаемость максимальная – 3 балла (табл. 1). 18% растений цветут периодически, но плоды и семена не образуются, и 6% растений только вегетируют, приживаемость таких растений низкая – 1 балл.

Таблица 1

Некоторые характеристики растений интродуцентов

Признак	Абсолютные значения	%
Жизненная форма		
Розеточный гемикриптофит	26	31
Эпикотильный гемикриптофит	16	19
Корневищный геофит	10	12
Луковичный геофит	8	10
Клубнелуковичный геофит	2	3
Стержнекорневой геофит	1	1
Клубневой геофит	1	1
Фанерофит	12	14
Хамефит	7	8
Гидрофит	1	1
Способ получения образца		
Перенос растений из условий культуры	28	33
Перенос дикорастущих растений из естественных местообитаний	15	18
Семена, репродуцированные в условиях культуры	27	32
Семена дикорастущих видов, собранные в естественных местообитаниях	14	17
Приживаемость (результат интродукции)		
Растение плодоносит (3 балла)	64	76
Растение цветет, но не плодоносит (2 балла)	15	18
Растение только вегетирует (1 балл)	5	6

При многолетнем изучении интродуцентов выделены перспективные виды, представляющие интерес как декоративные, лекарственные, пищевые. Особое внимание уделяется изучению редких и охраняемых видов растений.

Одним из таких видов является лен северный (*Linum boreale* Juz.) – эндемик Урала. Статус 2 (V). За пределами России не встречается. В Республике Коми (РК) произрастает на Полярном и Приполярном Урале и долинах стекающих с него рек (Харута, Сыня, Юньяга, Елец, Кожым, Щугер), ст. Сивая Маска (Уса) [2].

Лен северный – многолетнее травянистое растение с крепким вертикальным деревянистым корнем. Высажены растения в коллекцию сада в 2017 г. путем переноса растений из культуры ботанического сада Института биологии КНЦ УрО РАН. В ботаническом саду университета размеры растения достигают до 45 см, тогда как в местах естественного обитания не превышают 25 см [2]. Листья линейные длиной до 25 мм и шириной 3 мм. В соцветии может быть 3–5 цветков. Лепестки длиной 10–18 мм и шириной 6–10 мм, лилово-синие, длиннее чашечки. В саду растения цветут в июне около трех недель (табл. 2). Плод – яйцевидная коробочка длиной 6–8 мм. Семена темно-коричневые, лоснящиеся. Созревают семена в культуре ботанического сада в конце июля, начале августа.

Таблица 2

Сроки наступления фенологических фаз

Вид	Цветение			Плодоношение		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
<i>Linum boreale</i>	–	15.06	10.06	–	10.08	1.08
<i>Papaver lapponicum</i> subsp. <i>jugoricum</i>	30.06	27.06	11.06	21.07	12.07	28.06
<i>Saxifraga caespitosa</i>	30.06	18.06	10.06	22.08	12.08	30.07
<i>Veronica gentianoides</i>	6.07	27.06	28.06	22.08	27.07	1.08
<i>Armeria maritima</i>	22.08	13.08	28.06	12.09	23.09	4.09

Редкое в нашей республике растение мак югорский (*Papaver lapponicum* subsp. *jugoricum* (Tolm.) Tolm.) семейства Papaveraceae – арктический европейско-западносибирский вид. В РК выявлены местообитания вида на Приполярном и Полярном Урале. Статус 2 (V) [2]. В ботаническом саду растения произрастают на рокарии и каменистой горке более 15 лет, высажены семенами, собранными в естественных местообитаниях на Приполярном Урале.

Мак югорский – розеточный гемикриптофит, средний диаметр дерновинки в саду колеблется по годам, варьируя от 5 до 25 см. Перисторассеченные листья 6–16 см длиной, на длинных тонких черешках. Цветоносы многочисленные 10–30 см высотой, что сопоставимо с данными литературы. Для вида характерны актиноморфные цветки диаметром 2–5 см с сернисто-желтыми лепестками обратнойцевидной формы, длина которых меньше ширины. В зависимости от погодных условий сроки цветения в культуре сада могут значительно изменяться (табл. 2). На одном растении одновременно могут формироваться бутоны, цветки и плоды. Плод – коробочка, длиной 14–19 мм и шириной 5–8 мм. Семена мелкие, созревают постепенно в июле-августе.

Мак югорский в ботаническом саду прекрасно растет, цветет и ежегодно формирует фертильные семена. Хорошо размножается самосевом. В онтогенезе мака в культуре ботанического сада, выявлено три периода (латентный, прегенеративный и генеративный) и восемь возрастных (онтогенетических) состояний. Сенильных растений не выявлено.

Практический интерес представляют лекарственные растения: родиола розовая, пион уклоняющийся, камнеломка дернистая, курильский чай и др.

Камнеломка дернистая (*Saxifraga caespitosa* A. Gray.) – циркумполярный аркто-альпийский вид семейства Saxifragaceae. Произрастает в ботаническом саду на рокарии с 1979 г. В настоящее время куртинка занимает около двух квадратных метра, высота цветущих растений 15–18 см, тогда как в естественных условиях каменистых тундр ее высота не превышает 5–7 см [3]. В условиях сада растения ежегодно цветут и формируют фертильные семена. Цветет камнеломка в зависимости от погодных условий конкретного года с июня до середины июля, продолжительность цветения более месяца. Пятилепестные белые и розовые цветки, диаметром до 1 см, собираются в метельчатые соцветия, возвышающиеся на довольно высоких цветоносах. Созревают семена в культуре ботанического сада в конце июля, начале августа. Камнеломку можно размножать семенами, но всхожесть низкая. Перед посадкой семена должны пройти стратификацию в прохладном месте в течение 1–2 месяцев. В первый год жизни камнеломка образует только листовые розетки, цветки формируются обычно на второй год. Хорошо размножается камнеломка самосевом, при помощи деления куртины, отделения розеток.

Используется камнеломка в народной медицине как растение, обладающее противовоспалительными и антисептическими свойствами. Растение оказывает также противодиуретическое и противоопухолевое действие и богато на витамины, эфирное масло, микроэлементы, пигменты.

Из декоративных аркто-альпийских видов растений привлекают внимание вероника горечавковая, вероника нитевидная, армерия приморская.

Вероника горечавковая (*Veronica gentianoides* L. Vahl) – многолетнее длиннокорневищное растение семейства Scrophulariaceae. В природе растет на сыроватых горных лугах, по лесным опушкам буковых и сосновых лесов в субальпийском и альпийском, а также в верхней части лесного поясов.

Вероника горечавковая декоративна до заморозков, выдерживает морозы до -29 °С. Хорошо смотрится у небольших водоемов, на передних планах миксбордеров, используется для создания куртин. Ее высаживают совместно с различными примулами, гравилатом, колокольчиками.

В ботаническом саду произрастает с 1978 г. Побеги ее достигают 50 см, что значительно ниже, чем в природе (до 100 см) [4]. Растения образуют подушковидные куртинки. У вероники горечавковой имеются прикорневые и стеблевые листья. Прикорневые розеточные листья ланцетные, кожистые до

11 см длиной и 1,8 см шириной, что несколько меньше, чем в природе (до 15 см в длину и 3 см в ширину) [4]. Стеблевые листья значительно меньше по размерам, чем розеточные. Побеги заканчиваются рыхлым кистевид-

ным соцветием. Цветки до 1 см в диаметре, бледно-голубые, с синей прорисовкой жилок. Цветут растения с конца июня по июль. Семена созревают в августе-сентябре.

Коэффициенты вариации по всем изученным параметрам в основном высокие, что способствует успешной интродукции вида в таежную зону, благодаря способности адаптироваться к новым условиям произрастания.

Вероника нитевидная (*Veronica filiformis* L. Sm.) в природе растет в горных лесах и на лугах на Кавказе на высоте 1000–2400 м [4]. Это малолетник с мочковатыми тонкими корнями. Растение очень декоративно. Стебли вероники нитевидной, соприкасаясь с землей, пускают корни, в результате чего возникают большие светло-зеленые ковры. Ценится как почвопокровное обильноцветущее растение с редкой окраской нежно-голубых цветков. Сажать можно в альпинарии, его тонкие стебли будут покрывать камни или свисать с подпорных стенок. Хорошо сажать веронику нитевидную среди мелколуковичных, так как ее низкий плотный ковер будет защищать подземные органы луковичных растений от пересыхания во время летнего покоя и препятствовать уплотнению почвы.

Вероника нитевидная произрастает в ботаническом саду с 2004 г. Побеги ползучие, слабые, тонкие до 45 см длиной, тогда как в природе ее размеры не превышают 30 см [4]. Вероятно, это связано с лучшими условиями выращивания в культуре. Листья яйцевидные, неглубоко городчатые, по размерам сопоставимы с данными литературы. Морфометрические показатели имеют коэффициент вариации от низкого до высокого уровня.

Армерия приморская (*Armeria maritima* (Mill.) Willd.) – декоративное растение семейства Limoniaceae. В ботаническом саду растет на рокарии, выращены из семян, репродуцированных в условиях культуры. Армерия приморская в диком виде распространена в Северной Америке и Евразии, а также на островах умеренного и арктического пояса.

Это травянистое растение с коротким стержневым корневищем, из которого развивается множество побегов, образующих плотную дерновинку, диаметром до 40 см. Стебель прямой, гладкий, высотой до 30 см. В основании стебля развита розетка тонких листьев, длиной до 20 см. В природных условиях размеры их значительно ниже – до 10 см [4].

Соцветие – шаровидная головка, состоит из розовых ароматных цветков диаметром до 1,5 см. Зацветает в наших условиях поздно – с конца июля и цветет до конца сентября (табл. 2). В сентябре образуются плоды – коробочки, длиной до 3,5 мм, где формируются по одному овальному, довольно крупному (до 2 мм длиной) семени темно-коричневого цвета. Семена созревают в сентябре-октябре.

Таким образом, изученные нами арктические и аркто-альпийские виды растений при культивировании в условиях подзоны средней тайги показали высокую пластичность и интродукционную устойчивость. В условиях культуры ботанического сада хорошо развиваются, проходят полный цикл развития, завершая его плодоношением.

Литература

1. Дорофеева Н. С. Дикорастущие растения Якутии в культуре. Автореф. дис... канд. биол. наук. М., 1992. 16 с.
2. Красная книга Республики Коми / Под. ред А. И. Таскаева. Сыктывкар, 2009. 792 с.
3. Андреева В. Н., Похилько А. А., Филиппова Л. Н., Царева В. Т. Биологическая флора Мурманской области. Апатиты: Изд-во Кольского фил. АН СССР, 1984. 297 с.
4. Еленевский А. Г., Соловьева М. П., Тихомиров В. Н. Ботаника. Систематика высших или наземных растений. М.: Академия, 2001. 432 с.

НАХОДКИ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО И СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ВАНГЫР (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Н. А. Семенова, Т. Н. Пыстина

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
semenova@ib.komisc.ru, t.pyстина@ib.komisc.ru*

Начиная с 2010 г. специалистами Института биологии Коми НЦ УрО РАН проводятся регулярные работы, направленные на изучение биологического разнообразия природных экосистем западного макросклона Приполярного Урала. Одними из важных компонентов растительных сообществ являются лишайники. В настоящее время для многих обследованных районов Приполярного Урала получены данные, характеризующие видовое богатство лишайников, их встречаемость и экотопическую приуроченность. В ходе подготовки третьего издания Красной книги Республики Коми при исследованиях основной акцент был сделан на выявление местообитаний редких видов лишайников. Часть сведений обобщена и опубликована [1–6].

В настоящей работе представлены данные о местах произрастания видов, занесенных в новое издание Красной книги Республики Коми и в Приложение 2 «Перечень (список) объектов растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде и рекомендуемых для биологического надзора» [7]. Материалом для статьи послужили находки лишайников, сделанные авторами в 2008, 2011 и 2019 гг. в среднем течении р. Вангыр (окрестности хр. Лапапай, район устья р. Харота) и в ее истоках. Образцы лишайников хранятся в УНУ «Научный гербарий Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO)».

В растительных сообществах обследованных участков установлены местообитания 15 охраняемых в Республике Коми видов лишайников. Три вида (*Tuckneraria laureri*, *Lobaria pulmonaria*, *Stereocaulon dactylophyllum*) включены в Красную книгу Российской Федерации (2008) [8]. Еще семь нуждаются в биологическом надзоре за состоянием их популяций в природе.

Ниже приведен аннотированный список редких и охраняемых видов лишайников. Конкретные точки находок с географическими координатами указаны только для видов, встреченных не более трех раз.

1. *Acolium inquinans* (Sm.) A.Massal. – Аколиум грязный. Статус охраны – 3. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. LL: 64,973944 N, 59,201278 E; 64,983 N, 59,207444 E; 64,980944 N, 59,189083 E. На коре *Picea obovata* и *Abies sibirica* в еловом и пихтовом лесах чернично-зеленомошных.

2. *Cladonia parasitica* (Hoffm.) Hoffm. – Кладония паразитическая. Бионадзор. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. LL: 64,977167 N, 59,185361 E. На сухостое *Betula pubescens* в березняке чернично-зеленомошном.

3. *Collema subflaccidum* Degel. – Коллема увядающая. Статус охраны – 3. Среднее течение р. Вангыр: ~ 16,5 км выше по течению от устья р. Харота. LL: 64,904778 N, 59,251083 E. На *Salix sp.* в пойменном ивняке разнотравном.

4. *Evernia divaricata* (L.) Ach. – Эверния растопыренная. Бионадзор. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай, район устья р. Харота. На ветвях различных видов деревьев в сырых пойменных и долинных лесах (обычно ельниках и пихтарниках), в древостоях в нижней части горно-лесного пояса. Не часто.

5. *Hypogymnia bitteri* (Lyngé) Ahti – Гипогимния Биттера. Бионадзор. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай, район устья р. Харота. На коре деревьев и кустарников в старовозрастных лесах. Часто.

6. *Hypogymnia vittata* (Ach.) Parrique – Гипогимния ленточная. Бионадзор. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. LL: 64,973667 N, 59,205306 E. На сухостое *Abies sibirica* в пихтарнике папоротничково-зеленомошном.

7. *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. – Лобария легочная. Статус охраны – 3. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай, ~ 16,5 м выше по течению от устья р. Харота. LL: 64,97475 N, 59,195194 E; 64,904778 N, 59,251083 E. На коре *Salix sp.*, *Betula pubescens* в пойменных березово-еловых лесах и ивняках.

8. *Lobaria scrobiculata* (Scop.) DC. – Лобария ямчатая. Бионадзор. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай, ~ 16,5 м выше по течению от устья р. Харота. На коре *Betula pubescens*, реже *Sorbus aucuparia* и *Salix sp.* в пойменных и долинных лесах, в ивняках. Не часто.

9. *Microcalicium ahlneri* Tibell – Микрокалициум Алнера. Статус охраны – 2. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. LL: 64,971639 N, 59,174472 E. На древесине высокого пня *Picea obovata* в ельнике чернично-зеленомошном.

10. *Nephroma helveticum* Ach. – Нефрома швейцарская. Статус охраны – 2. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. LL: 64,987361 N, 59,174444 E. На коре сухостоя *Betula pubescens* в ельнике чернично-зеленомошном.

11. *Peltigera collina* (Ach.) Schrad. – Пельтигера холмовая. Статус охраны – 3. Среднее течение р. Вангыр: ~ 16,5 м выше по течению от устья р. Харота. На коре *Salix sp.* в пойменных ивняках. Редко.

12. *Peltigera venosa* (L.) Hoffm. – Пельтигера жилковатая. Бионадзор. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. Истоки р. Вангыр. На почве на бечевнике, на минеральном грунте в мелкоерниковой кустарничково-зеленомошно-лишайниковой тундре, на наклоненной поверхности в нижней части скалы. Редко.

13. *Phaeophyscia kairamoi* (Vain.) Moberg – Феофисция Кайрамо. Статус охраны – 2. Среднее течение р. Вангыр: ~ 16,5 м выше по течению от устья р. Харота. LL: 64,975902 N, 59,175432 E. На коре *Salix sp.* в пойменном ивняке разнотравном.

14. *Psora rubiformis* (Ach.) Hook. – Псора красноватая. Статус охраны – 4. Истоки р. Вангыр. LL: 64,88825 N, 59,175432 E; 64,895 N, 59,759167 E. На гумусе в углублениях вертикальных стенок скалы вдоль берега ручья.

15. *Ramalina roesleri* (Hochst. ex Schaer.) Hue – Рамалина Рэслера. Статус охраны – 3. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. LL: 64,973833 N, 59,176889 E. На ветвях *Picea obovata* в пойменном ельнике с березой и пихтой разнотравно-сфагновом.

16. *Rostania occultata* (Bagl.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin – Ростания скрытая. Бионадзор. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. LL: 64,98575 N, 59,174528 E. На *Salix dasyclados* на луговине с отдельно стоящими ивами.

17. *Sclerophora coniophaea* (Norman) J. Mattsson & Middelb. – Склерофора темноконусная. Статус охраны – 3. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. LL: 64,973944 N, 59,201278 E; 64,973167 N, 59,205528 E; 64,982611 N, 59,167472 E. На древесине *Betula pubescens* в ельнике чернично-зеленомошном.

18. *Stereocaulon dactylophyllum* Flörke – Стереокаулон пальчатолитный. Статус охраны – 3. Среднее течение р. Вангыр, окрестности хр. Лапапай. LL: 64,971997 N, 59,218138 E. На почве на курумниках.

19. *Stereocaulon symphycheilum* I.M. Lamb – Стереокаулон сrostногубый. Статус охраны – 3. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. Истоки р. Вангыр. LL: 64,971997 N, 59,218138 E. На почве на курумниках.

20. *Tuckneraria laureri* (Kremp.) Randle & A. Thell – Тукнерария Лайрера. Статус охраны – 3. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. LL: 64,986111 N, 59,175 E. На стволе *Betula pubescens* в ельнике папоротничково-зеленомошном.

21. *Usnea longissima* Ach. – Уснея длиннейшая. Статус охраны – 1. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. На ветвях *Picea obovata* и *Abies sibirica* в сырых еловых и пихтовых лесах. Довольно часто.

22. *Vulpicida juniperinus* (L.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai – Вульпицида можжевеловая. Статус охраны – 3. Среднее течение р. Вангыр: окрестности хр. Лапапай. Истоки р. Вангыр. LL: 64,973972 N, 59,200139 E; 64,895 N, 59,759167 E. На коре *Juniperus sp.* в ельнике чернично-зеленомошном и на каменистой почве в горной мохово-лишайниковой тундре.

Большая часть (10 из 15 видов) редких видов лишайников имеет категорию статуса охраны 3 (редкие виды). К категории 2 (сокращающиеся в численности) относятся 3 вида, к категориям 1 (виды, находящиеся под угрозой исчезновения) и 4 (виды неопределенные по статусу) - по одному виду.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы АААА-А19-119011790022-1 «Разнообразие растительного мира западного макросклона Приполярного Урала» при частичной поддержке Комплексной программы фундаментальных научных исследований УрО РАН проект № 18-4-4-14.

Литература

1. Бассейн реки Малый Паток: дикая природа / Под ред. В. И. Пономарева. Сыктывкар: Изд-во «Papus», 2007. 216 с.
2. Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожым (северная часть национального парка «Югыд ва») / Отв. ред. Е. Н. Патова. Сыктывкар, 2010. 192 с.
3. Пыстина Т. Н., Херманссон Я. Разнообразие лишайников Республики Коми: важнейшие итоги и перспективы дальнейших исследований // Современная ботаника в России: Тр. XIII съезда Русского ботанического общества и конференции «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна». В 3-х томах. Тольятти, 2013. Т. 1. С. 205–207.
4. Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва») / Отв. ред. С. В. Дёгтева. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 483 с.
5. Пыстина Т. Н., Семенова Н. А. Новые находки редких и охраняемых видов лишайников южной части национального парка «Югыд ва» и прилегающей территории // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров, 2016. С. 76–80.
6. Семенова Н.А., Пыстина Т.Н. Новые находки охраняемых видов лишайников южной части национального парка «Югыд ва» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. (г. Киров, 4–6 декабря 2017 г.). Киров: ВятГУ, 2017. С. 209–212.
7. Приказ Минприроды РК от 27.03.2019 N 498 «О перечнях (списках) редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов растительного и животного мира на территории Республики Коми» (вместе с «Перечнем (списком) объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Республики Коми», «Перечнем (списком) объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Республики Коми», «Перечнем (списком) объектов растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде и рекомендованных для биологического надзора», «Перечнем (списком) объектов животного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде и рекомендованных для биологического надзора»).
8. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ *PINUS SYLVESTRIS* L. В ООПТ «ЗАРЕЧНЫЙ ПАРК»

*Е. Ю. Ситникова*¹, *Е. А. Домнина*^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, sitnikovakatyua1997@gmail.com*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Особо охраняемая природная территория «Заречный парк» расположена в пойме правого берега р. Вятки в 2 км выше слободы Дымково Первомайского района г. Кирова. Площадь парка 232,6 га. ООПТ создана в целях сохранения пойменного соснового леса, имеющего историческое значение, являющегося местом обитания редких видов растений и животных, а также популярным местом отдыха населения. Ранее ООПТ «Заречный парк» относился к ботаническому [1], а в настоящее время относится к ландшафтному [2] памятнику природы.

История Заречного парка насчитывает несколько столетий. Старинный заповедный лес нынешнего Заречного парка был приписан к г. Хлынову (ныне г. Киров) в XVI веке в качестве резервного источника древесины для быстрого восстановления в случае пожара сгоревших построек и городских укреплений [1]. По другим источникам [3] правобережный сосняк был приписан к Хлыновскому посаду в 1703 г. согласно первому охранному указу Петра I.

В 1989 г. на территории Заречного парка была создана первая в Кировской области экологическая тропа по инициативе А. Н. Соловьёва, заведующего отделом природы Областного краеведческого музея, председателя Кировского отделения Всероссийского общества охраны природы (ВООП). За двадцать лет функционирования многие объекты ее инфраструктуры обветшали и пришли в негодность. Возникла необходимость обновления и восстановления тропы.

В 2017–2018 гг. тропа была восстановлена и обновлена. Инициаторами воссоздания экологической тропы стали министерство охраны окружающей среды Кировской области и администрация г. Кирова. Маршрут тропы протяженностью 3 км проходит по наиболее живописным уголкам парка и знакомит с его примечательными особенностями [3]. Экологическая тропа не является самостоятельной единицей ООПТ, а входит соподчиненным элементом в организационную структуру памятника природы регионального значения «Заречный парк».

К настоящему времени границы и режим особой охраны парка утверждены постановлением Правительства области от 08.12.2015 № 73/812. Следует отметить, что Заречный парк также входит в состав Зеленой зоны городов Кирова, Кирово-Чепецка и Слободского, созданной Постановлением Правительства Кировской области от 20.06.2007 № 98/258.

«Заречный парк» г. Кирова это редкий пример пойменного соснового леса, поэтому важным является изучение его особенностей.

Целью нашей работы было изучить состояние популяции сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающей на территории ООПТ «Заречный парк» г. Кирова.

На территории ООПТ «Заречный парк» г. Кирова случайным образом были выбраны 50 деревьев. У них были измерены окружности стволов, рассчитан диаметр, определен возраст и проведена оценка состояния.

Средний диаметр ствола *P. sylvestris* на территории ООПТ «Заречный парк» равен 0,64 м. Минимальное значение этого показателя 0,3, а максимальное 1,39 м. У взрослых деревьев [4] диаметр ствола составляет 0,5–1,2 м. Сосны, произрастающие на территории парка ещё не достигли своих максимальных значений. Тем не менее, некоторые экземпляры превышают стандартные значения.

Возраст деревьев определяли с помощью бурава Пресслера. Анализ кернов показал, что возраст сосны составляет от 75 до 180 лет. Это далеко не предел для данного вида: возраст сосны может достигать 150–300 и даже 600 лет [5].

Керны могут быть использованы и для первичного контроля за качеством древесины и поражённостью ее стволовыми гнилями. На полученных кернах были отмечены лишь единичные случаи внутреннего повреждения древесины.

Крона большинства экземпляров *P. sylvestris* яйцевидно-раскидистая, с закругленной или плоской вершиной, высокоподнятая. Ствол цилиндрический, у большинства деревьев он раздваивается на толстые ветки, становится неправильной формы и теряется среди боковых ветвей. Так некоторые сосны имеют одностороннюю крону, направленную в большей степени на северо-восток или на юг. Кора буровато-красная, с длинными продольными трещинами в нижней части, где образует толстый слой корки. Все это свидетельствует, что деревья находятся в зрелом генеративном состоянии. Оценка внешнего состояния также показала, что на некоторых соснах имеются различные повреждения, например, смолотечение, или патологическое выделение живицы из стволов деревьев хвойных пород, возникающее в результате действия внешних факторов, и морозобойные трещины.

Популяционная структура сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. в Кировской области неоднородна. А. И. Видякин [6] выделяет в пределах этой территории три миграционных зоны, 17 популяций, объединенных в 8 групп популяций.

Для определения принадлежности сосен Заречного парка г. Кирова к одной из миграционных зон, мы в феврале 2019 г. собрали шишки, высушили их и достали семена. Семена проростили в чашках Петри и у 30 проростков под биноклем подсчитали количество семядольных листочков (рис.). Среднее их количество было равно шести. Следовательно, *P. sylvestris*, произрастающая в ООПТ «Заречный парк», относится к южной миграционной зоне сосны обыкновенной на территории Кировской области [6].



Рис. Семядольные листья проростков *P. sylvestris*

На основании проведенной оценки можно сказать, что *Pinus sylvestris* L. в ООПТ «Заречный парк» относится к южной миграционной зоне сосны обыкновенной на территории Кировской области. Деревья ещё не достигли своего максимума в развитии, но находятся в зрелом генеративном состоянии. Для сохранения популяции требуется мониторинг за её состоянием.

Литература

1. Соловьев А. Н. Памятники природы Кировской области. Каталог. Киров: Кировский областной краеведческий музей; Кировский областной дворец пионеров-мемориал, 1979.
2. Хохлов А. А. Из истории заповедного дела на Вятской земле. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2008. 80 с.
3. Балахничева Л. Л. Экологическая тропа «Заречный парк». Методические рекомендации. Киров: Министерство охраны окружающей среды Кировской области; Вятский государственный университет, 2018. 90 с.
4. Булыгин, Н. Е., Ярмишко В. Т. Дендрология. СПб.: Наука, 2000. 528 с.
5. Губанов И. А. и др. *Pinus sylvestris* L. Сосна обыкновенная // Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3 т. М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технолог. иссл., 2002.
6. Видякин А. И., Глотов Н. В. Изменчивость количества семядолей у сосны обыкновенной на востоке европейской части России // Экология. 1999. № 3. С. 170–176.

О БИОМОРФОЛОГИИ *EREMOGONE SAXATILIS* В СОСНЯКАХ МЕДВЕДСКОГО БОРА

К. Д. Копосова, Н. П. Савиных
Вятский государственный университет,
koposova2013@yandex.ru, savva_09@mail.ru

Одной из важнейших проблем в современном мире является разработка мер и способов сохранения биоразнообразия, выяснения причин его изменения. С каждым годом увеличивается число работ, посвященных сокращению и исчезновению редких и охраняемых видов. Уменьшение видового разнообразия

разия приводит к нарушению взаимосвязей организмов внутри сообществ и даже к деградации их. Это напрямую касается уникальных сосновых лесов на песчаных почвах. В настоящее время здесь пока еще сохранились некоторые интразональные, в том числе – степные виды, обитающие на границах своих ареалов. Изучение таких организмов с позиции выявления адаптаций к существованию вне пределов сплошных ареалов важно и актуально, особенно в связи с необходимостью определения мер поддержания и сохранения их.

Eremogone saxatilis (пустынница злаколистная) – европейско-сибирский вид, произрастающий в европейской части России и в южных районах Сибири в нечерноземной полосе [1]. Для Кировской области она отмечена как очень редкий вид, встречающийся в основном в южных районах: Арбажском, Вятскополянском, Нолинском, Советском, а также в Слободском [2]. Иногда пустынница встречается в осветленных сосновых лесах, на опушках, вдоль лесных дорог на территории памятника природы «Медведский бор». В начале наших исследований этот вид наблюдали лишь в единственном месте в квартале 117. В настоящее время она встречается чаще, о чем будет отмечено далее.

E. saxatilis – мезоксерофит, псаммофит, обитает в остепненных борах, на опушках, песчаных лесных полянах, по пескам, железнодорожным насыпям [1–3], относится к боровым видам по классификации эколого-ценотических групп. В умеренном обилии ее можно встретить от полупустынных до сухолуговых местообитаний, на довольно богатых слабо аллювиальных почвах с переменным и умеренно переменным увлажнением. Единично пустынница может переносить условия влажных лугов и небогатых почв. Являясь светолюбивым, устойчивым к повышенным температурам видом, она отличается невысокой способностью к использованию различных условий среды, особенно резко реагируя на увлажнение почв [4].

E. saxatilis указана в Красных книгах различных регионов России, в том числе в приложении Красной Книги Кировской области 2014 г. [5].

Цель исследования – изучение специфики биоморфологии *Eremogone saxatilis* в связи с особенностями фитоценоза для выявления ее приспособленностей к условиям среды в сосняках Медведского бора.

Известно, что на территории ООПТ «Медведский бор» данный вид произрастает в осветленных участках (вдоль лесных дорог, «окна» леса) сосняков. Материалы были собраны и изучены на территории памятника природы «Медведский бор» Нолинского района Кировской области в зоне регулируемого лесопользования (117 квартал) в вегетационный период 2019 г. Поскольку этот вид охраняется в Кировской области, особенности биоморфологии его изучали в основном без изъятия из среды.

Особенности онтогенеза *E. saxatilis* описаны Н. В. Усмановой (2011) в условиях интродукции на юго-востоке Украины [6]. По имеющимся в литературе данным, онтогенез *E. saxatilis* неполный, как и у других степных видов в Медведском бору [7]. В зрелом генеративном онтогенетическом состоянии *E. saxatilis* имеет в основном моноцентрическую биоморфу. Анализ гербарных образцов [8–10] подтвердил эти данные.

Для выяснения влияния фитоценоза на развитие растений в местах их произрастания выполнили геоботанические описания по общепринятым методикам [11–13] на четырех пробных площадях (ПП) размером 200 м².



Рис. 1. Площадь исследования *E. saxatilis* в ООПТ «Медведский бор» (117 кв.) – а; гербарный образец *E. saxatilis* с типичной моноцентрической биоморфой (Цифровой гербарий МГУ: <https://plant.depo.msu.ru/>) – б

Все ПП заложены в сосняках бруснично-зеленомошных. Древостой ПП № 1 характеризуется преобладанием сосны с небольшим участием березы, сообщество 1 класса бонитета, сомкнутость крон 15%, высота деревьев колеблется от 21 до 32 м, средний возраст древостоя – 106 лет. В подросте отмечены сосна, ель, береза.

Подлесок по большей мере выражен слабо, где доминирует вид сухих песков (PsTr) – ракитник русский, а также произрастает в небольшом количестве бореально-опушечный вид – малина обыкновенная.

Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 15%. Травянистые растения представлены 8 видами, среди которых преобладают боровые (Br) виды: брусника, купена лекарственная, вейник наземный, кошачья лапка двудомная, астрагал песчаный, пустынная злаколистная. Также были отмечены неморально-опушечные (1) и виды сухих лугов (1).

Мохово-лишайниковый ярус представлен зелеными мхами (политрихум, дикран метловидный) и тремя видами кладоний. Их проективное покрытие составляет 80%.

ПП № 3 с формулой леса 10С имеет 2 класс бонитета, с сомкнутостью крон 20%. Средняя высота деревьев в данном сообществе 25 м, возраст варьирует от 101 до 126 лет. На данной пробной площади отмечен подрост сосны, а также клена остролистного. В отличие от предыдущей пробной площади, в подлеске присутствует рябина обыкновенная (Br), но нет малины.

Травяно-кустарничковый ярус имеет проективное покрытие 20%. Доминируют в нем боровые (прострел раскрытый, гвоздика песчаная) и лугово-степные (василька сумского) виды растений. Мохово-лишайниковый ярус имеет проективное покрытие 80%, где отмечено присутствие 2 видов кладоний и дикрана многоножкового.

ПП № 4 В отличие от остальных исследуемых территорий, имеет большую из всех сомкнутость крон – 25%, в подросте нет клена, но добавляются береза и дуб. В подлеске присутствуют ракитник русский (PsTr), рябина обыкновенная и можжевельник обыкновенный (Br).

Травяно-кустарничковый ярус представлен 21 видом, среди которых присутствуют боровые виды (9): ястребинка волосистая, гвоздика Борбаша, гвоздика песчаная, тромсдорфия пятнистая и др., растения сухих и свежих лугов – тысячелистник обыкновенный, нивяник обыкновенный, бедренец камнеломка, а также неморально-опушечные виды (3) и др.

Проективное покрытие мохово-лишайникового яруса 75%. Были отмечены те же виды, что и на предыдущей пробной площади.

На всех ПП *E. saxatilis*, растет только вдоль дороги. Вглубь леса она не заходит. Здесь, как и на совсем открытых местах, она существует в виде моноцентрической биоморфы. По-видимому, эти особи недолго живущие, подобно гвоздике Борбаша [7]. Это объясняется тем, что по отношению к условиям освещенности-затенения *E. saxatilis* предпочитает световой режим открытых и полуоткрытых пространств [4] и в лесу ей света недостаточно.

ПП № 2 располагалась в глубине этого же квартала дальше от дороги. Древостой отличается повышением бореальной элемента: формула леса – 10С+Б, с сомкнутостью крон 10%. В подросте – березы, осины, сосны, ели и дуб.

В подлеске наряду с видами сухих песков (1) и боровыми (1) видами встречаются представители бореальных (2), бореально-опушечных (1), неморально-опушечных (1), аллювиальных (1) групп. Они значительно снижают освещенность в травяно-кустарничковом ярусе и препятствуют сохранению светолюбивых видов, в том числе – пустынницы.

Несмотря на это, пока в травяно-кустарничковом ярусе присутствуют все еще боровые виды (8) и неморальный вид – ландыш майский. Но значительно усиливают позиции бореальные виды – черника обыкновенная и ортилия однобокая. Проективное покрытие составляет 20%.

Общее проективное покрытие мохово-лишайникового яруса 90%, который представлен теми же видами зеленых мхов и кладоний, что и на ПП № 1.

Особи пустынницы в этом сообществе обнаружены на освещенном участке – в «окне», возникшем на месте поваленных деревьев. Они на данной пробной площади имеют особое строение: диаметр их намного больше, преобладают вегетативные парциальные образования – в надземной части отдельные побеги и их системы небольшой сложности (рис. 2). Отдельные особи не цветут. Они преобладают в составе ценопопуляции. При детальном анализе оказалось: 1) особи явнополицентрические, с отходящими друг от

друга парциальными образованиями на 10 см и более; 2) особи со значительным абсолютным возрастом; 3) особи из большого числа вегетативных парциальных образований, которые, по-видимому станут вегетативно-генеративными в следующем году, поскольку побеги у этого вида диолигоциклические монокарпические.



Рис. 2. Внешний вид *E. saxatilis*

Подобные по строению особи встречаются в последние годы часто на месте проведенных лесохозяйственных мероприятий в сосняках Медведского бора и в других кварталах. До настоящего исследования причины «внезапного» появления пустыни были не понятны.

По-видимому, при недостатке света *E. saxatilis*, как степные [14, 15] и боровые [16] растения, переходит к жизненной стратегии специализированного пациента и способно переживать недостаток света в вегетативном состоянии в течение длительного времени. При смене светового режима (появление «окна» в лесу), она выходит из этого состояния и в дальнейшем способна к восстановлению ценопопуляции и расселению.

Полученные новые данные подтверждают способность охраняемых и ставших редкими в Медведском бору степных растений к переживанию условий затенения при формировании сосняков с высокой полнотой древостоя и низкой освещенностью в них и восстановлению ценопопуляций при осветлении сообществ. Кроме того, необходимо осуществлять научно обоснованную лесохозяйственную деятельность для воспроизведения ценопопуляций этой группы видов и сосняков, а также сохранения биоразнообразия этой охраняемой территории в целом.

Литература

1. Губанов И. А. и др. Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3-х томах. М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. иссл., 2004. 520 с.
2. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1 Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.

3. Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. СПб.: СПХФА, 2000. 781 с.
4. Копосова К. Д., Савиных Н. П. География и экология пустынь злаколистной // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Кн. 2. Киров: ВятГУ, 2018. С. 51–55.
5. Красная книга Кировской области. Киров, 2014. 336 с.
6. Усманова Н. В. Биоморфологические особенности *Eremogone saxatilis* (L.) Ikonn. в условиях юго-востока Украины // Промышленная ботаника. 2011. Вып. 11. С. 236–240.
7. Савиных Н. П., Шишкина Н. И. Биоморфология гвоздики борбаша *Dianthus borbasii* Vandas // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». 2016. № 2. С. 53–61.
8. Серегин А. П. (ред.) Цифровой гербарий МГУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://plant.depo.msu.ru/>
9. Государственный природный биосферный центральносибирский заповедник. Гербарий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://centralsib.com/page/gerbarii/>
10. Гербарий КГПУ им Л.М. Черепнина [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://herba.kspu.ru/?page=album>
11. Раменский Л. Г. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л.: Наука, 1971. 334 с.
12. Ипатов В. С., Мирин Д. М. Описание фитоценоза: Методические рекомендации. СПб: Изд-во СПбГУ, 2008. 71 с.
13. Сорокина Г. А. Учебная полевая практика по геоботанике. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. 30 с.
14. Савиных Н. П., Шишкина Н. И. Биоморфология *Centaurea sumensis* Kalen. с позиции охраны вида // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2016. № 2 (34). С. 69–86.
15. Пичугина Е. В. Биоморфология и структура ценопопуляций *Jurinea Cyanoides* (L.) Reichenb. и *Dianthus Arenarius* L. на северо-востоке Европейской России в связи с их охраной. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киров, 2007. 261 с.
16. Новосад Е. В., Щербакова О. Ф. Особенности сезонного изменения морфопараметров и структуры годичных побегов некоторых видов рода *Pulsatilla* Mill. в урбанизированных ландшафтах г. Киева // Промышленная ботаника. 2013. Вып. 13. С. 53–63.

ОСОБЕННОСТИ БИОМОРФОЛОГИИ *POLYGONATUM ODORATUM* В ЛЕСАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»

Е. Э. Душина, Н. П. Савиных
Вятский государственный университет,
Dushina_Yelena@mail.ru, savva_09@mail.ru

Растения благодаря присущей им пластичности реагируют на изменения условий среды преобразованием процессов формообразования и способны реализовать генетическую программу развития по-разному. В типичных местообитаниях особи имеют характерный габитус, а при смене условий их морфометрические параметры изменяются. Так как структура особи отражает условия обитания растения, возможно, особенности биоморфологии указывают на степень целостности отдельных растительных сообществ или их трансформации, особенно у видов с широким спектром местообитаний как

купена лекарственная (*Poligonatum odoratum* (Mill.) Druce) из семейства Ландышевые (Convallariaceae) – также известная как купена душистая. Она распространена в Западной Европе, Прибалтике, Белоруссии, на Украине, в Молдавии, на Кавказе, в Малой Азии, Западной Монголии и Китае. В России она встречается практически повсеместно в европейской части, кроме районов крайнего севера, в Сибири и на Дальнем Востоке [1]. Предпочитает песчаные почвы. Растение ядовитое, применяется в народной медицине [2]. Листья купены содержат много витамина С, в корневищах обнаружены алкалоиды, сапонины, витамин С, сахара и слизь, в ягодах – сердечные гликозиды [3]. Вид занесен в Красные книги Вологодской области [4], города Москва [5], республики Саха (Якутия) [6].

P. odoratum – евразийский неморальный вид. Встречается редко, в основном в сосновых, реже в еловых, смешанных и лиственных лесах, также может произрастать в зарослях кустарников [1]. В Кировской области преимущественно встречается в южной части [1], в том числе на территории памятника природы регионального значения «Медведский бор» с огромным многообразием экотопов – от сухих песчаных дюн до небольших верховых, переходных и низинных болот. Здесь представлено все разнообразие типов южно-таежных сосновых лесов с присутствием растительности бореального и неморального комплексов. Эти сообщества представляют собой разные стадии трансформации остепненных боров, распространенных в прошлом на его современной территории [7]. *P. odoratum* в них встречается часто, в основном характерна для сосняков бруснично-зеленомошных, реже – зеленомошных и орляковых. В этих лесах разные условия освещения, состав подлеска, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов. А также отмечено разное морфологическое строение особей многих видов, в том числе и представителей рода купена. Поэтому целью нашего исследования стало изучение биоморфологических особенностей *P. odoratum* в зависимости от типа сообщества для определения возможных индикаторных свойств этого растения.

P. odoratum – летне-зеленый поликарпик, геофит, многолетнее травянистое растение с горизонтальным гипогеемным корневищем. Стебель гранитый на поперечном срезе, может достигать 70 см высотой. Листорасположение очередное, форма листовой пластинки продолговато-овальная. Цветоножки поникающие, могут нести по 1–2 цветка. Цветет в мае, плоды начинают созревать в начале июля [2].

В литературе [8] описаны особенности онтогенеза купены многоцветковой (*Polygonatum multiflorum* (L.) All.). В связи с морфологическим сходством вегетативных органов ее и *P. odoratum* мы сочли возможным использовать указанные данные для идентификации особей и этого вида.

В июне 2019 г. проанализировано две ценопопуляции *P. odoratum* близ поселка Медведок Нолинского района Кировской области в сосняке бруснично-зеленомошном и сосняке орляковом. Описания растительных сообществ проводили согласно общепринятым геоботаническим методикам [9]. Также

мы определили эколого-ценотические группы видов подлеска и травяно-кустарничкового яруса [10].

Для установления морфологических особенностей особей на пробных площадках (20x20 м) были заложены учетные площадки (1x1 м). На них определены следующие параметры особей (рис.): высота побега в надземной части, длина и ширина листа, число листьев, число плодов или их отсутствие. Дополнительно в лаборатории были рассчитаны соотношение длины и ширины листа. Побег купены в надземной части неветвящийся, поэтому он был принят за счетную единицу при изучении ценопопуляций. В общей сумме мы проанализировали в сосняке орляковом 25 парциальных образований *P. odoratum*, в сосняке бруснично-зеленомошниковом – 74 (табл. 1).

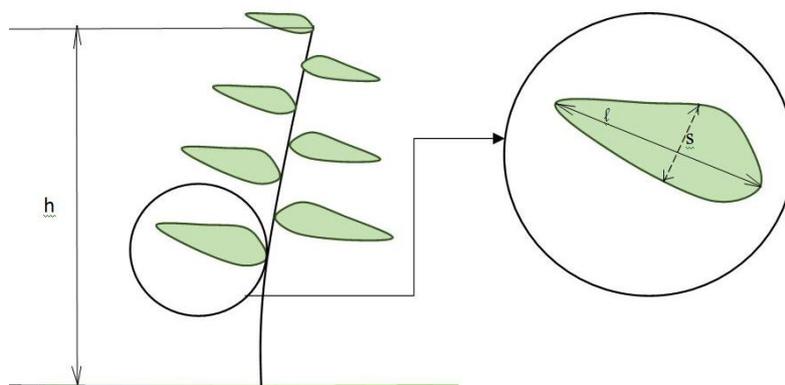


Рис. Схематичное изображение выполненных промеров *P. odoratum*:
h – высота побега; l – длина листовой пластинки;
s – ширина листовой пластинки

Мы сопоставили данные по характеристике онтогенетических состояний [8] с полученными данными. К имматурным особям отнесли растения высотой 15–25 см с 3–5 листьями, к виргинильным – 30–40 см и 8–10 листьев, генеративные – 40–50 см и 15–17 листьев. После этого были сопоставлены спектры и особенности морфологии особей с типом растительного сообщества.

В сосняке орляковом древостой представлен *Pinus sylvestris* L. Сомкнутость крон – 15%. Несмотря на невысокую сомкнутость крон древостоя освещённость травянистого яруса значительно снижается из-за затенения его вайями папоротника. Средняя высота древостоя – $29,30 \pm 5,03$ м, средний диаметр ствола – $47,00 \pm 7,02$ см, возраст – $104,00 \pm 11,00$ лет. В подросте отмечена *P. sylvestris*. В подлеске присутствует боровой вид (далее – Pn) *Juniperus communis* L. и вид сухих песков (далее – PsTr) *Chamaecutis ruthenicus* (Fisch. Ex Woloszcz.) Klask.

Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 20%, в его составе присутствуют бореальные виды (далее – Br) *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth и *Orthilia secunda* (L.) House, Pn – *Vaccinium vitis-idaea* L., *P. odoratum* и *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, неморальный вид (далее – Nm) – *Stellaria nemorum* L., растения свежих лугов (далее – MFr): *Pimpinella*

saxifraga L., *Alchemilla vulgaris* L. и *Achillea millefolium* L., *Fragaria vesca* L. и *Festuca pratensis* Huds., растения опушек (далее – ExEd) – *Galium boreale* L.

Таблица 1

Морфометрические показатели особей *P. odoratum*

Морфометрический показатель	Сосняк орляковый						Сосняк бруснично-зеленомошный					
	Вег., n=12			В-Г, n=13			Вег., n=64			В-Г, n=10		
	min	max	μ	min	max	μ	min	max	μ	min	max	μ
Высота побега (h), см	12	40	27,7	25	40	30	8	38,5	22	23,5	50	41
Длина листа (l), см	6,9	11	9	8	11	9	2	9	6,2	6,5	10	8,2
Ширина листа (s), см	1,5	4,7	3,2	2,5	4,5	3,5	0,5	3,6	1,7	2,8	3,8	3,1
Отношение l/s, см	2,2	4,6	3	2,1	3,7	2,7	0,7	6	3,8	2	3,7	2,7
Число плодов, шт	-	-	-	1	4	2	-	-	-	1	5	3
Число цветков, шт	-	-	-	0	1	1	-	-	-	-	-	-
Число листьев, шт	3	7	6	7	8	7	1	8	5	7	11	9
Отношение h к числу листьев	4	5,7	4,6	3,6	5	4,3	8	4,8	4,4	3,4	4,5	4,6

Примечание: μ – среднее значение, n – количество исследованных растений, Вег. – вегетативные особи, В-Г – вегетативно-генеративные особи.

Мохово-лишайниковый ярус представлен *Dicranum polysetum* Sw. Также присутствует внеярусная растительность – *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.

На площадке отмечено 25 особей *P. odoratum*: 12 вегетативных и 13 вегетативно-генеративных (табл. 2). Из них 4 имматурных особи и 8 виргинильных. У вегетативно-генеративных растений меньше высота и число листьев: 30 и 7 соответственно (табл. 1). По-видимому, это позднегенеративные растения, а часть вегетативных высоких с большим числом листьев (40 и 7 соответственно) находятся в состоянии перерыва в цветении, что свойственно многим травам в условиях близких к крайним значениям зоны толерантности.

Таблица 2

Сравнительные морфометрические показатели особей *P. odoratum* в разных типах лесов

Тип леса	Число особей, шт			Онтогенетические состояния, шт				Число листьев, шт	Длина, см (l)	Ширина, см (s)	l/s
	Всего	Вег.	В-Г	j	im	v	g				
Сосняк орляковый	25	12	13	0	4	8	13	6,5	9	3,35	2,8
Сосняк бруснично-зеленомошный	74	64	10	8	37	19	10	7	7,2	2,4	3,2

Примечание: Вег. – вегетативные особи, В–О – вегетативно-генеративные особи.

В сосняке бруснично-зеленомошном древостой представлен также *P. sylvestris*. Сомкнутость крон – 20%. Средняя высота древостоя – 30,00±6,08 м, средний диаметр – 34,00±9,29 см, средний возраст – 113,00±14,04 лет. Подрост представлен *P. sylvestris*, *Betula pendula* Roth и *Picea abies* (L.) Н. Karst. Подлесок состоит из *Juniperus communis* (Pn), *Sorbus aucuparia* (Br), и *Rhamnus frangula* (Br), *C. ruthenicus* (PsTr), и *Quercus robur* (Nm).

Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 25%. Он представлен *V. vitis-idaea* (Pn), *P. odoratum* (Pn), *Pulsatilla patens* (L.) Mill. (Pn), *Astragalus arenarius* L. (Pn), *C. arundinacea* (Br), *Melampyrum sylvaticum* L. (Br), *Rubus saxatilis* L. (Br), *O. secunda* (Br) и *C. epigejos* (Br), *Convallaria majalis* L. (Nm), *P. saxifrage* (MFr), *F. vesca* (MFr), *Hieracium umbellatum* L. (ExEd).

Мохово-лишайниковый покров образован *Dicranum polysetum* Sw, *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Cladonia arbuscular* (Wallr.) Flot., *Cladonia rangiferina* (L.) F. Н. Wigg. Также присутствуют представители внеярусной растительности: *Evernia mesomorpha* Nyl., *H. physodes*, *Pseudoevernia furfuracea* (L.) Zopf. и *Ramalina thrausta* (Ach.) Nyl.

В этом сосняке выявлено 74 особи *P. odoratum*: вегетативные: ювенильные – 8, имматурные – 37, виргинильные – 19 и 10 генеративных. Значения высоты растений и число листьев, как и в предыдущем сообществе также свидетельствуют, по-нашему мнению, о существовании растений в условиях, близких к крайним значениям зоны толерантности вида.

Существенным показателем органообразовательной деятельности апекса побега является число листьев, сформированных им за вегетационный период. У вегетативных особей эти значения в обоих сообществах близки. Но различны у вегетативно-генеративных особей: в сосняке бруснично-зеленомошном их больше. При этом к цветению растения переходят при одинаковом числе листьев: 7–8. Но в сосняке зеленомошном больше метамеров с плодами и большие максимальные значения их.

Особенно существенны значения длины и ширины листа и их соотношения. Последнее является наиболее используемым признаком для разграничения онтогенетических состояний прегенеративного и постгенеративного периодов онтогенеза растения. В сосняке орляковом листья и у вегетативных, и у вегетативно-генеративных особей длиннее и шире, чем в сосняке бруснично-зеленомошном. Но листьев у генеративных особей в сосняке орляковом меньше, чем в сосняке брусничном.

Таким образом, в сосняке орляковом отмечено меньшее число особей, слабое возобновление и органообразовательная деятельность апекса, что можно объяснить недостаточной освещённостью; в сосняке бруснично-зеленомошниковом значительно преобладают вегетативные особи, наблюда-

ется перерыв в цветении у многих из них. Все это указывает на угнетение растений и свидетельствует о возможности использования *P. odoratum* в качестве индикаторного вида при определении стадии трансформации сосняков. Задача будущих исследований – определение признаков и критериев для оценки состояния сообществ.

Литература

1. Губанов И. А. и др. Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3-х томах. М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. иссл., 2002. 527 с.
2. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.
3. Минаева В. Г. Лекарственные растения Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. 428 с.
4. Красная книга Вологодской области / Отв. ред. Г. Ю. Конечная, Т. А. Сулова. Вологда: ВГПУ, Изд-во «Русь», 2004. Т. 2. Растения и грибы. 360 с.
5. Красная книга города Москвы / Отв. ред. Б. Л. Самойлов, Г. В. Морозова; Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. Экологический фонд развития городской среды «Экогород». 2-е изд., перераб. и доп. М., 2011. 928 с.
6. Красная книга Республики Саха (Якутия). Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / Отв. ред. Н. С. Данилова. М.: Изд-во «Реарт», 2017. 412 с.
7. Савиных Н. П. и др. Состояние и динамика биоразнообразия при искусственном восстановлении сосняков // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2018. № 3. С. 301–316.
8. Истомина И. И. Анализ структуры популяций купены многоцветковой (*Polygonatum multiflorum* (L.) All.) в природно-историческом парке «Битцевский лес» // Вестник РУДН, 2016. С. 43–51.
9. Ипатов В. С. Описание фитоценоза: Методические рекомендации. СПб., 2008. 71 с.
10. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / Под ред. О. В. Смирновой. М., 2004. 479 с.

ДИНАМИКА ФИТОМАССЫ ПОДЛЕСКА В СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЛИСТВЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ ПОСЛЕРУБОЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Т. А. Пристова

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, pristova@ib.komisc.ru

Особенностью фитоценозов, формирующихся на вырубках путем естественного лесовозобновления, является существенное изменение пространственной структуры, ярусов и видового состава. В процессе развития лесных экосистем после рубки происходит потеря их естественной структурно-динамической организации по сравнению с исходным фитоценозом [1]. Оценка запасов органической массы растений лесных фитоценозов является важным показателем, отражающим их биологическую продуктивность, однако, исследователями больше внимания уделяется древостою, данные по фи-

томассе подлеска приводятся редко [2, 3]. Актуальность определения фитомассы древесных растений подлеска и ее динамики обусловлена необходимостью пополнения баз данных по биологической продуктивности и фитомассе не только древостоя, но и лесного фитоценоза в целом. Цель исследований состояла в определении фитомассы древесных растений подлеска в лиственных фитоценозах послерубочного происхождения и ее динамика за 10-летний период.

Исследования проведены в подзоне средней тайги на базе Ляльского лесозоологического стационара Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН в Кылттовском лесничестве Княжпогостского района Республики Коми. Постоянные пробные площади (ППП) закладывали под руководством д.б.н., профессора К. С. Бобковой в березово-еловом молодняке разнотравном и осиново-березовом насаждении разнотравно-черничного типа (62°18' с.ш., 50°55' в.д.) произрастающих на месте рубки ельников [4]. Согласно таксационным измерениям, проведенным в 10-летнем березово-еловом молодняке состав древостоя (по запасу) - 8Б2Еед.Сед.Ос и 7Б3Е+С ед.Ос в 20-летнем возрасте, в 38-летнем осиново-березовом насаждении - 5Ос4Б1Еед.Пх и 6Ос3Б1Еед.Пх в 48-летнем. Подлесок исследуемых фитоценозов представлен 6 видами древесных растений и состоит из *Salix caprea* L., *Sorbus aucuparia* L. и единичных экземпляров *Rosa acicularis* Lindl. (высотой до 0,5 м) и *Lonicera pallasii* Ledeb. (от 0,6 до 1 м), в березово-еловом молодняке дополнительно – *Salix pentandra* L. и *S. philicifolia* L.

Для определения запасов фитомассы подлеска в исследуемых фитоценозах использован метод «модельных деревьев» с последующим применением аллометрических уравнений для оценки отдельных фракций древесных растений и фитомассы подлеска в целом. Фитомасса шиповника и жимолости рассчитывалась по весу среднего по высоте растения, так как эти виды представлены в подлеске единичными экземплярами [2, 5, 6].

Динамика фитомассы древесных растений подлеска специфична и обусловлена биологическими особенностями видов и стадией сукцессионного развития исследуемых производных насаждений. За 10-летний период общие запасы органического вещества древесных растений подлеска снизились – с 8,8 до 4,7 т/га в березово-еловом молодняке и с 4,0 до 3,8 т/га в осиново-березовом насаждении (табл.). Довольно близкие показатели (3,9 т/га) приводятся для 25-летнего березняка, расположенного южнее (Республика Марий Эл) [3]. Ведущая роль в накоплении фитомассы подлеска в исследуемых фитоценозах принадлежит рябине и иве. Снижение массы рябины в березово-еловом молодняке более чем в 2 раза обусловлено рядом ее биологических особенностей: она хорошо размножается корневыми отпрысками и первые 3–5 лет после рубки происходит увеличение ее численности, которое к 10 годам достигает максимума, а через 10–12 лет после рубки она вытесняется более долговечными и быстрорастущими лиственными породами – березой и осинкой [7]. Небольшое снижение с 3,9 до 3,7 т/га массы рябины, составляющей до 90% от общей фитомассы подлеска осиново-березового насаждения, связано с уменьшением количества деревьев в результате естественного изреживания и увеличением до 25% численности усыхающих особей.

Более 70% общих запасов фитомассы подлеска исследуемых фитоценозов приходится на стволовые части. Это во многом связано с особенностью распределения фракций фитомассы рябины, доминирующей в исследуемых насаждениях – небольшая масса ветвей и листьев по отношению к стволу – 1:1:7 в березово-еловом молодняке и 1:2:10 в осиново-березовом насаждении. Такое соотношение объясняется тем, что рябина, несмотря на свою теневыносливость, в условиях недостаточной освещенности под пологом древостоя формирует зонтикообразную крону [7]. Фитомасса кустарников – шиповника и жимолости в

исследуемых фитоценозах небольшая ($\geq 1\%$) и обусловлена единичной встречаемостью в исследуемых фитоценозах (табл.).

Таблица

Фитомасса древесных растений подлеска исследуемых лиственных фитоценозов, кг/га

Растение подлеска	Осиново-березовое насаждение		Березово-еловый молодняк	
	38 лет	48 лет	10 лет	20 лет
Рябина	3909,0	3665,4	4773,1	2088,5
Ива*	81,3	100,6	4006,8	2645,4
Жимолость	0,4	0,4	0,3	1,9
Шиповник	0,3	0,4	0,4	0,4

Примечание. *Данные по фитомассе ивы в осиново-березовом насаждении представлены для одного вида - *Salix caprea*, в березово-еловом молодняке общие для трех видов – *Salix caprea*, *S. pentandra* и *S. philicifolia*.

В березово-еловом молодняке ива представлена тремя видами – *Salix caprea*, *S. pentandra* и *S. philicifolia*, которые занимают разные ниши в древесной растительности. За 10-летний период их фитомасса снижается в 1,5 раза (табл.). В молодняке *Salix caprea*, имеет жизненную форму одноствольного дерева, которая отличается светолюбивостью и не выдерживая конкуренции с формирующимся древостоем, постепенно отпадает [8]. Кустарниковые формы ивы – *S. pentandra* и *S. philicifolia* более устойчивы и произрастают под пологом формирующегося древостоя молодняк в виде биогрупп, состоящих из нескольких стволов, которые в условиях увеличивающегося затенения от древостоя, постепенно отмирают [9]. Ива, представленная в подлеске осиново-березового насаждения одним видом – ивой козьей, в течение исследуемого периода имеет небольшую фитомассу (табл.). Объясняется это тем, что ива в данном фитоценозе представлена в основном мелкой порослью высотой до 0,5–1 м и крупными деревьями – около 5 м, при этом деревьев высотой от 1 до 4,5 м немного и большинство из них сухие. Такое распределение по высоте обусловлено гибелью порослевых побегов ивы козьей в течение 5–7 лет, что связано с биологическими особенностями данного вида, возрастом и стадией сукцессионного развития осиново-березового фитоценоза [8].

Таким образом, фитомасса подлеска лиственных фитоценозов послерубочного происхождения, представленного 6 видами древесных растений, за 10-летний период снижается. Установлено, что ведущая роль в формировании фитомассы подлеска исследуемых фитоценозов принадлежит иве и рябине. Выявлено, что динамика аккумуляции органического вещества древесными растениями подлеска обусловлена биологическими особенностями видов, которые его формируют, их численностью, естественным изреживанием и стадией сукцессии.

Работа выполнена при финансовой поддержке темы госзадания Института биологии Коми научного центра УрО РАН (№ АААА-А 17-117122090014-8) «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском Северо-Востоке России».

Литература

1. Мелехов И. С. Изучение концентрированных рубок и возобновления леса в связи с ними в таежной зоне // Концентрированные рубки в лесах Севера: Сб. статей. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 5–47.
2. Усольцев В. А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 636 с.

3. Закамская Е. С., Закамский А. В. Фитомасса подлеска в березняках // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 9 (51). С. 6–9.
4. ОСТ 56–69–83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. М.; ЦБНТИ гослесхоза СССР, 1983. 60 с.
5. Уткин А. И., Замолодчиков Д. Г., Коровин Г. Н. Определение запасов углерода насаждений на пробных площадях: сравнение аллометрического и конверсионно-объемного методов // Лесоведение. 1997. № 5. С. 51–65.
6. Repola J. Biomass Equations for Birch in Finland // *Silva Fennica*. 2008. 42 (4). P. 605–624.
7. Ковалев Н. В. Ресурсный потенциал и ценотическая роль рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) в лесных экосистемах Ленинградской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.03.02. СПб., 2012. 20 с.
8. Недосеко О. И. Разнообразие жизненных форм ивы козьей (*Salix caprea* L.) // Бюл. Моск. общества испытателей природы. Отд. биол. 2011. Т. 116. Вып. 5. С. 55–63.
9. Сидорова О. В., Пахов А. С., Софронов А. А. Эколого-биоморфологические особенности ивы пятитычинковой (*Salix pentandra* L.) // Вестник северного (арктического) федерального университета. Серия: естественные науки. 2012. № 4. С. 82–89.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНОГО ОБМЕНА *PINUS SYLVESTRIS* L. И *PICEA OBOVATA* LEDEB.

С. Н. Сенькина

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, senkina@ib.komisc.ru

Рост и развитие растений происходит в тесной зависимости от напряженности факторов окружающей среды, в том числе газового состава воздуха [1]. Для разных пород существуют определенные пределы напряженности этих факторов, при которых нарушается течение физиологических процессов в ассимиляционном аппарате. В бореальных лесах европейского северо-востока России основными загрязнителями воздуха являются предприятия целлюлозно-бумажного производства [2, 3]. В Республике Коми крупнейшим источником промышленных выбросов в воздушное пространство является целлюлозно-бумажное предприятие АО «Монди Сыктывкарский лесопромышленный комплекс» (СЛПК). Ежегодно это предприятие выбрасывает до 30 тыс. т/год поллютантов, таких как оксиды углерода, серы, азота, сероводород, сераорганические соединения, минеральная пыль [4].

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и ель сибирская (*Picea obovata*) являются одними из чувствительных к загрязнению древесных растений благодаря способности многолетней хвои накапливать атмосферные поллютанты в течение длительного времени. Наряду с уже имеющимися данными по динамике содержания CO₂ в лесном пологом, изменением анатомической структуры хвои сосны и ели и влияния газовых выбросов на пигментную систему [5–8], нами были проведены исследования по влиянию выбросов СЛПК на изменения водного обмена хвои сосны и ели.

Изучение параметров водного обмена ассимиляционного аппарата хвои сосны обыкновенной проводилось на хвое первого и второго года жизни, в

лишайниковом типе леса, расположенном в 3,6 км северо-восточнее источника загрязнения. Фоновым участком служили деревья сосны, произрастающие на территории Ляльского лесозооэкологического стационара (62°17' с.ш., 50°40' в. д.) в 50 км северо-восточнее лесопромышленного комплекса также в лишайниковом типе леса. Древостой имеет состав 10С, возраст 150 лет. Основное направление ветров в период наблюдений – северное, северо-восточное. Выявлено, что наибольшее влияние выбросов Сыктывкарского ЛПК отражается на молодой, развивающейся хвое первого года жизни. Так водный дефицит в хвое первого года жизни увеличивается на загрязненном участке с 11 до 16%, интенсивность транспирации возрастает примерно на 10%, при этом устьичное сопротивление снижается на 50%. Общая оводненность и водный потенциал практически не изменяются и составляют порядка 65% и 1,3 МПа соответственно [9, 10]. Под влиянием атмосферных загрязнителей происходит уменьшение числа устьиц на одну хвоинку с 9015 до 6782, а длина с 4,1 до 3,7 см [8]. В литературе имеются сведения о том, что под влиянием атмосферных загрязнителей происходит уменьшение числа устьиц у устойчивых видов и их увеличение у неустойчивых [11]. Хвоя второго года менее подвержена влиянию загрязнения воздуха и изменения в водообмене в ней менее значительны. Длина хвои и количество устьиц на обоих участках приблизительно одинаково. Оводненность хвои составляет примерно 53%, водный дефицит – 15%, водный потенциал также составил 1,3 МПа. Отмечена лишь повышенная интенсивность транспирации снижение устьичного сопротивления с 17 до 10 с см⁻¹ на загрязненном участке. Увеличение интенсивности транспирации и водного дефицита при стабильном содержании воды и всасывающей способности клеток хвои на загрязненном участке говорят о более напряженном характере водообмена в молодой хвое. Как известно, под влиянием газовых выбросов увеличиваются объемы межклетников, повышается газообмен и происходит большая повреждаемость ассимиляционного аппарата токсичными газами, в связи, с чем происходит активизация процесса водообмена [12]. В то же время пыль, оседая на поверхности растения, закупоривает устьица, что затрудняет газообмен, транспирацию, мешает поглощению света. Все это тормозит рост растений, ускоряет их старение [13].

Исследования ели сибирской проводились в ельнике черничном расположенном в 10 км зоне от источника загрязнения. Возраст деревьев 70–100 лет. Контрольным участком являлись деревья ели, произрастающие в ельнике черничном на территории Ляльского лесозооэкологического стационара. Измерения проводились только на хвое второго года жизни. Интенсивность транспирации на загрязненном участке оказалась ниже, чем на фоновом участке (0,1 и 0,7 ммоль/(м²·с)), несмотря на то, что устьичная проводимость хвои ели на загрязненном участке выше, чем на фоновом, 12 и 17 м² с соответственно. В течение дневного времени кривая транспирация хвои ели на обоих участках имеет сходную динамику с разницей пикового периода на один час. Объясняется это тем, что во время наблюдения на фоновом участке освещенность была достаточно высокой (207–331 мкмоль/(м²·с)), в то время

как на загрязненном участке она составила 15–39 мкмоль/(м²·с). Зависимость интенсивности транспирации от солнечной радиации характеризуется быстрым увеличением устьичной проводимости (коэффициент корреляции на загрязненном участке составил +1, на фоновом – +0,7). Влагоемкость хвои на фоновом и загрязненном участках практически не различалась (57–58%), также как и оводненность (53–57%). Водный дефицит составил 10% в контроле и 5% в эксперименте [14].

Таким образом, ухудшение жизненного состояния ассимиляционного аппарата, влечет за собой увеличение водного дефицита [15]. В то же время, повышенный водный дефицит при стабильной оводненности на загрязненных участках приводит к активизации водообмена и повышению интенсивности транспирации [12]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что даже при повышенной устьичной проводимости, низком устьичном сопротивлении и небольшом водном дефиците процесс транспирации на участке подвергнутому влиянию поллютантов нарушен. Это обстоятельство позволяет использовать данный показатель водного режима хвои сосны и ели для оценки состояния древостоев в условиях аэротехногенного загрязнения.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском Северо-Востоке России», номер гос. регистрации АААА-А17-117122090014-8 и при финансовой поддержке гранта УрО РАН 18-4-4-29 «Зональные закономерности бюджета углерода в листовенно-хвойных экосистемах европейского Северо-Востока».

Литература

1. Алексеев В. А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. 220 с.
2. Бобкова К. С., Паутов Ю. А., Терещук Н. А. Состояние лесов в зоне влияния Сыктывкарского лесопромышленного комплекса // Лесной журнал. 1997. № 5. С. 84–88.
3. Щекалев Р. В., Тарханов С. Н. Радиальный прирост и качество древесины сосны обыкновенной в условиях атмосферного загрязнения. Екатеринбург, 2006. 128 с.
4. Робакидзе Е. А., Горлопова Н. В., Бобкова К. С. Состав и состояние растений почвенного покрова еловых фитоценозов в зоне техногенного действия целлюлозно-бумажного производства // Вестник Института биологии. Сыктывкар. 2010. № 1. С. 11–14.
5. Тужилкина В. В. Пигментный комплекс хвои сосны в зоне действия лесопромышленного комплекса // Лесной журнал. 1997. № 5. С. 108–112.
6. Тужилкина В. В. Реакция пигментной системы хвойных на длительное аэротехногенное загрязнение // Экология. 2009. № 4. С. 243–248.
7. Тужилкина В.В., Плюснина С.Н. Комплексная оценка состояния хвои *Picea obovata* (Pinaceae) в условиях аэротехногенного загрязнения // Растительные ресурсы. 2014. Т. 50. Вып. 4. С. 579–587.
8. Тужилкина В. В., Ладанова Н. В., Плюснина С. Н. Влияние техногенного загрязнения на фотосинтетический аппарат сосны // Экология. 1998. № 2. С. 89–93.
9. Сенькина С. Н. Изменения в водообмене хвои сосны в зоне действия Сыктывкарского лесопромышленного комплекса // «Экологический мониторинг лесных экосистем»: Тезисы докладов Всерос. совещания. Петрозаводск, 1999. С. 55.

10. Сенькина С. Н. Влияние выбросов Сыктывкарского лесопромышленного комплекса на влагообмен хвои сосны обыкновенной // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы междунар. конф. Апатиты, 2004. С. 129.
11. Николаевский В. С. Влияние сернистого ангидрида на древесные растения в условиях Свердловской области // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1964. С. 28–34.
12. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 278 с.
13. Кузнецов В. В. Физиология растений. М., 2006. 742 с.
14. Сенькина С. Н. Показатели водообмена хвои *Picea obovata* (Pinaceae) в условиях аэротехногенного загрязнения (Республика Коми) // Растительные ресурсы. 2017. Т. 53. № 2. С. 255–264.
15. Сазонова Т. А., Придача В. Б. Влияние промышленного загрязнения на минеральный и водный режим сосны и ели // Труды Карельского НЦ РАН. Петрозаводск. 2009. № 3. С. 75–85.

ВЛИЯНИЕ ГАЛЛООБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС ЛИСТЬЕВ ВЯЗА ШЕРШАВОГО

В. В. Зиновьев¹, С. В. Пестов^{1,2}, С. Ю. Огородникова²

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, atylotus@mail.ru

Галлообразователи – специализированная группа фитофагов, развивающихся внутри тканей растений. Имеются данные, что при массовом заселении галлообразователями древесных растений наблюдается резкое угнетение отдельных особей, а иногда и полное их усыхание [1]. При заселении листьев галлообразователями происходит нарушение физиологических процессов [2, 3] и изменение содержания фотосинтетических пигментов [4].

Одним из широко используемых в озеленении городов пород деревьев является вяз шершавый (*Ulmus glabra*). Галлы на вязе формируют 12 видов членистоногих [5]. В городе Кирове среди галлообразователей наиболее часто встречаются вязово-осоковая тля (*Colopha compressa*) и вязовый клещ (*Eriophyes ulmicola*).

Целью работы было изучить степень поражения листьев вяза шершавого фитофагами и оценить влияние фитофагов на состояние пигментного комплекса и интенсивность процессов перекисного окисления растительных клетках.

В июле 2019 г. были проведены исследования на трех участках в дендропарке лесоводов Кировской области, Заречном парке и в окрестностях учебного корпуса ВятГУ в слободе Чижи. Степень повреждения вязовым клещом (*Eriophyes ulmicola*) составляла около 12–20%. Число галлов тли на одном листе варьировало от 1 до 4. Повреждаемость тлей (*Colopha compressa*) варьировала от 1 до 4 %. Число галлов клеща могло быть от 5 до 40.

Отобранные для биохимических исследований листья в течение 30 минут доставляли в лабораторию и разделяли на поврежденные и неповрежденные. Для анализа использовали листья вяза пораженные только одним видом

галлов. Листья поврежденные *Eriophyes ulmicola* содержали на поверхности листовой пластинки 10–20 рожковидных галлов, а листья пораженные *Colopha compressa* выбирали только те, что имели на поверхности один крупный галл.

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях определяли спектрофотометрически на приборе SPEKOL 1300 (Analytik Jena, Германия) в ацетоновой вытяжке при длинах волн 662 и 644 нм для хлорофилла а и б соответственно [6]. Определение каротиноидов проводили при 470 нм [7]. Интенсивность процессов перекисного окисления липидов анализировали по цветной реакции тиобарбитуровой кислоты с малоновым диальдегидом (МДА), который образуется в процессе ПОЛ [8].

Действие неблагоприятных факторов вызывает биохимические изменения в клетках фототрофных тканей. В стрессовых условиях происходит активация окислительных процессов, накапливаются вещества с антиоксидантными свойствами. Перекисное окисление липидов – окислительная дегградация липидов является одним из симптомов окислительного стресса в растительных клетках [9]. В стрессовых условиях изменение интенсивности процессов ПОЛ может свидетельствовать как о патологических состояниях [10], так и о процессах адаптации.

Установлено (табл.), что повреждение вяза галлами приводит к активации процессов ПОЛ в листьях. В большей степени рост интенсивности процессов ПОЛ индуцирует вязовая тля, вызывающая образование плоских крупных галлов на листьях вяза.

Наряду с активацией процессов ПОЛ, в листьях пораженных галлообразователями происходило изменение содержания и соотношения пластидных пигментов. Отмечали достоверное (на 40%) снижение накопления хлорофилла б в тканях листа, заселенных вязовым клещом и вязовой тлей. Фитофаги вызывали снижение доли хлорофиллов в светособирающем комплексе с 0,77 в неповрежденных листьях до 0,53–0,57 в поврежденных. Хлорофилл а и каротиноиды были более устойчивы к поражению листьев галловыми клещами и тлей.

Таблица

Влияние фитофагов на содержание пластидных пигментов и накопление продукта перекисного окисления липидов (МДА) в листьях вяза шершавого

Вариант	МДА, нмоль/г	Содержание пигментов, мг/г сухой массы		
		хлорофилл а	хлорофилл б	каротиноиды
Листья без повреждений	102±6	2,74±0,14	1,50±0,29	0,79±0,04
Листья с галлами вязового клеща	114±10	2,94±0,04	0,94±0,06*	0,87±0,02
Листья с галлами вязовой тли	140±11*	2,52±0,12	0,88±0,01*	0,79±0,04

Примечание: различия достоверны при $p < 0,05$.

В большей степени изменения в пигментном комплексе проявились в листьях, пораженных вязовой тлей, это подтверждается данными по активности процессов ПОЛ в листьях.

Таким образом, установлено, что в условиях городской среды (г. Киров) на листьях вяза шершавого наиболее часто встречаются фитофаги: вязово-осоковая тля (*Colopha compressa*) и вязовый клещ (*Eriophyes ulmicola*).

Галлообразователи вызывают биохимические изменения в клетках, которые проявляется в активации процессов ПОЛ и изменении в пигментном комплексе. Степень биохимических изменений во многом определяется видом фитофага. Выявленные изменения фотосинтетического аппарата древесных растений при повреждении галлообразователями указывают на опасность данной группы для древесных насаждений на урбанизированных территориях.

Литература

1. Белов Д. А. Видовой состав и структура растительноядных членистоногих в насаждениях Москвы // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: Сб науч. тр. Вып. 302 (1). М: ГОУ ВПО МГУЛ, 2000. С. 26–33.
2. Oliveira D. C., Isaias R. M. S., Moreira A. S. F. P., Magalhães T. A., Lemos-Filho J. P. Is the oxidative stress caused by *Aspidosperma* spp. galls capable of altering leaf photosynthesis? // Plant Science. 2011. V. 180. № 3. P. 489–495.
3. Glushakova A. M., Kachalkin A. V. Endophytic yeasts in leaf galls // Microbiology (Mikrobiologiya). 2017. T. 86. № 2. С. 250–256.
4. Пестов С. В., Тычинкина И. Г., Огородникова С. Ю. Влияние галловых клещей на состояние ассимиляционного аппарата липы сердцевидной // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 44. С. 188–201.
5. Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. М.: Лесная промышленность, 1984. 472 с.
6. Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–170.
7. Маслова Т. Г., Попова И. А., Попова О. Ф. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов // Физиология растений. 1986. Т. 39. № 6. С. 615–619.
8. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
9. Apel K., Hirt H. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction // Annu. Rev. Plant Biol. 2004. Vol. 55. P. 373–399.
10. Лелевич В. В. Биологическая химия. Гродно: ГрГМУ, 2009. 275 с.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ КАРОТИНОИДОВ В КЛЕТКАХ ВОДОРΟΣЛИ *CHLOROMONAS RETICULATA* (GOROSCHANKIN) GOBI

О. В. Дымова¹, И. В. Новаковская¹,
Е. Н. Патова¹, Д. А. Постельный², А. А. Петухов²

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
dymovao@ib.komisc.ru, novakovskaya@ib.komisc.ru

² Сыктывкарский государственный университет имени Питурима Сорокина

Водоросли – экологическая группа преимущественно фотоавтотрофных одноклеточных, колониальных или многоклеточных организмов, способных продуцировать ценные метаболиты, витамины и различные органические соединения. Они относятся к важнейшим возобновляемым сырьевым ресурсам для производства биологически активных веществ [1]. В настоящее время большой интерес представляют виды, способные накапливать вторичные каротиноиды – нефотосинтетические пигменты, локализованные во внетилакоидных структурах (липидных глобулах). Одним из таких видов является криофильная водоросль *Chloromonas reticulata* (Goroschankin) Gobi, которая способна синтезировать вторичный каротиноид астаксантин в природных условиях. Известно, что синтез вторичных каротиноидов в клетках микроводорослей начинается в ответ на интенсивное УФ-излучение. Астаксантин – красный пигмент из группы ксантофиллов, в клетках снежных водорослей выступает в роли защитного фильтра от излучения [2]. Он обладает антиоксидантными свойствами и широко используется в косметологии, медицине в качестве биологически активных добавок.

Цель работы – изучить влияние различных условий культивирования штамма *Chloromonas reticulata* на накопление каротиноидов в клетках водоросли.

В качестве объекта для исследований был выбран альгологически чистый штамм *C. reticulata* из коллекции живых культур водорослей Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKOA Ch-054-11). Было выполнено несколько серий экспериментов. В ходе их проведения исследовано влияние различных питательных сред (3N BBM, Waris, BG-11, дистиллированная вода); разной pH (5,0-6,5); продолжительности и интенсивности освещения (период свет/темнота – 8/16 часов и круглосуточное освещение, а также 500 мкМоль / (м⁻²с⁻¹) и 35 мкМоль / м⁻²с⁻¹ ФАР) на накопление каротиноидов. Исследование штамма проводили на микроскопах ZeissAxiolab и NikonEclipse 80 i при увеличении в ×400, ×1000 раз.

Показатель OD для каротиноидов измеряли спектрофотометрически на приборе UV-1700 (Shimadzu) при длине волны 470 нм.

Для идентификации состава каротиноидов в биомассе *C. reticulata* проводили экстракцию с использованием диметилсульфоксида, добавлением Na₂SO₄ и CaCO₃ и нагреванием гомогената в течение 15 мин. Каротиноиды

анализировали методом обращено-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии на приборе (Knauer, Germany).

C. reticulata – одноклеточная двужгутиковая зеленая водоросль с эллипсоидной или яйцевидной формой клеток, 11–20 мкм в длину и 5–15 мкм в ширину. Клетки содержат одно ядро, выпуклый носик со жгутиками, чашевидный хлоропласт с перфорациями и разрезами на поверхности, без пиреноида. Размножается за счет формирования преимущественно 4 или 8, реже 2, зооспор в родительской клеточной стенке. Вид относится к числу пластичных организмов и имеет широкий ареал распространения [3, 4].

Максимальные показатели по накоплению каротиноидов (OD=3,99) были обнаружены при культивировании штамма на среде BG-11, для этой среды также отмечена максимальная биомасса водоросли. Высокое содержание каротиноидов, по-видимому, обусловлено дефицитом азота в этой питательной среде при большом количестве клеток водоросли.

Эксперимент по влиянию разной кислотности pH=5; 5,5; 6,05 среды (при одинаковом составе питательной среды 3 N BBM) на штамм показал, что наибольший уровень накопления каротиноидов (OD=0,48) отмечен при pH=6,05.

В эксперименте по влиянию освещенности было изучено два варианта: 8 часовое освещение и круглосуточное. По показателям OD (0,24 и 0,22, соответственно) в двух этих вариантах нет достоверных различий по уровню накопления каротиноидов.

Хроматографический анализ показал, что освещение клеток *C. reticulata* светом высокой интенсивности (500 мкМоль / (м²с⁻¹) ФАР, в течение 1 ч), выращенных на питательной среде 3 N BBM при pH=6, приводило к накоплению каротиноидов (63,5 мкг/мл), среди которых преобладал β-каротин (36% от суммы каротиноидов), присутствовали ксантофиллы – неоксантин и лютеин (по 24% каждый), и пигменты виолаксантинового цикла (виолаксантин, антераксантин, зеаксантин). Также наши данные показали, что высокий свет индуцировал синтез астаксантина (до 0,5% от суммы каротиноидов). О повышении содержания каротиноидов в клетках водорослей, выращенных на питательной среде при высокой освещенности, отмечено в работах [2, 5, 6].

Таким образом, проведенное нами исследование показало, что на накопление каротиноидов оказывают влияние интенсивность освещения и кислотность среды. Выявлено, что для накопления каротиноидов и синтеза астаксантина в клетках *C. reticulata* оптимальная кислотность среды составляет pH≈6 и освещённость – 500 мкМоль / (м²с⁻¹) ФАР.

Финансирование исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственных заданий Института биологии Коми НЦ УрО РАН (№АААА-А17-117033010038-7 и №АААА-А19-119011790022-1).

Литература

1. Минюк Г. С., Дробецкая И. В., Чубчикова И. Н., Терентьева Н. В., Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс: Обзор // Морской экологический журнал. 2008. № 2. Т. VII. С. 5–23.

2. Boussiba S. Carotenogenesis in the green alga *Haematococcus pluvialis*: cellular physiology and stress response / S. Boussiba // *Physiologia Plantarum*. 2000. Vol. 108. P. 111–117.

3. Matsuzaki R., Hara Y., Nozaki H. A taxonomic revision of *Chloromonas reticulata* (Volvocales, Chlorophyceae), the type species of the genus *Chloromonas*, based on multigene phylogeny and comparative light and electron microscopy // *Phycologia*. 2012. Vol. 51 (1). P. 74–85.

4. Novakovskaya I. V., Patova E. N., Boldina O. N., Patova A. D., Shadrin D. M. Molecular phylogenetic analyses, ecology and morphological characteristics of *Chloromonas reticulata* (Goroschankin) Gobi which causes red blooming of snow in the Subpolar Urals // *Cryptogamie, Algologie*. 2018. № 39 (2). P. 199–213.

5. Соловченко А. Е. Влияние света и азотного голодания на содержание и состав каротиноидов зеленой водоросли *Parietochloris incisa* // Физиология растений. 2008. Т. 55. № 4. С. 507–515.

6. Соловченко А. Е. Влияние стрессов на содержание пигментов и жирных кислот липидов в клетках микроводоросли *Desmodesmus sp.* из Беломорского гидроида // Физиология растений. 2013. Т. 60. № 3. С. 320–329.

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕДИСА И КАТАЛАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

Е. С. Ушакова, Е. С. Соловьёва

Вятский государственный университет, usr21334@vyatsu.ru

Содержание тяжелых металлов (ТМ) на протяжении последних десятилетий в почве постоянно возрастает. Этому способствует быстрое развитие и активная работа промышленных предприятий, увеличение количества автотранспорта, ежегодное внесение в почву минеральных удобрений, а также широкое применение пестицидов и гербицидов. Опасность сложившейся ситуации заключается в том, что ТМ обладают кумулятивным действием и, накапливаясь в живых организмах, в том числе в растениях, могут приводить к нарушениям функционирования агроценозов, а в определенных случаях даже к полной деградации их растительных сообществ [1]. Ферментативная активность – чувствительный индикатор стрессовых ситуаций в почве, который изменяется раньше, чем другие характеристики [2].

Целью данного исследования являлась оценка влияния ТМ на ростовые процессы растений семейства капустные и каталазную активность почвы в модельном опыте. В опыте использовали растения редиса сорта «Жара» (*Radicula*). Выбор редиса в качестве объекта был обусловлен тем, что редис относится к двудольным растениям, которые являются более чувствительными к почвенным загрязнителям по сравнению с однодольными растениями.

Опыт по исследованию влияния ТМ (на примере Mn и Fe) проводили в лабораторных условиях. Для этого в пластиковые контейнеры помещали универсальный грунт на основе торфа. Почва содержала полный набор необхо-

димых для растений микроэлементов, в том числе питательных веществ (мг/кг): азот 170, фосфор 160, калий 270. Кислотность солевой вытяжки из грунта составляла 5,4-6,6 ед. рН, массовая доля влаги – не более 65%. В грунт вносили FeSO₄ и MnSO₄ из расчета 2000 мг/кг почвы в пересчете на ион металла. Варианты опыта включали: контроль (без ТМ), Fe, Mn и их совместное действие. После внесения солей ТМ почву выдерживали 2-е суток под пленкой для гомогенизации внесенных веществ в объеме почвы. В каждый контейнер высаживали с заглублением на 1 см по 30 семян редиса. Выращивание растений осуществляли при комнатной температуре и естественной освещенности в течение 7-ми суток. Опыт проводили в трехкратной повторности. По окончании опыта учитывали всхожесть семян, извлекали растения из почвы, измеряли длину побегов. После высушивания определяли биомассу надземной части растений (табл. 1).

Таблица 1

Всхожесть семян и морфометрические показатели роста редиса в зависимости от вида загрязняющих веществ или загрязнителя

Вариант опыта	Всхожесть, %	Длина надземной части, см	Масса, г
Fe	97,77	7,21±1,6	0,3032±0,02
Mn	98,89	7,01±1,3	0,2952±0,02
Fe+Mn	95,56	7,22±1,5	0,2981±0,01
Контроль	91,11	7,27±1,7	0,2835±0,02

Примечание: после «±» указано значение стандартного отклонения.

По результатам проведенных исследований было установлено, что исследуемые ТМ в дозе 2000 мг/кг как по отдельности, так и в случае совместного действия, оказывают стимулирующее действие на всхожесть семян редиса. При этом стимулирующий эффект от внесения одного металла был выше, чем при их совместном присутствии в почве. Кроме этого, всхожесть семян редиса под действием Mn была выше, чем под действием Fe, несмотря на то, что они были взяты в равных дозах.

Биомасса растений во всех вариантах опыта была выше по сравнению с контролем. При этом самое высокое значение биомассы фиксировали в варианте опыта с железом, тогда как варианты опыта с марганцем и их совместном внесении с железом были на одном уровне. Это объясняется тем, что железо включено в процесс биосинтеза хлорофилла, в связи с чем исследуемая доза железа оказала стимулирующее действие на накопление биомассы растениями редиса.

Линейный рост наземной части растений угнетался под действием исследуемых металлов. Средняя длина побега в варианте опыта с марганцем была ниже, чем в опыте с железом и их совместном присутствии с марганцем.

Определение каталазной активности почвы проводили после извлечения растений из контейнеров газометрическим методом [3]. Он основан на измерении скорости разложения пероксида водорода при его взаимодействии с почвой по объёму выделившегося кислорода. Степень обеспеченности поч-

вы каталазой оценивали по шкале Звягинцева: очень бедная – менее 1, бедная – от 1 до 3, средняя – от 3 до 10, богатая – от 10 до 30, очень богатая – менее 30 см³ O₂ за 1 мин [3].

В ходе модельного эксперимента почвы после выращивания растений характеризовались как среднеобогатенные (табл. 2).

Таблица 2

Активность каталазы почвы в зависимости от варианта опыта

Вариант опыта	Активность каталазы, см ³ O ₂ на 1 г почвы за 1 мин
Контроль	4,06
Fe	3,3
Mn	5,9
Fe+Mn	4,96

В варианте с Mn значение активности каталазы почвы было более высокое (5,9 см³ O₂ на 1 г почвы за 1 мин) по сравнению с другими вариантами, а в варианте с Fe наблюдалась уменьшение значения активности каталазы почвы (3,3 см³ O₂ на 1 г почвы за 1 мин) по отношению к контролю. Увеличение каталазной активности почвы при несении марганца объясняется тем, что марганец принимает активное участие в обменных процессах внутри клетки почвенных бактерий, участвует в окислительных процессах, входит в состав ферментов и повышает их активность [4].

Таким образом, исследуемые ТМ как отдельно, так и в случае совместного действия, оказали стимулирующий эффект на всхожесть и биомассу надземной части растений, в то время как линейный рост снижался по отношению к контролю. При внесении марганца в почву наблюдалось увеличение каталазной активности, а при внесении железа – ее угнетение.

Литература

1. Титов А. Ф., Казнина Н. М., Таланова В. В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. С. 3–5.
2. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. С. 16.
3. Соловьёва Е. С. Руководство к лабораторным занятиям по агрохимии. Учебно-методическое пособие. Киров, 2017. С. 52–55.
4. Копылова Л. В. Аккумуляция железа и марганца в листьях древесных растений в техногенных районах Забайкальского края. Чита: Забайкальский государственный гуманитарный университет, 2010. С. 709–710.

ВЛИЯНИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» УДОБРЕНИЙ (РАСТИТЕЛЬНЫХ ВЫТЯЖЕК) НА РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТОВ В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОГО ОПЫТА

Д. В. Казак, Е. Е. Гаевский
Белорусский государственный университет, gaevski@rambler.ru

Растения обеспечиваются питательными веществами благодаря почве, поэтому все мероприятия, нацеленные на обработку культур, должны быть направлены, в первую очередь, на сохранение и повышение плодородия, предотвращение ее истощения и загрязнения. Для того, чтобы постоянно повышать урожайность сельскохозяйственных культур, нужно вносить в почву достаточное количество удобрений. Считается, что в равных условиях урожайность при органическом земледелии на 10–30% ниже, чем при неорганическом. Тем не менее, ожидается, что в будущем спрос на «органические» продукты будет возрастать. Более медленный рост производства продовольствия с более экономичным использованием ресурсов и минимальным загрязнением природы становится реальной альтернативой развития сельского хозяйства [1]. Одна из основ альтернативного земледелия – это применение зеленых удобрений. В эпоху увеличения минеральных удобрений, зеленые удобрения отошли на задний план и почти нигде не применялись. Теперь же, с возрождением органического земледелия, они снова приобрели свою актуальность в сельском хозяйстве на территории Беларуси из-за своей доступности, эффективности и дешевизны. Также в нашей республике реализуется проект по «зеленой» экономике, который доказывает актуальность изучения зеленых удобрений [2].

Целью данной работы является выявление эффективности влияния «зеленых» удобрений (растительные вытяжки) на развитие и урожайность овощных культур в условиях лабораторного опыта на примере томатов.

Лабораторный опыт проводился на базе биологического факультета БГУ в 2018–2019 гг. В качестве тест-объекта использовались томаты сорта Ляна (Беларусь).

Рассада томатов была посажена летом 2018 г. на дерново-подзолистой супесчаной почве. Исследуемые варианты закладывались в четырехкратной повторности, с одинаковым объемом почвы равным одному литру. В каждый горшок производилась подкормка растительной вытяжкой, согласно варианту эксперимента.

Варианты эксперимента: 1. Томаты – контроль; 2. Томаты – корневая подкормка золотарником (золотарник канадский – *Solidago canadensis* L.); 3. Томаты – внекорневая подкормка золотарником (золотарник канадский – *Solidago canadensis* L.); 4. Томаты – корневая подкормка иван-чаем (иван-чай узколистный – *Chamerion angustifolium* L.).

Растительные вытяжки изготавливались следующим образом. Скошенная зеленая масса измельчалась, складывалась в емкость и заливалась водой. Полученная смесь закрывалась неплотной крышкой, которая обеспечивала газообмен, и выдерживалась 8–10 дней. Полученный настой разводили с отстоявшейся водопроводной водой в соотношении 1:10 и производили подкормку путем полива под корень и для опрыскивания.

В процессе выращивания исследуемых томатов на протяжении вегетационного периода 2 раза в месяц проводились морфометрические наблюдения (высота растений (см), ширина листовой пластинки (см), длина листовой

пластинки (см), длина черешка, начало цветения, число соцветий, появление плодов).

По результатам итогового измерения высоты томатов наблюдается существенное влияние корневой подкормки золотарником на рост растений. Это объясняется тем, что золотарник содержит больше кверцетина, чем иван-чай. Этот флавоноид выступает синергистом ауксина (индолил-3-уксусной кислоты), стимулируя рост растений вследствие ингибирования ИУК-оксидазы [3]. При внекорневой подкормке золотарником, кверцетин поглощается растением в меньшей степени, что подтверждают результаты наблюдения. Относительно низкие ростовые показатели томатов при корневой подкормке иван-чаем объясняются содержанием в нем салициловой кислоты, которая является ингибитором роста.

При измерении ширины листовой пластинки наблюдались более выраженные отличия между опытными образцами. Так, томаты, подкармливаемые иван-чаем, обладают более широкой листовой пластинкой, чем томаты, подкармливаемые золотарником. В свою очередь, внекорневая подкормка золотарником является эффективнее корневой. Томаты, не подкармливаемые зелеными удобрениями (контроль), показали худшие результаты по ширине листовой пластины.

В ходе наблюдений отмечались различия в длине листовой пластины томатов в зависимости от вида зеленых удобрений и способа их внесения. На протяжении всего эксперимента не происходило существенных колебаний эффективности вносимых растительных вытяжек. По результатам измерения длины листовой пластины установлено, что корневая подкормка иван-чаем немногим эффективнее, чем такой же вид подкормки золотарником и значительно эффективнее внекорневой подкормки золотарником и контрольного опыта. Эффективность корневой подкормки иван-чаем объясняется высоким содержанием в этом растении марганца, который повышает способность растительных тканей удерживать воду и ускоряет общее развитие растений [4]. По результатам полученных исследований, можно сделать вывод, что подкормка золотарником достаточно эффективна, вне зависимости от способа ее внесения.

Следующим этапом исследований являлся расчет воздушно-сухой массы надземной части растений. Полученные данные указывают, что растения из контрольного опыта в 2 раза меньше по массе, чем растения, подкармливаемые золотарником с помощью внекорневого внесения. Корневая подкормка золотарником также уступает внекорневой, но превалирует над корневой подкормкой иван-чаем.

В ходе фенологических наблюдений и морфометрических измерений отмечается лучшее развитие томата сорта Ляна при внесении внекорневой подкормки золотарника и корневой подкормки иван-чая, по отношению к корневой подкормке золотарником и контролю. Также было выявлено, что при корневой подкормке иван-чаем происходит более раннее развитие плодов

по сравнению с другими видами исследуемых зеленых удобрений или без их применения.

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение зеленых удобрений (растительных вытяжек) приводит к улучшению количественных показателей овощных культур, например томата сорта Ляна, а систематические подкормки повышают качество растениеводческой продукции.

Литература

1. Довбан К. И. Зеленое удобрение в современной земледелии: вопросы теории и практики. Минск: Белорус. наука, 2009. 404 с.
2. Жирмунская Н. М. Все о сидератах // Альманах. 2006. № 5. С. 1–2.
3. Красільнікова Л. О., Авксентьева О. О., Жмурко В. В. Біохімія рослин. Харків: Колорит, 2007. 144 с.
4. Степура М. Ф. Удобрение овощных культур. Минск: Беларуская навука, 2016. 195 с.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦВЕТОЧНОГО МЕДА

А. Д. Цветкова, Е. Е. Помелова

*Вятский государственный университет,
a.czvetkova@mail.ru, pomelova.nat@mail.ru*

Большинство населения России покупает мед отечественного производства, ведь наша страна по количеству пчелиных семей к общему производству меда занимает первое место в мире. Но потребители не задумываются о качестве продукта, который покупают и которым питаются. Однако недоброкачественный мед менее полезен для человека.

Он является продуктом, применявшимся для питания, который содержит большое количество витаминов и микроэлементов: витаминам группы В (В1, В2, В6), аскорбиновой и фолиевой кислотой, провитамином А (каротином), биотином, витамином К. Из микроэлементов в его состав входит калий, магний, цинк, литий, хлор и др. [1].

В настоящее время актуальной проблемой является загрязнение продовольственного сырья и пищевых продуктов, в частности меда, чужеродными веществами химического и биологического происхождения.

Так загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) сказывается на качестве и безопасности пчелиного меда. Химические загрязнители, к которым относят ТМ, представляют наибольшую опасность для живых организмов. За последнее время окружающая природная среда испытывает все возрастающую техногенную нагрузку, в следствии чего, растет поступление ТМ в биосферу Земли [2].

Способы фальсификации меда многочисленны и разнообразны: это и грубые, легко обнаруживаемые подделки (механические примеси муки, мела и других заменителей), и изощренные фальсификации, которые трудно обнаружить (подкормка пчел сахарным сиропом и др.). Определение натурально-

сти пчелиного меда является важной задачей, поскольку ограждает здоровье человека от воздействия различного рода подделок этого продукта [3].

Мед для анализа отобран из трех районов Кировской области (Нолинского, Малмыжского, Уржумского) и одного района Костромской области (Шарьинского).

В данной работе мы проверяли анализируемые образцы меда на содержание крахмала (муки), желатина, на примеси мела, крахмальной и сахарной патоки и падевого меда по «Правилам Ветеринарно-санитарной экспертизы меда при продаже на рынках» (утв. госветинспекцией РФ 18.07.95 № 13-7-2/365).

Органолептические свойства можно определить и в полевых условиях без использования аппаратов и приборов, а также специфических химических реактивов. К таким свойствам следует отнести определение цвета, вкуса, запаха, консистенции меда.

Определение примеси муки или крахмала основано на взаимодействии крахмала с иодом, вследствие чего образуется синее окрашивание [4].

Фальсификация меда с помощью меловой крошки легко выявляется путем использования соляной или уксусной кислоты. Мел вступает в реакцию с соляной или уксусной кислотой, которая сопровождается выделением углекислого газа [4].

Мед, в который добавлена крахмальная патока, не засахаривается больше года. Метод определения основан на взаимодействии ионов бария с карбонат-ионами.

Определение примеси сахарной патоки основано на взаимодействии ионов серебра с хлорид-ионами. Если в меде содержится примесь, то произойдет образование белого осадка, при отсутствии – осадок не выпадает [4].

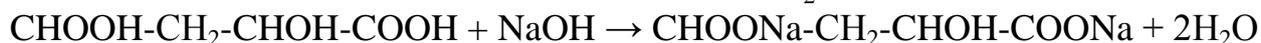
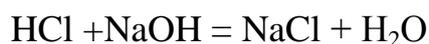
Определение желатина основано на взаимодействии желатина с танином. Белые хлопья будут указывать на то, что в составе меда имеется желатин [4].

Для обнаружения примеси падевого меда в стакан следует налить водный раствора меда и добавить известковой воды, далее нагреть смесь до кипения. Если образовались хлопья бурого цвета, выпадающие в осадок, то это говорит о наличии примеси падевого меда [4].

Фальсификацию меда можно определить повышенным содержанием воды в меде, из-за добавления ее или жидкого сахарного сиропа. Содержание массовой доли воды оказывает большое воздействие на сохранение меда. При завышенном содержании влаги продукт может достаточно быстро забродить. Это способствует появлению неприятного запаха и вкуса. Влажность меда определяем рефрактометрическим методом, который основан на зависимости показателя преломления меда от содержания в нем воды. Полученные показатели преломления для данных образцов меда и их пересчет на массовую долю воды в меде делали в соответствии с ГОСТом 19792-2001 «Мед натуральный. Технические условия» [5].

Определение кислотности воды в меде проводили титриметрическим методом, который основан на титровании исследуемого раствора меда рас-

твором гидроксида натрия концентрации 0,1 моль/дм³ в присутствии индикатора фенолфталеина [5].



Определение массовой доли редуцирующих сахаров основано на окислительно-восстановительном титровании раствором меда красной кровяной соли, с последующим пересчетом на безводное вещество.

Сущность метода определения зольности заключается в полном разложении органических веществ меда путем сжигания пробы в электропечи при контролируемом температурном режиме и количественном определении полученного остатка [5].

Определение активности амилазы (диастазы) основано на способности этого фермента расщеплять крахмал, что определяют иодной реакцией [5].

Определение качественного и количественного содержания ТМ осуществляли методом атомно-абсорбционной спектроскопии ГОСТ 56149-2014 «Продукты пчеловодства. Атомно-абсорбционный метод определения минерального состава». Для подготовки продуктов пчеловодства к измерению использовали метод прямого растворения в азотной кислоте [6].

В таблице 1 представлены результаты исследуемых образцов и сравнение их с ГОСТом 19792-2001 «Мед натуральный. Технические условия».

По приведенным выше данным, видно, что аромат у образца № 4 очень слабый, практически не ощущается, а у образца № 1, наоборот, ярко выраженный аромат. Самый сладкий вкус из данных видов меда имеет образец № 2. По цвету самыми темными являются образцы № 1 и № 2. По консистенции можно выделить образец № 1, так как он вначале исследований имел сиропобразную консистенцию, а с течением времени кристаллизовался. У остальных видов меда консистенция не изменилась с течением времени.

В исследуемых образцах не обнаружено примеси крахмала или муки, крахмальной и сахарной патоки. Примесь мела была обнаружена в образце № 2; в образцах № 1, № 2, № 3 обнаружены примеси падевого меда. Из этих данных можно предположить, что в мед из Шарьинского района добавлен мел с целью увеличения веса продукта; также в Нолинском, Шарьинском и Малмыжском меде содержится примесь падевого меда, которая не была заменена доброкачественным цветочным медом или сахарным сиропом.

Таблица 1

Показатели качества образцов

Показатель	Образцы				
	№ 1 Ноллинский	№ 2 Шарьинский	№ 3 Малмыжский	№ 4 Ужумский	Норма
Аромат	Ярко выраженный насыщенный	Приятный	Нежный, тонкий	Приятный, очень слабый	Приятный, от слабого до сильного, без постороннего запаха
Вкус	Сладкий, приятный	Очень сладкий	Сладкий, нежный	Сладкий	Сладкий, приятный, без постороннего вкуса
Цвет	Темно-янтарный, матовый	Темно-янтарный	Светло-янтарный	Бледно-золотистый	Зависит от растений
Консистенция	Сиропобразная	Сиропобразная	Густая	Вязкая	Зависит от растений
Качественная реакция на муку или крахмал	Нет окрашивания	Нет окрашивания	Нет окрашивания	Нет окрашивания	Не появляется синее окрашивание
Качественная реакция на мел	Нет выделения газа	Есть выделения газа	Нет выделения газа	Нет выделения газа	Не происходит выделение пузырьков
Качественная реакция на примесь крахмальной патоки	Нет белого осадка	Нет белого осадка	Нет белого осадка	Нет белого осадка	Не происходит выпадение белого осадка
Качественная реакция на примесь сахарной патоки	Нет белого осадка	Нет белого осадка	Нет белого осадка	Нет белого осадка	Не происходит появление белого осадка
Качественная реакция на желатин	Нет белых хлопьев	Нет белых хлопьев	Нет белых хлопьев	Нет белых хлопьев	Не происходит выпадение белых хлопьев
Качественная реакция на примесь падевого меда	Есть бурые хлопья	Есть бурые хлопья	Есть бурые хлопья	Нет бурых хлопьев	Не происходит выпадение бурых хлопьев
Общая кислотность, см ³	3,5±0,3	2,2±0,5	2,2±0,3	2,1±0,3	Не более 4
Массовая доля воды, %	15,4±0,3	18,6±0,1	16,1±0,2	17,7±0,2	Не более 21
Массовая доля редуцирующих сахаров, %	86±1	91±1	85±1	89±0,7	Не менее 82
Массовая доля золы, %	0,34±0,03	0,38±0,02	0,42±0,05	0,34±0,04	0,30-0,45
Диастазная активность, ед. Готе	8,0	23,8	8,0	10,0	Не менее 6

У всех образцов кислотность и массовая доля воды в пределах нормы, что соответствует ГОСТу 19792-2001, это дает нам возможность сказать о правильном проведении переработки и хранения меда, следовательно не было фальсификации сахарным сиропом. Так как массовая доля редуцирующих сахаров больше 82% можно предположить, что пчел не кормили сахарным сиропом и мед не подвергался сильной термической обработке.

По показателю диастазной активности все представленные образцы соответствуют «Правилам ветеринарно-санитарной экспертизы меда при продаже на рынках», утв. Минсельхозпродом РФ 18.07.1995 N 13-7-2/365. (Зарегистрировано в Минюсте РФ 31.08.1995 N 942). Наименьшая диастазная активность отмечена в образцах меда № 1 и № 3, но она не ниже допустимого значения. Самое высокое значение имел образец меда № 2, т. к. темные и падевые виды меда обладают более высокой амилазной активностью по сравнению со светлыми цветочными медами.

По показателю зольности меда все образцы соответствуют норме. Следовательно, не было фальсификаций сахарным сиропом, искусственно инвертированным сахаром (в этом случае зольность снижается).

По данным проведенного исследования содержание кадмия, меди, свинца и цинка в пробах меда из различных районов Кировской области (Нолинский, Шарьинский, Малмыжский, Уржумский районы) не превышает предел обнаружения (1 нг/кг).

Литература

1. Краткая энциклопедия пчеловода. Ростов-на-Дону: Изд-во «Проф-Пресс», 2000. 512 с.
2. Осинцева Л. А. Технология, показатели качества, безопасности и товароведная оценка меда: учебное пособие. Новосибирск, 2012. 132 с.
3. Эткинц И. А. О меде, воске, пчелином клее и их подмесях. М., 1941. 259 с.
4. Правила ветеринарно-санитарной экспертизы меда при продаже на рынках. Введен 1995-07-17. М.: Стандартиформ, 1996. 23 с.
5. ГОСТ 19792-2001 «Мед натуральный. Технические условия».
6. ГОСТ 56149-2014 «Продукты пчеловодства. Атомно-абсорбционный метод определения минерального состава».

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA VULGARIS* f. *GLOBOSA*, ВЫРАЩЕННЫХ НА РАЗНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

А. В. Гогонин, Т. Н. Щемелинина
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
algogonin@gmail.com, shemelinina@ib.komisc.ru

Потребление водных ресурсов, как наиболее важного компонента в хозяйственной деятельности человека во многих отраслях, характеризуется как повсеместный и непрерывный процесс. При потреблении данных ресурсов

на различного рода предприятиях (мясоперерабатывающие комбинаты, целлюлозно-бумажные комбинаты, пищевая промышленность и т.п.) происходит образование загрязненных сточных вод. Образовавшиеся стоки могут сильно различаться по химическому составу, физическим качествам и потенциальному вреду, наносимому водным объектам.

В технологических процессах в лесопромышленном комплексе могут образовываться как неорганические стойкие загрязнители, так и широкий перечень органических веществ. Кроме того, на очистные сооружения биологической очистки доставляются атмосферные сточные воды, промышленные и хозяйственно-бытовые стоки. Например, с прилегающей территории предприятия в канализационную сеть могут попадать и нефтепродукты, а также продукты жизнедеятельности человека и животных.

Атмосферные осадки формируют периодические или сезонные стоки, которые попадая в канализацию и направляются на очистные сооружения, смешиваясь с производственными целлюлозно-бумажными сточными водами и хозяйственно-бытовыми отходами. Собственно, поэтому состав и характер сточных вод сильно различается в зависимости от их источников и происхождения.

В целях обеспечения эффективного извлечения загрязняющих веществ из сточных вод традиционно используют комбинированную технологию очистки, включающую в себя механические, физико-химические и биологические методы.

Динамика водопотребления в Республике Коми показывает [1], что на фоне снижения мощности очистных сооружений повышается сброс недостаточно очищенных сточных вод (табл. 1), что может привести к миграции поллютантов и биогенных веществ в водные объекты. Для решения данной проблемы перспективно использование биологических агентов на станциях биологической очистки.

Таблица 1

Динамика показателей водопотребления в Республике Коми

Водопотребление, млн. куб. м	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Использовано:			
На производственные нужды	393,56	381,45	380,01
На хозяйственно-питьевые нужды	52,52	50,58	48,28
На прочие нужды	17,52	20,63	19,29
Сброшено сточных вод:			
Загрязненных без очистки	7,66	157,07	131,01
Недостаточно очищенных	10,45	105,17	135,84
Нормативно-очищенных на СБО	41,76	42,2	1,41
Мощность очистных сооружений	362,28	356,67	350,88

Чаще всего в биологических методах очистки выделяют аэробную и анаэробную очистку, основанных на различных реакциях биологического окисления с присутствием или отсутствием аэрации воздухом. На очистных сооружениях города Сыктывкар используется аэробная технология очистки –

аэротенки с активным илом, который необходимо постоянно обогащать воздухом [2]. В состав активного ила главным образом входят бактерии, микроскопические грибы, простейшие, микроводоросли, черви [3].

Комплексная станция очистки, расположенная на предприятии «СЛПК», производит обработку не только промышленных сточных вод (около 210 тыс. м³/сут), образовавшихся в технологическом процессе производства целлюлозы, бумаги и картона, но и городских сточных вод (комплекс из хозяйственно-бытовых, атмосферных и производственных) г. Сыктывкара (65 тыс. м³/сут) и пос. Эжва (16 тыс. м³/сут) [4].

Цель научно-исследовательской работы заключается в сравнении эффективности доочистки сточных вод лесопромышленного комплекса при помощи микроводорослей *Chlorella vulgaris* f. *globosa*, выращенных на разных питательных средах.

Количественный химический анализ содержания загрязняющих веществ проводили следующим образом:

- для определения аммоний-иона (NH₄⁺) – фотометрией [5];
- для определения общего азота (N_{общ}) – термokatалитическим окислением с хемилюминесцентным детектированием [6];
- для определения фосфора общего (P_{общ}) – атомно-эмиссионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой [7].

Для обработки полученных результатов использовался t-критерий Стьюдента для независимых выборок.

В качестве объектов исследования нами была выбрана культура микроводорослей *C. vulgaris* f. *globosa*. Род хлорелла широко распространен – обитает в водных экосистемах различного минерального состава (термы, лужи, озера, реки, ручьи), на наземных субстратах (камни, почва, пресноводные губки, кора или эпидерма растений) [8]. *C. vulgaris* представляет собой сферическую микроскопическую клетку диаметром 2-10 мкм. В цитоплазме клетки присутствуют вода, белки, липиды, а также внутренние органеллы, такие как митохондрии, небольшое ядро, вакуоли, один хлоропласт и тело Гольджи. *C. vulgaris* размножается бесполом путем размножения – автоспорами. Таким образом, внутри клеточной стенки материнской клетки образуется четыре дочерние клетки с собственными клеточными стенками. После созревания дочерние клетки поступают во внешнюю среду. Процесс размножения клеток хлореллы довольно быстрый процесс, который занимает около суток, что является несомненным преимуществом для биологических и биотехнологических исследований [9].

Микроводоросли культивировали на двух питательных средах – Тамия и Люка. Тамия является синтетической питательной средой, состав которой достаточно сложен и включает в себя макроэлементы и раствор микроэлементов [10].

Питательная среда Люка относится к полусинтетическим средам, состав которой включает всего два компонента – стабилизированный куриный помет

и глауконит [11]. Культуры микроводорослей выращивали под фитолампой на шейкере в течение двух недель.

Сточную воду отбирали из аэротенков станции биологической очистки города Сыктывкар в день проведения эксперимента. Лаборатории образцы сточной воды инокулировали суспензией микроводорослей. Затем емкости с инокулированной сточной водой барботировали воздухом при помощи компрессоров в течение суток, как регламентирует методика очистки сточных вод в аэротенках биологической станции очистки [4]. Эксперимент проводили в трех повторностях. Контролем служила сточная вода без внесения микроводорослей. Аналитические показатели представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели эффективности снижения в сточной воде поллютантов *C. vulgaris*, наработанной на двух питательных средах

Культуры микроводорослей	рН		NH ₄ ⁺		N _{общ}		P _{общ}	
	рН	±Δ	мг/дм ³	σ	мг/дм ³	σ	мг/дм ³	σ
<i>C. vulgaris</i> (Тамия)	7,00	0,2	1,1	1,3	4,0	0,4	0,51	0,13
<i>C. vulgaris</i> (Люка)	7,04	0,2	0,69	0,09	2,6	0,3	0,43	0,12
Контроль	7,09	0,2	0,9	1,2	4,3	0,7	0,54	0,14

Значительное снижение загрязняющих веществ наблюдалось в варианте с использованием микроводорослей, наработанных на питательной среде Люка. Концентрация поллютантов в сточной воде, очищенной микроводорослями, снижалась следующим образом: NH₄⁺ на 24%, N_{общ} на 39%, P_{общ} на 21%. Метод статистической проверки гипотезы «t-критерий Стьюдента» показал, что различие между содержанием загрязняющих веществ в инокулированной сточной воде и контроле достигнуто довольно на высоком уровне (от 0,70 до 0,90 доверительной вероятности).

В варианте внесения микроводорослей, наработанных на среде Тамия, наблюдалось незначительное снижение общего азота на 7% и общего фосфора на 6%. Различие в содержании поллютантов в инокулированном образце и контроле не является достоверным.

Предполагаем, что микроводоросли, выращенные на среде Тамия, насыщенной макро- и микроэлементами представляют интерес для иных целей, например, фармакологии, пищевой и сельскохозяйственной биотехнологии.

Культура *C. vulgaris*, выращенная на среде Люка эффективна для целей экологической биотехнологии.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2018 году»: гос. доклад / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУ РК «Территориальный фонд информации Республики Коми»; редакционная коллегия: Р. В. Полшведкин (главный редактор) [и др.]. Сыктывкар, 2019. 163 с.
2. Гудков А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод: учебное пособие. Вологда., ВоГТУ, 2002, 127 с.

3. Hong Cheng, Dan Cheng, Junwen Mao, Ting Lu, Pei-Ying Hong. Identification and characterization of core sludge and biofilm microbiota in anaerobic membrane bioreactors / Environment International. 2019. V. 133. P. A. P. 1–10.
4. Щетинин А. И. Сыктывкарский ЛПК: решение проблем очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. М.: Изд-во ВСТ, 2010. С. 34–38.
5. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего углерода, общего неорганического углерода, общего органического углерода, неудаляемого органического углерода и общего азота в питьевых, природных (в том числе подземных), сточных и технологических (оборотных и рециркуляционных) водах с помощью анализатора ТОС (Shimadzu). Методика М-02-2405-13.
6. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций ортофосфатов, полифосфатов и фосфора общего в питьевых, природных и сточных водах фотометрическим методом. ПНД Ф 14.1:2:4.248-07 (ФР.1.31.2016.22975).
7. Массовая концентрация аммиака и ионов аммония в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего. РД 52.24.383-2005.
8. Андреева В. М. Род Хлорелла: морфология, систематика, принципы классификации. Ленинград: Наука, 1975. С. 1–82.
9. Safi C., Zebib B., Merah O., Pontalier P-Y., Vaca-Garcia C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. 35. P. 265–278.
10. Tamiya H. Synchronous cultures of algae // Annual Rev. Plant Physiol. 1966. V. 17. P. 1–26.
11. Питательная среда Люка для культивирования микроводорослей пат. 2556126 Рос. Федерация: МПК С12N 1/12 (2006.01). Щемелинина Т. Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Коми научного центра УрО РАН № 2014112676/10; заявл. 01.04.2014; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 19. 7 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛУДЕЙ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО *QUERCUS ROBUR* L. НА ТЕРРИТОРИИ г. ТУЛЫ И ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Р. Жеребцова, А. В. Ханкина

Тулский государственный университет, zherebtsova.catia@yandex.ru

Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) – это одна из главных лесообразующих пород на территории Тульской области, однако под воздействием антропогенных факторов внешней среды их количество за последние годы резко сократилось. На данный момент, без искусственного содействия восстановить свои позиции дуб черешчатый уже не в состоянии, хотя, по климатическим условиям он вполне мог бы существовать на территории области. Известно, что дубы являются прекрасными показателями состояния окружающей среды, более того, их плоды используются в сельскохозяйственных структурах, а также служат хорошим кормом для диких животных [1]. В настоящее время вопрос сокращения широколиственных лесов поднимается все чаще, например сайт «Дубы Евразии», публикует статьи о современном со-

стоянии дубовых лесов Европейской части России и пропагандирует мероприятия по их сохранению, что наглядно показывает неравнодушное отношение общества к вопросам экологии и сохранения вида [2].

Целью данной работы являлось изучение плодов дуба черешчатого, произрастающего в разных районах Тульской области.

Проведены исследования морфологических и биохимических и физиологических показателей плодов, собранных в ЦПКиО им. П. П. Белоусова г. Тулы, г. Ефремове, в лесах около д. Бараново Ясногорского района и

д. Шаталовки Кимовского района Тульской области с разным уровнем антропогенного загрязнения. Выявлены морфологические различия желудей разных локаций по массе, форме, поперечным и продольным размерам, повреждениям (доброкачественные, погрызенные животными, загнившие, поражены насекомыми, проросшие). Определение флавоноидов проводилось стандартным методом на фотометре «Эксперт-003». Желуди собирали осенью 2018 г. с земли под маточными растениями разного возраста.

Морфологическое описание плодов, полученных из разных районов Тульской области, проводилось в соответствии с ГОСТ 13056.8-97 «Семена деревьев и кустарников. Метод определения доброкачественности», определение всхожести – в соответствии с ГОСТ 13056.6-97 «Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести» [3–4].

Анализ полученных данных показал, что наибольший процент загнивших желудей получен с дубов, произрастающих на улице Карла-Маркса около дома № 81 г. Ефремова – 47,5%, что может быть обусловлено нахождением дуба черешчатого рядом с проезжей частью и недалеко от «Ефремовского завода синтетического каучука». В Белоусовском парке г. Тулы был обнаружен самый большой процент по съеденным грызунами – 39,9%, а в лесу около д. Бараново Ясногорского района – по пораженным насекомыми – 28,4%, что может свидетельствовать об активном использовании плодов дуба черешчатого в качестве корма. В тех же точках пробоотбора были найдены проросшие желуди (3,4% и 4,1% соответственно), однако при дальнейшем их проращивании отмечалась гибель проростков. При этом в сборах желудей из г. Ефремова и д. Шаталовки Кимовского района на момент подсчета не было найдено ни одного проросшего желудя. Самый большой процент доброкачественных желудей был выявлен в сборе из леса около д. Шаталовка Кимовского района – 69,4%, что можно объяснить отсутствием промышленных предприятий и интенсивного потока автотранспорта в данном районе. В этой точке пробоотбора были выявлены наименьшие проценты по погрызенным грызунами и пораженным насекомыми желудям – 0,4 и 5,6%. Желуди, собранные в ЦПКиО им. П. П. Белоусова г. Тулы, имеют самый низкий показатель по критерию доброкачественности – 5,7%, что может быть обусловлено антропогенным и техногенным воздействием со стороны окружающей среды крупного промышленного города.

В работе были выявлены внешние различия желудей разных локаций по: массе, поперечным и продольным размерам (табл. 1).

**Морфологические параметры желудей разных точек пробоотбора
(усредненные показатели)**

Параметр желудей	г. Тула	Ясногорский район	Кимовский район	г. Ефремов, Ефремовский район			
	ЦПКи О им. П. П. Белоусова	лес около д. Бараново	лес около д. Шаталовка	ул. Карла Маркса около дома № 81	городская роща, главный вход	городская роща, глубь	городская роща, окраина со стороны д. Богово
Длина, мм	28,3	21,9	25,7	30,7	26,8	25,4	25,7
Ширина, мм	17,2	14,9	14,1	16	14,4	14,9	14,7
Масса, г	3,35	2,68	3,10	5,61	4,63	3,73	4,30

По форме различают желуди крупно-, средне- и мелкоплодные, а также продолговатые, укороченные округлые и типичные (обыкновенные) [5].

При анализе полученных данных выяснилось, что в основном преобладают желуди с типичной формой, однако в д. Шаталовка Кимовского района наибольшее встречались с длинноплодной формой, а в Белоусовском парке г. Тулы – с широкоокруглой формой. Крупные желуди встречаются в

г. Ефремове, а именно на улице Карла Маркса около дома № 81 – 30,7, а для остальных свойственны средние размеры плодов, более мелкими плоды отмечены в лесу около д. Бараново Ясногорского района – 21,9 мм.

Отмеченные изменения морфологических параметров желудей могут быть обусловлены различными факторами, влияющими на жизнедеятельность как самого дуба, так и желудей, такими как условия освещения, количеством тепла и влаги, соотношением этих показателей, почвенным плодородием, повреждаемостью желудей болезнями и насекомыми, индивидуальными и наследственными особенностями деревьев, а также антропогенными и техногенными факторами [6].

Одним из основных природных биохимических веществ, содержащихся в дубах, является кверцетин, относящийся к группе флавоноидов. Название произошло от латинского названия дуба (*Quercus*). Флавоноиды являются крупнейшим классом растительных полифенолов, играют важную роль в растительном метаболизме и очень широко распространены в высших растениях. Кверцетин служит помощником в адаптационных процессах растительного организма и во многом защищает его от неблагоприятных факторов внешней среды [7].

В результате проводимых экспериментов по выделению фенольных соединений из желудей, их количество составляло в среднем 0,135 мкг/г сырого веса. Максимальное содержание фенольных соединений отмечено в желудях, собранных на территории городской рощи (глубь городской рощи) г. Ефремова – 0,160 мкг/г, что может свидетельствовать об активации работы анти-

оксидантной системы растений в условиях сильного антропогенного воздействия в г. Ефремове (табл. 2).

Таблица 2

Содержание флавоноидов в желудях, мкг/г

Место пробоотбора		Содержание флавоноидов, мкг/г
г. Тула	ЦПКиО им. П. П. Белоусова	0,115
Ясногорский район	лес около д. Бараново	0,117
Кимовский район	лес около д. Шаталовка	0,153
г. Ефремов, Ефремовский район	улица Карла Маркса около дома № 81	0,129
	городская роща, главный вход	0,119
	городская роща, глубь	0,160
	городская роща, окраина со стороны д. Богово	0,151

Литература

1. Калущкий К. К. Древесные породы СССР. М., 1982. Т. 3. С. 164–166.
2. Дубы Евразии – сайт программы сохранения и восстановления широколиственных лесов [Электронный ресурс] <http://oaks.forest.ru> (Дата обращения: 10.11.2019).
3. ГОСТ 13056.8-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения доброкачественности. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.
4. ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.
5. Данилов М. Д. Формовое разнообразие дуба черешчатого в условиях северо-восточной части его ареала и вопросы организации лесосеменного дела. Йошкар-Ола, 1969. 120 с.
6. Андропова М. М. Культуры дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на рекультивируемых землях // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 32–36.
7. Спильник Е. П., Мартовщук В. И., Мартовщук Е. В., Багалий Т. М. Исследование особенностей состава нетрадиционного растительного сырья – желудей // Новые технологии. 2012. № 4. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-osobennostey-sostava-netraditsionnogo-rastitelnogo-syrya-zheludey> (Дата обращения: 10.11.2019).

УЛЬТРАСТРУКТУРА ЭКТОМИКОРИЗ ПИХТЫ

С. Н. Плюснина

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, pljusnina@ib.komisc.ru

Пихта сибирская *Abies sibirica* Ledeb. – один из наиболее распространенных видов рода *Abies*, формирует хорошо развитую корневую систему и является облигатно микоризным древесным растением. На территории Республики Коми пихтовые леса занимают около 200 тыс. га, часто приурочены к горным условиям с повышенной влажностью воздуха, встречаются в прирусловой зоне рек, в поймах ручьев, на водоразделах [1]. Характеристика сезонной динамики морфолого-анатомического строения, дыхательной активности

и флуоресценции эктомикориз пихты сибирской в условиях средней тайги Республики Коми представлена в работе [2].

Цель данной работы – исследование ультраструктуры эктомикоризных окончаний пихты сибирской, произрастающей в ельнике чернично-сфагновом на территории Ляльского лесоэкологического стационара в подзоне средней тайги.

Собранный в июле материал фиксировали и готовили срезы к просмотру под электронным микроскопом, используя стандартные методики. В работе представлены результаты анализа продольных и поперечных срезов коричневой и черной эктомикориз.

Ранее было отмечено, что толщина и объемная доля грибного чехла в эктомикоризах пихты сибирской больше, чем у ели сибирской и сосны обыкновенной, произрастающих в еловых фитоценозах средней тайги [2]. Наши исследования также показали интенсивное развитие грибного чехла у изученных нами морфотипов эктомикориз пихты сибирской (рис.).

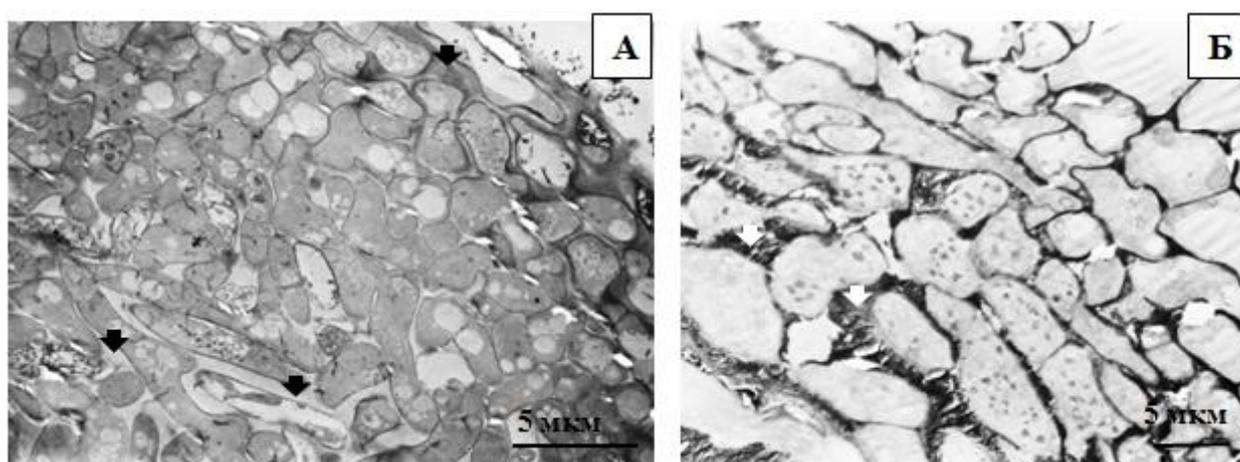


Рис. Грибной чехол коричневой (А) и черной (Б) эктомикоризы пихты сибирской. Стрелки указывают на матрикс грибного чехла

У коричневой эктомикоризы наблюдали чехлы псевдопаренхиматического или плектенхиматического типа. В просмотренных образцах клетки гриба чехла со средним радиальным диаметром 2,7 мкм были погружены в электронно-светлый матрикс (рис.), что ранее было описано для коричневых эктомикориз ели, а также для светло-коричневых и белых эктомикориз сосны [3, 4]. Показано, что этот матрикс состоит преимущественно из полисахаридов [4]. Клетки гриба были заполнены цитоплазмой с митохондриями и развитой эндоплазматической системой, характерной для физиологически активных клеток [5]. Объем вакуолей в них увеличивался от внутренней части чехла к внешней. По периферии чехла встречались деградирующие клетки гриба. В грибном чехле коричневой микоризы хорошо просматривались долиповорые септы, что свидетельствует о принадлежности гриба-микоризообразователя к Basidiomycetes [5].

Известно, что растение вступает в симбиоз с грибами для усиления снабжения его фосфатами, а также другими минеральными веществами [6]. Для грибных клеток характерно накопление полифосфатсодержащих гранул в вакуолях [5]. Изучение эктомикориз сосны показало сезонную динамику их

содержания в вакуолях микросимбионта: максимальное количество отмечалось в марте и снижалось в период активной вегетации [4]. Интересно, что в клетках грибного чехла коричневой эктомикоризы пихты в июле, в середине периода вегетации, в вакуолях было отмечено интенсивное накопление осмиофильного материала, вероятно, полифосфатов в виде округлых или слегка вытянутых глобул со средними размерами 0,3 x 0,5 мкм. В клетках грибного чехла микориз ели в июле такого активного накопления содержащих полифосфаты гранул, как в пихте, не наблюдали [3]. Накопление полифосфатов в грибном компоненте эктомикориз требует дополнительных исследований.

В молодых латеральных корневых окончаниях заселение грибом может происходить не из почвы, а с грибного чехла родительского корня, либо на начальных этапах роста сохраняется родительский грибной чехол. Поэтому на срезах молодых микоризных корней можно наблюдать хорошо развитый грибной чехол, а сеть Гартига может отсутствовать, в связи с более поздним ее развитием. Наши исследования показали, что чехол молодой коричневой микоризы граничил с тканями растущего корня без сети Гартига. На границе встречался осмиофильный материал, который является, вероятно, остатком разрушенных наружных клеток корня, и имеет фенольную природу [4]. Далее следовал ряд таниновых клеток. В вакуолях паренхимных клеток танин также активно накапливался, в цитоплазме митохондрии были расположены группами, крахмал в амилопластах занимал почти весь объем пластид. Так как клеточные оболочки молодого корня были еще не развиты, а сеть Гартига отсутствовала, то и электронно-плотный полисахаридный матрикс, в который, как правило, погружены клетки коровой паренхимы в зоне ее распространения, не был сформирован [3, 4].

В молодых боковых черных микоризных окончаниях также отсутствовала сеть Гартига, а грибной чехол псевдопаренхиматического типа был хорошо развит. Клетки грибного чехла черной микоризы были крупнее, чем коричневой, со средним радиальным диаметром 9,5 мкм. В связи с интенсивной пигментацией мицелия матрикс грибного чехла в черной микоризе был более электронно-плотный (черный), чем в коричневой (рис.). Поэтому на внутренней границе грибного чехла он сливался с осмиофильным материалом на внешней границе корня. В центральной части чехла в многочисленных мелких вакуолях клеток гриба накапливалось от 7 до 28 осмиофильных полифосфатсодержащих гранул со средними размерами 0,4 x 0,6 мкм. В отличие от гранул в клетках гриба коричневой микоризы, они на срезах имели не всегда округлую, а чаще неправильную, удлинненную форму. С использованием методов лазерной и конфокальной микроскопии описано значительное варьирование формы и размеров полифосфатсодержащих гранул, в том числе в клетках грибов [7].

Таким образом, в условиях подзоны средней тайги в середине периода вегетации физиологически активные эктомикоризы пихты сибирской, произрастающей в ельнике чернично-сфагновом, характеризуются интенсивным развитием грибного чехла и накоплением значительного количества поли-

фосфатсодержащих гранул в нем. Грибной чехол черной микоризы отличается от коричневой большими размерами клеток и большей электронной плотностью матрикса.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском Северо-Востоке России», номер государственной регистрации АААА-А17-117122090014-8.

Литература

1. Леса Республики Коми / Под ред.: Г. М. Козубова и А. И. Таскаева. М.: Издательско-производственный центр «Дизайн. Информация. Картография», 1999. 332 с.
2. Сизоненко Т. А. Сезонная динамика строения и функциональной активности эктомикоризных корней пихты сибирской // Сибирский лесной журнал. 2017. № 6. С. 110–119.
3. Плюснина С. Н. Ультраструктура эктомикориз ели // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ВятГУ, 2018. С. 106–108.
4. Duddridge J. A., Read D. J. The development and ultrastructure of ectomycorrhizas. I. Ectomycorrhizal development on pine in the field // New Phytol. 1984. V. 96. № 4. P. 565–573.
5. Камзолкина О. В., Дунаевский Я. Е. Биология грибной клетки. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. 239 с.
6. Хелдт Г. В. Биохимия растений. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 471 с.
7. Громозова Е. Н., Войчук С. И., Качур Т. Л., Горчев В. Ф., Карахим С. А. Особенности строения волютиновых гранул в клетках низших полифосфатаккумулялирующих эукариот // Биотехнология. 2010. Т. 3. № 4. С. 55–61.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ г. КАЗАНИ

В. В. Целоусов, Н. С. Архипова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Институт фундаментальной медицины и биологии,
vova.celousov@mail.ru*

Казань – один из наиболее динамично развивающихся городов России с развитой инфраструктурой, где активно реализуются проекты городского благоустройства, в том числе, озеленения города. Древесная растительность очень важна в условиях города, она помогает приблизить городскую экосистему к состоянию экологического равновесия, при котором обеспечивается сохранение устоявшегося биоразнообразия, геохимическая и биохимическая активность территории соответствуют уровню антропогенной нагрузки. Следовательно, растения создают благоприятные условия для жизни людей в городе [1].

Целью исследования было провести анализ состояния городских древесных насаждений, и выявить породы наиболее устойчивые к воздейст-

вию загрязнений окружающей среды и, следовательно, наиболее перспективные для городского озеленения.

Маршрутное обследование с определением видов зелёных насаждений проводили в трех районах г. Казани: Советском, Вахитовском и Приволжском в период с мая по июль 2019 г. Оценку состояния древесных насаждений проводили по визуальной шкале.

На рисунке 1 представлены данные по встречаемости видов деревьев и кустарников, произрастающих в городе Казани. Во время инвентаризации всего на территории г. Казани было обследовано 60355 деревьев и 50566 кустарников на улицах, дворовых территориях, парках и скверах. Всего на территории г. Казани было выявлено 93 вида деревьев и 101 вид кустарников.

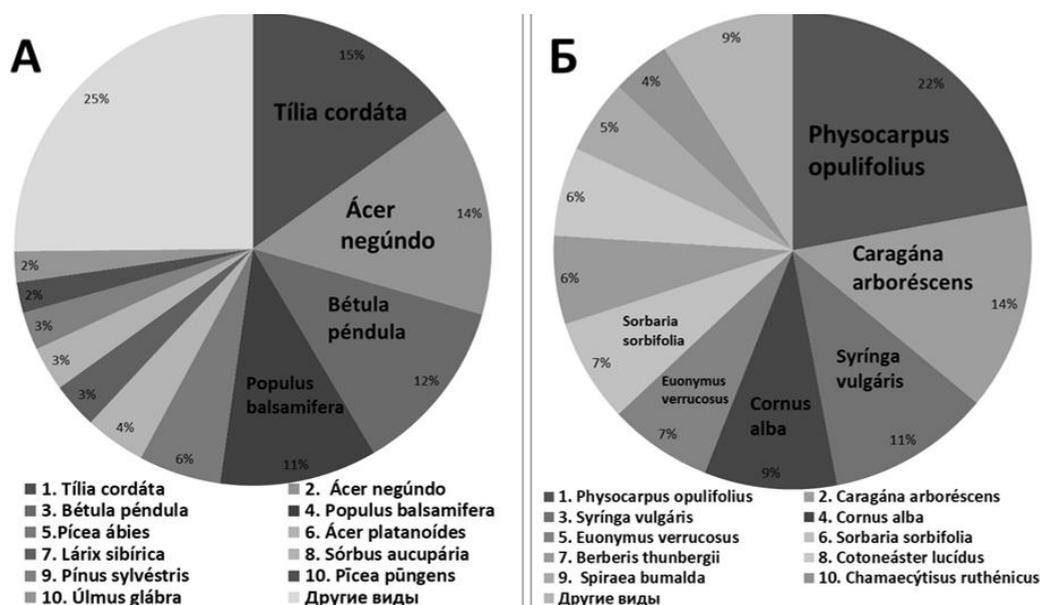


Рис. 1. Встречаемость видов деревьев (А) и кустарников (Б) в г. Казани

На основании анализа видового состава древесных насаждений можно отметить значительное количество деревьев *Populus balsamifera*. Однако, редко можно встретить в городе молодые деревья этой породы, потому что происходит его интенсивная замена на тополя-гибриды: *Populus ×berolinensis*, *Populus ×canadensis* и другие виды: *Populus pyramidalis*, *Populus álba*, которые хорошо приживаются в условиях города и в сравнении с *Populus balsamifera* более устойчивы, менее подвержены заражению. Данная замена связана с тем, что многие деревья *Populus balsamifera* являются старыми, следовательно, их ветви ломаются при ветре, что может быть опасно для людей. Стоит отметить, что альтернативные виды тополей не производят пух, что делает их перспективными для городского озеленения [2].

Многие деревья *Ácer negúndo* в условиях города Казани старые, с нарушениями в строении ствола. Часто встречается суховершинность, трещины, искривлённость ствола или группы стволов и хаотично растущие ветви, делающие крону беспорядочной – эти факторы свидетельствуют о низкой деко-

ративности *Ácer negúndo*. Такие деревья постепенно вырубаются и заменяются на другие породы.

Отмечено значительное количество молодых хвойных деревьев: *Pícea ábies*, *Lárix sibírica*, *Pínus sylvéstris*, *Pícea pūngens* и их быстрое распространение в городе. Они отличаются высокой декоративностью в течение всего года. Традиционно часто высаживаются хвойные виды деревьев у парадных входов различных образовательных, муниципальных и других учреждений. Потенциал хвойных деревьев высок для применения в озеленении территории города и ландшафтном дизайне [3].

Посадка древесных насаждений вдоль дорог связана с газозащитной и шумопоглощающей функцией деревьев и кустарников. Наиболее часто используют для этих целей *Populus balsamifera*, *Tília cordáta*, *Populus ×berolinensis*, *Úlmus glábra*, *Ácer platanoídes*. Стоит отметить, что древесные насаждения вблизи автомобильных дорог, часто подвержены как воздействию атмосферного загрязнения, так и почвенного [4]. На листьях отмечены пятна хлороза, некрозы различной степени. Наиболее сильно страдает *Ácer platanoídes*, чуть меньше *Tília cordáta*.

Отмечено большое количество и разнообразие в городе, особенно дворовых территориях, плодовых культур: несколько видов *Mālus* (*Malus domestica*, *Malus × prunifolia*, *Malus baccata*), *Prúnus* (*Prúnus pádus*, *Prunus maackii*, *Párus virginiána*), *Crataégus* (*Crataegus nigra*, *Crataegus pinnatifida*, *Crataegus laevigata*), *Amelanchier canadensis*, *Ribes aureum*, *Arónia melanocárpa*, *Prúnus cérasus* и другие виды.

Отмечено разнообразие видов *Spiraea* (*Spiraea japonica*, *Spiraea bumalda*, *Spiraéa salicifolia*, *Spiraéa chamaedryfólia*), потому что представители этого рода - неприхотливые и устойчивые в условиях города кустарники, которые отличаются быстрым ростом, живописной формой, обильным и продолжительным цветением, многообразием форм соцветий и различной окраской цветков [5].

Отмечено появление изгородей из кустарников как важного элемента ландшафтного дизайна на улицах города (*Physocarpus opulifolius*, *Cotoneáster*, *Spiraea*).

Выявлено плохое состояние *Sórbus aucupária* в условиях города. Основные нарушения: сухие стволы, ветви и листья, некроз листьев, трещины в стволах, многие деревья являются старовозрастными.

Только в парках и скверах было обследовано 10456 деревьев и 13091 кустарников. из которых в парках и скверах было встречено 82 вида деревьев и 85 видов кустарников. На рисунке 2 показана встречаемость видов деревьев и кустарников в парках и скверах г. Казани.

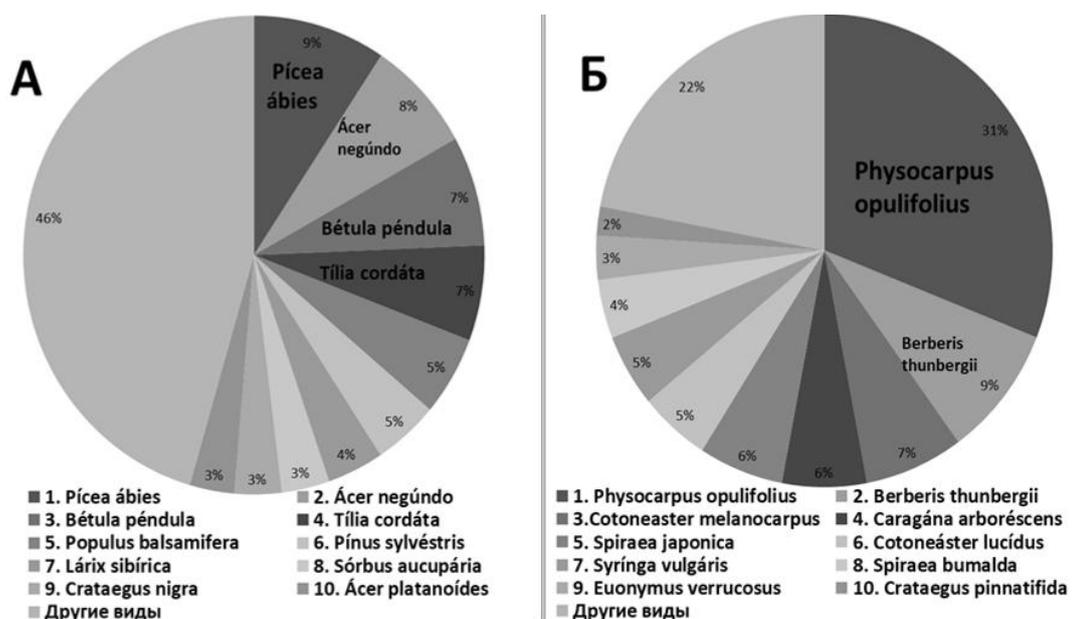


Рис. 2. Встречаемость видов деревьев (А) и кустарников (Б) в парках и скверах г. Казани

Если на улицах и придворовых территориях по состоянию на 2019 г. прослеживается доминирование 4 видов деревьев: *Tília cordáta*, *Ácer negúndo*, *Bétula péndula* и *Populus balsamifera* с интенсивным увеличением количества молодых побегов *Picea abies*, то в парках и скверах не наблюдается доминирования каких либо видов. Как мы видим на рисунке 2, паркам и скверам Казани свойственно богатое видовое разнообразие древесных насаждений.

Видовое разнообразие кустарников на улицах и придворовых территориях и кустарников парков и скверов кардинально не отличается. В обоих случаях наблюдается явное доминирование *Physocarpus opulifolius*.

Литература

1. Басыйров А. М. Экология города: Учебно-методическое руководство. Казань, КФУ, 2013. 96 с.
2. Коновалов Н. А. О внедрении декоративных тополей и ив в озеленительные посадки на Урале // Материалы по озеленению городов Урала. Вып. 1. Свердловск, 1958.
3. Коляда Н. А. Об использовании североамериканских хвойных растений в озеленении городов России // Вестник КрасГАУ. 2010. № 9.
4. Чиркова А. И., Литвинов П. В. Зелёные насаждения как метод защиты от шума и вредных выбросов двигателей внутреннего сгорания в сельской местности // Молодой ученый. № 11. 2017. 176 с. [Электронный ресурс] URL <https://moluch.ru/archive/145/40761/> (Дата обращения: 26.10.2019).
5. Чиндряева Л., Киселева Т. Спиреи в озеленении Новосибирска // Цветоводство. № 3. 2015.

АНАЛИЗ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЕЕ ЦЕННОСТИ ДЛЯ ЖИЛЫХ ЗОН В МИКРОРАЙОНЕ «КВАРТАЛ 119»

*Т. А. Мусихина, Р. А. Шмаков, Д. А. Кузнецов, А. С. Козлов,
А. Д. Клиндухова
Вятский государственный университет, usr04011@vyatsu.ru*

В настоящее время в Кировской области действует государственная программа «Формирование современной городской среды в населенных пунктах Кировской области» на 2018–2022 гг. [1], которая предусматривает благоустройство дворовых и общих территорий, рекреационных участков как с помощью развития инфраструктуры, так и озеленения. Однако, в рамках программы необходим всесторонний сбор информации о текущем положении дел, причем для каждого конкретного жилого района в отдельности, т. к. для каждого района характерны свои уникальные проблемы. Но, поскольку, государственные программы предусматривают усредненные значения по районам, необходимы локальные проекты по изучению благоустройства, организации пространства и озеленения.

Примером такого проекта является проект «Квартал 119», проводимый на базе университета ВятГУ, в рамках которого проводится всесторонняя оценка жилого микрорайона с целью разработки рекомендаций по дальнейшему развитию дворов и прилегающих территорий [1]. Границами микрорайона служат транспортные магистрали: улицы Московская, Ломоносова, Лепсе, Студенческий проезд. Территория микрорайона «Квартал 119» состоит из 38 земельных участков общей площадью 164414 кв. м. Категория земель – земли населенных пунктов. Карта-схема с экспликацией территории с разбивкой на земельные участки согласно кадастра представлена на рисунке 1.

Одним из критериев по оценке исследуемого микрорайона является оценка зеленых насаждений: видовое разнообразие, роль и ценность растений для рекреационных и жилых зон.

Благоустройство территории – деятельность по реализации комплекса мероприятий направленная на обеспечение и повышение комфортности условий проживания граждан, по поддержанию и улучшению санитарного и эстетического состояния территории муниципального образования, по содержанию территорий населенных пунктов и расположенных на таких территориях объектов, в том числе территорий общего пользования, земельных участков, зданий, строений, сооружений, прилегающих территорий [2, 3]. Одним из элементов благоустройства является озеленение – совокупность работ, связанных с созданием и использованием растительных насаждений, направленных на улучшение экологического состояния окружающей среды и благоустройство территории с целью повышения качества и комфорта городской среды. В совокупности, озеленение городских участков приводит к формированию зеленого фонда города – совокупности «зеленых» зон, в том числе, по-

являлись многолетние растения, не требующие особого ухода. Например, наиболее распространенными цветами в клумбах были бархатцы (*Tagetes*).

Всего было описано около 1054 деревьев, 435 кустарников, 6 газонов и 25 клумб. Комплексная экологическая оценка показала, что состояние зеленых насаждений исследуемого участка находится в удовлетворительном состоянии. Однако сами растения были высажены довольно хаотично, без определенной последовательности либо структурной композиции, преимущественно только вдоль дорог, без аллей и цветников, никаким образом не украшены.

Роль, которую выполняют для микрорайона растения, важна. Во-первых, они снижают уровень шума. Во-вторых, древесные и кустарниковые растения выполняют пылеулавливающую роль и снижают загазованность территории. В частности, главными источниками пылевого загрязнения являются две главных улицы района: Лепсе и Московская – оживленные автомагистрали, суточная активность движения по которым очень высока.

Однако, около половины озелененной территории квартала осталась не изучена. Произошло это ввиду того, что часть территории для исследования недоступна. Например, составляющий 19,3% от общей площади микрорайона участок, занятый Кировским областным наркологическим диспансером (форма собственности: собственность публично-правовых образований, вид разрешенного использования – для размещения объектов, характерных для населенных пунктов (здравоохранение), кадастровый номер 43:40:000119:21), недоступен ввиду особого режима территории.

Таким образом, ввиду того, что растения расположены в произвольном порядке без каких-либо аллей и цветников, основная часть территории практически не подходит для организованного отдыха населения, а подходящая территория Кировского областного наркологического диспансера закрыта для населения, можно сделать вывод, что в данный момент на территории микрорайона места для отдыха населения отсутствуют.

Выходом из данной проблемы мы можем предложить открытие для посещения территории кировского областного наркологического диспансера. В этом случае у населения квартала появится озелененная территория общего пользования, тем самым снизится нагрузка на прилегающие парки, например, Парк Победы и Ломоносовский бульвар, а также увеличится возможная для озеленения территория. В качестве удачной аналогии можно привести открытие территории Кировского областного клинического перинатального центра.

Исходя из результатов проведенных наблюдений можно сделать следующие выводы:

1) территория квартала обладает не самым высоким разнообразием видовой растительности и не будет лишним ее разнообразить с помощью озеленения, однако состояние растений удовлетворительное;

2) роль, которую выполняют растения в квартале значима, так как рядом расположены промышленные зоны города Кирова и несколько крупных улиц с высокой интенсивностью движения;

3) большая часть территории квартала не подходит для рекреационных целей, так как либо отсутствует возможность создания этой зоны (например, из-за наличия скотомогильника и его санитарной зоны), либо она ограничена и отделена от общего пользования;

4) одним из выходов из проблемы с наличием рекреационных зон в квартале мы видим открытие для посещения территории Кировского областного наркологического диспансера – население получит новое место отдыха – озелененная территория общего пользования.

Литература

1. Постановление от 31 августа 2017 года № 449-П Об утверждении государственной программы Кировской области «Формирование современной городской среды в населенных пунктах Кировской области» на 2018–2022 годы.

2. Решение Кировской городской Думы от 27.08.2008 № 19/41. Об утверждении правил внешнего благоустройства в муниципальном образовании «Город Киров».

3. СП 82.13330.2016 Благоустройство территорий. Актуализированная редакция СНиП III-10-75В.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ *EPIPACTIS ATRORUBENS* (HOFFM. EX BERNH.) BESS. НА ШЛАМОТВАЛЕ ОАО «КИРОВСКИЙ ЗАВОД ПО ОБРАБОТКЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ»

*Н. Ю. Егорова*¹, *В. Н. Сулейманова*^{1,2}, *Е. А. Лугинина*^{1,2},
Т. Л. Егошина^{1,2}, *Ю. В. Гудовских*^{1,2}

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,*

² *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
n_chirkova@mail.ru*

Род *Epipactis* на территории Кировской области представлен 3 видами – *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess., *E. helleborine* (L.) Crantz, *E. palustris* (L.) Crantz [1].

Дремлик темно-красный – *Epipactis atrorubens* – короткокорневищное многолетнее травянистое растение, геофит, поликарпик [2].

В Кировской области *E. atrorubens* приурочен к береговым склонам, сухим хвойно-широколиственным и широколиственным лесам, отмечен по опушкам и полянам; в южных районах области – на известняках [1]. Помимо естественных местообитаний вид встречается и в условиях антропогенных ландшафтов [3–5].

Цель работы – изучить состояние ценопопуляции (ЦП) *E. atrorubens* в условиях антропогенно трансформированных экосистем на примере зарастающего древесными породами участка шламоотвала ОАО «Кировского завода по обработке цветных металлов».

Изучение ЦП *E. atrorubens* проведено в вегетационные сезоны 2008 и 2019 гг. на старой зарастающей части шламоотвала ОАО «Кировского завода

по обработке цветных металлов». Для характеристики состояния популяций определяли численность особей в баллах [6]. На каждой учетной площади изучали морфометрические параметры генеративных особей: высота надземного побега, длина соцветия, число цветков, число метамеров надземного побега, длина, ширина листа 2-го от основания побега метамера (срединной формации). Оценку изменчивости изучаемых признаков проводили по значению коэффициента вариации [7]. Анализ структуры изменчивости признаков и групп признаков выполнен согласно с рекомендациями Н.С. Ростовской (2002) [8]. Статистическая обработка данных проведена в соответствии с общепринятыми методами и подходами. Данные достоверны при уровне значимости $P \leq 0,05$.

ЦП *E. atrorubens* изучена в ивняке разнотравном (рис. 1). Древостой формируют *Salix caprea* L., *Populus tremula* L., *Betula pendula* Roth. Сомкнутость крон первого яруса составляет – 0,8; средняя высота – 3,7 м; возраст — 25 лет. В подлеске отмечены единичные экземпляры *Frangula alnus* Mill., *Sorbus aucuparia* L., *Ribes nigrum* L. В травяно-кустарничковом ярусе (общее проективное покрытие около 30%) преобладают *Galium mollugo* L., *Fragaria vesca* L., *Rubus saxatilis* L., *Equisetum sylvaticum* L., *Heracleum sibiricum* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Tussilago farfara* L. С меньшим обилием отмечены *Dianthus superbis* Bieb., *Tanacetum vulgare* L., *Valeriana officinalis* L., *Artemisia vulgaris* L., *Anthemis tinctoria* L. Мохово-лишайниковый ярус не выражен.



Рис. 1. *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess. на шламоотвале ОАО «Кировский завод по обработке цветных металлов»

Численность исследуемой ЦП *E. atrorubens* в 2008 г. оценивалась в 2 балла и не превышала 50 экз. К 2019 г. произошло значительное увеличение числа особей – до 200 экз. Разрастание рассматриваемой ЦП в течение 10-летнего периода является проявлением эксплерентной составляющей жиз-

ненной стратегии вида в ходе сукцессии антропогенных экосистем, что отмечалось нами и ранее [9].

Исследуемые морфометрические параметры *E. atrorubens* характеризуются довольно широкими пределами изменчивости (табл.). Высота надземного побега варьирует от 17,2 до 68,4 см и отличается повышенным уровнем изменчивости ($CV=27,5-35,6\%$). Максимальное среднее значение данного признака наблюдалось у растений в 2008 году – $40,1\pm 2,01$ см. Спустя 10 лет отмечается снижение высоты побегов до $32,0\pm 0,65$ см. Также зафиксировано уменьшение длины соцветия практически в два раза с 14,4 до 7,9 см. При этом число цветков в соцветии изменилось не значительно. Так, если в 2008 г. в среднем закладывалось 14,4 шт., то в 2019 г. – 13,8 шт. Длина соцветия и число цветков не зависимо от года наблюдения характеризуются высоким или очень высоким уровнем изменчивости (коэффициент вариации от 43,4 до 55,7%).

Число метамеров надземного побега варьирует от 3 до 8 шт. и отличается низким или средним значением изменчивости. Параметры листа второго от основания побега метамера (длина и ширина) имеют повышенные параметры изменчивости. Так, длина листа колеблется от 2,6 до 10,9 см, а ширина – от 1,7 до 6,7 см. Наблюдается увеличение линейных размеров листа в 2019 г. по сравнению с 2008 г.

Таблица

Морфологические признаки *Epipactis atrorubens* (Hoffm.) Bess.

Признак	2008 г.		2019 г.		
	$\frac{M\pm m}{\text{min-max}}$	CV, %	$\frac{M\pm m}{\text{min-max}}$	CV, %	
Высота надземного побега, см	$\frac{40,1\pm 2,01}{21,4-62,2}$	27,5	$\frac{32,0\pm 1,82}{17,2-68,4}$	35,6	
Длина соцветия, см	$\frac{14,4\pm 1,14}{2,7-27,9}$	43,4	$\frac{7,9\pm 0,71}{1,9-21,6}$	55,7	
Число метамеров надземного побега, шт.	$\frac{5,1\pm 0,21}{3,0-8,0}$	22,6	$\frac{5,6\pm 0,13}{4,0-8,0}$	14,6	
Параметры листа второго от основания побега метамера	длина, см	$\frac{4,4\pm 0,23}{2,6-7,4}$	29,0	$\frac{6,0\pm 0,26}{3,6-10,9}$	27,0
	ширина, см	$\frac{2,8\pm 0,13}{1,7-4,4}$	25,5	$\frac{3,4\pm 0,18}{1,8-6,7}$	33,6
Число цветков, шт.	$\frac{14,4\pm 1,28}{3,0-31,0}$	48,8	$\frac{13,8\pm 0,99}{5,0-33,0}$	44,5	

Среди морфологических признаков *E. atrorubens* эколого-биологическими индикаторами адаптивной изменчивости организма, отражающими согласованную изменчивость особи в неоднородной среде, являются такие признаки как длина соцветия и число цветков во все годы наблюдения (рис. 2). В 2019 г. в эту группу вошел такой признак как высота надземного побега. Эти признаки характеризуются высоким показателем коэффициента вариации и коэффициента детерминации; они наиболее изменчивы и зависят от внешних факторов.

Ключевыми признаками, определяющими общее состояние системы и выступающими как биологические индикаторы, в 2008 году были диагностированы следующие – высота надземного побега и ширина листа. В 2019 г. в эту группу попал только один из изученных параметров - ширина листа.

К группе генетических признаков, с низкой общей и согласованной изменчивостью, стабильно относятся число метамеров надземного побега и длина листа. Эти признаки являются наиболее устойчивыми к внешним воздействиям и имеют таксономическое значение.

В группу экологических индикаторов не был отнесен ни один из рассматриваемых признаков.

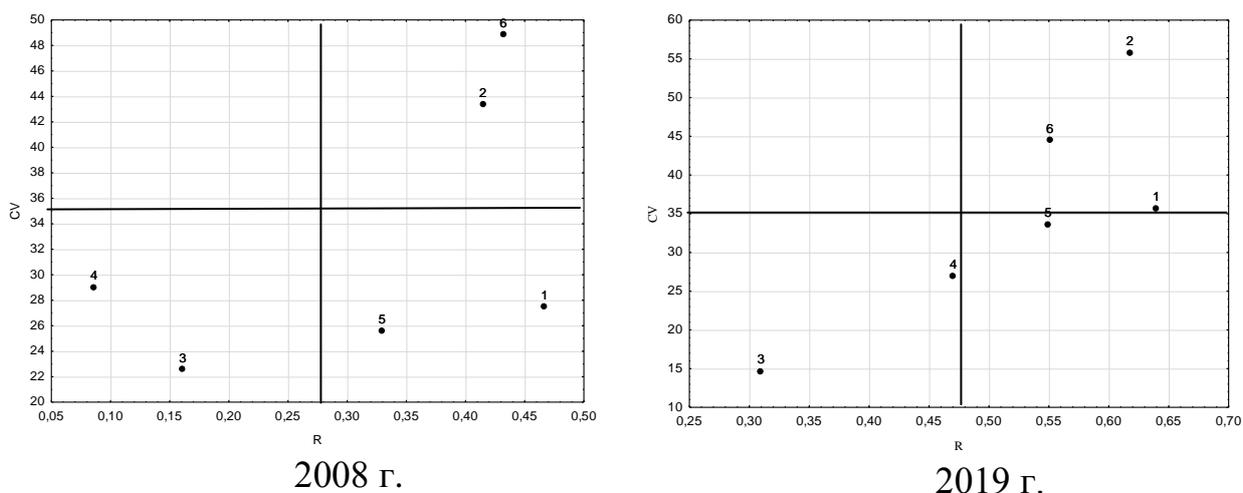


Рис. 2. Структура изменчивости морфологических признаков *Epiractis atrorubens* (Hoffm.) Bess. По оси ординат – коэффициент вариации признака (CV), по оси абсцисс – коэффициент детерминации (r^2_{ch})
 1 – высота надземного побега, см; 2 – длина соцветия, см;
 3 – число метамеров надземного побега, шт.; 4 – длина листа, см;
 5 – ширина листа, см; 6 – число цветков, шт.

В течение рассматриваемого периода наблюдается устойчивый рост ЦП *E. atrorubens* в ходе сукцессионных изменений, протекающих на выведенном из эксплуатации шламоотвале.

Наименее изменчивыми признаками генеративных особей *E. atrorubens* являются число метамеров надземного побега и длина листа. Максимальная степень изменчивости установлена для длины соцветия и количества цветков. В результате проведенного анализа структуры изменчивости морфологических признаков *E. atrorubens* описаны 3 группы признаков: эколого-биологические, биологические, генетические. Стабильной группой признаков в течение рассматриваемого периода наблюдения являются генетические индикаторы. Установлено, что такой признак как высота надземного побега в отдельные годы может выступать либо биологическим, либо эколого-биологическим индикатором.

Литература

1. Тарасова Е. М. Флора вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.
2. Лекарственные растения: разнообразие жизненных форм / Л. А. Жукова [и др.]. Йошкар-Ола: ООО ИПФ СТРИНТ, 2015. 168 с.
3. Баранова О. Г., Егошина Т. Л., Чиркова Н. Ю., Ярославцев А. В. Новые местонахождения видов семейства Орхидных (Orchidaceae Juss.) в Кировской области // Охрана и культивирование орхидей. Материалы IX Междунар. конф. (26–30 сентября 2011). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 51–52.
4. Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л. Новые местонахождения редких и нуждающихся в охране сосудистых растений выработанных торфяных месторождений (Кировская область) // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 3 (24). С. 35–41.
5. Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л. *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess. в условиях антропогенно трансформированных ландшафтов // Биологическое разнообразие – основа устойчивого развития: Материалы междунар. науч.-практ. конф. / Науч. ред. З. П. Оказова. 2018. С. 94–98.
6. Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР / Сост. Л. В. Денисова и др. М.: ВНИИ охраны природы и заповедного дела. 1986. 34 с.
7. Мамаев С. А., Чуйко Н. М. Индивидуальная изменчивость признаков листьев у дикорастущих видов костяники // Индивидуальная эколого-географическая изменчивость растений. Свердловск, 1975. С. 114–118.
8. Ростова Н. С. Корреляции: структура и изменчивость. СПб., 2002. 303 с.
9. Чиркова Н. Ю., Егошина Т. Л. Проявление черт эксплерентности некоторых видов семейства Orchidaceae Juss. в антропогенно измененных экосистемах // Охрана и культивирование орхидей. Материалы IX Междунар. конф. (26–30 сентября 2011). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 466–468.

ФЛОРА БОЛОТА «МЕДЛА-ПЭВ-НИОР» КАК ПРИМЕР ТИПИЧНОГО СРЕДНЕТАЕЖНОГО БОЛОТНОГО КОМПЛЕКСА (ПОДЗОНА СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

В. А. Канев, Н. Н. Гончарова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kanev@ib.komisc.ru

Болота сложный и очень своеобразный природный объект, занимающий определенное место в общей системе мероприятий по охране природы. Охрана болот понимается как один из видов их сохранения в неизменном естественном состоянии для научных, защитных и рекреационных целей [1]. Болотные системы являются мощным экологическим фактором, влияющим на окружающий ландшафт, хранилищем запасов углерода. Болота сохраняют и поддерживают биологическое разнообразие региона. Это места обитания редких видов сосудистых растений и мохообразных, а также птиц, включенных в Красную книгу Республики Коми [2, 3]. Кроме того, болота являются источниками ягодных ресурсов.

Обширная сеть болотных особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в Республике Коми была создана для охраны различных типов болот, поддержания водного баланса, как места произрастания ягод и грибов, мест

обитания дичи и промысловых животных, рекреации. Большинство болотных ООПТ создавалось в южных и центральных районах республики Коми, вблизи крупных населенных пунктов (например, вблизи г. Сыктывкар), и предполагалось, что создание ООПТ сохранит часть болот от их осушения, которое активно проводилось в 80-е годы XX века [2, 4].

На сегодняшний день 110 болот в Республике Коми имеют статус особо охраняемых природных территорий [4], выполняющих важную роль в сохранении биологического разнообразия региональной флоры и фауны, запасов почвенного углерода, регулировании гидрологического режима северных рек. Вместе с тем, вопросы функционирования болотных экосистем, обмена веществ и энергии в них остаются слабо изученными в регионе [3, 5]. Однако, анализ сформированности сети ООПТ в Республике Коми (РК) показывает, что при наличии большого числа особо охраняемых природных территорий сама региональная сеть особо охраняемых объектов не может быть признана в полной мере соответствующей требованиям, предъявляемым к сетям ООПТ на международном уровне [2]. Во многих природных зонах Республики отсутствуют резерваты для сохранения типичных ценозов характерных для данной природной зоны. Большинство болотных ООПТ представлены верховыми олиготрофными системами, а мезотрофные и эутрофные болота представлены слабо.

На протяжении более 15 лет специалисты отдела флоры и растительности Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН проводят работы, направленные на выявление фитоценотического и флористического разнообразия ООПТ Республики Коми. Также проводятся работы по выявлению перспективных территорий, особенно болотных комплексов для включения в сеть ООПТ.

Одной из такой болотных систем является мезоолиготрофное болото «Медла-Пэв-Нюр», которое находится в подзоне средней тайги. Болото расположено в МО МР Сыктывдинский (Сыктывдинский район) Республики Коми, в 40 км на северо-запад от гор. Сыктывкара и 1,4 км к юго-востоку от села Слудка. Площадь болота 2790 га, толщина торфа составляет 1,4 м. Болото расположено в междуречье рек Пожег и Пычим (левые притоки р. Вычегда), на второй надпойменной террасе реки Вычегда [5]. Данное болото на протяжении последних 10 лет стало объектом пристального изучения, проводятся стационарные многолетние исследования Институт биологии Коми НЦ. Проведена характеристика растительного покрова и разнообразия микромицетов в торфе. Изучена скорость накопления торфа в разных микроландшафтах. Изучены процессы метаногенеза и метаноокисления в слое торфа на разных участках болота, а также суточная и сезонная вариабельность показателей энергообмена в приземном слое атмосферы [5]. В рамках данных работ нами проведены флористические исследования на болоте. Гербарий хранится в УНУ «Научный гербарий СУКО Института биологии Коми НЦ УрО РАН». Сосудистые растения определены по сводке «Флора северо-

востока европейской части СССР» (1974-1977) [6] и другим монографическим работам. Названия видов приведены по сводке С. К. Черепанова [7].

Флора болота «Медла-Пэв-Нюр» насчитывает 95 видов высших сосудистых растений, относящихся к 60 родам и 37 семействам. К споровым растениям, которые представлены папоротниками и хвощами, относятся 4 вида. Из папоротников отмечен один вид – голокучник Линнея (*Gymnocarpium dryopteris*), из хвощевидных три вида – хвощи лесной (*Equisetum sylvaticum*), х. топяной (*E. fluviatile*) и болотный (*E. palustre*). Три вида принадлежат к голосеменным растениям, которые представлены хвойными: ель сибирская (*Picea obovata*), сосна обыкновенная (*P. sylvestris*), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*). Остальные виды относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 27 – однодольные, а 61 – двудольные.

Среди семейств сосудистых растений, наибольшим числом видов отличаются Cyperaceae (17), Rosaceae (9), Ericaceae (8), Salicaceae (5), Orchidaceae (5), Asteraceae (4), Equisetaceae (3), Betulaceae (3), Ranunculaceae (3), Fabaceae (3), Pyrolaceae (3). Остальные семейства представлены 1–2 видами.

Среди родов наибольшим числом видов представлен род *Carex* (14). Второе место по численности занимает род *Salix* (5). Заметным разнообразием видов также отличаются роды *Equisetum* (3), *Rubus* (4), *Eriophorum* (3), *Vaccinium* (3), *Dactylorhiza* (3). Остальные рода представлены 1–2 видами.

Растения, произрастающие в окрестностях болота «Медла-Пэв-Нюр», относятся к разным географическим широтным элементам. Семьдесят пять видов относятся к бореальной широтной группе. Из видов северных широтных групп представлены только гипоарктические, которых 16 видов. Виды с южным распространением значительно менее многочисленны, зарегистрированы только два бореально-неморальных вида. Видов полизонального элемента, ареалы которых располагаются в нескольких природных зонах, всего два вида.

Среди долготных групп преобладают виды с широкими гомарктическими и евразийскими ареалами, 48 и 28 видов соответственно. Это типичная черта флоры таежной зоны Гомарктики. Видов с европейским ареалом распространения двенадцать, а к азиатским относятся шесть видов.

Основной жизненной формой являются травы, к которым относятся свыше трех четвертей биоморфологического состава флоры – 70 видов. Почти все травы это многолетние: осока водная (*Carex aquatilis*), белокрыльник болотный (*Calla palustris*), росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*), фиалка болотная (*Viola palustris*), бодяк огородный (*Cirsium oleraceum*) и др. Из однолетних растений отмечен один вид – марьянник луговой (*Melampyrum pratense*), являющийся полупаразитом высших растений. Все древесные жизненные формы насчитывают 25 видов. Из них деревьев всего 5 видов – ель сибирская (*Picea obovata*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ольха серая (*Alnus incana*), береза пушистая (*Betula pubescens*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*). Кустарников и кустарничков одинаковое количество, по 10 видов. Кустарники представлены следующими видами – можжевельник

обыкновенный (*Juniperus communis*), ива ушастая (*Salix aurita*), ива лапландская (*Salix lapponum*), ива мирзинолистная (*Salix myrsinifolia*), ива филиколистная (*Salix phylicifolia*), ива черничная (*Salix myrtilloides*), карликовая береза (*Betula nana*), смородина щетинистая (*Ribes hispidulum*), шиповник иглистый (*Rosa acicularis*), жимолость Палласа (*Lonicera pallasii*). Кустарнички отмечены следующими видами – водяника гермафродитная (*Empetrum hermaphroditum*), кассандра (*Chamaedaphne calyculata*), багульник болотный (*Ledum palustre*), подбел узколистный (*Andromeda polifolia*), клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus*), клюква болотная (*Oxycoccus palustris*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), черника (*Vaccinium myrtillus*), линнея северная (*Linnaea borealis*), некоторые из них являются доминантами в болотных и лесных сообществах, при образовании травяно-кустарничкового яруса.

Во флоре болота произрастают два вида растений, которые включены в Красную Книгу Республики Коми [3] – пальчатокоренник мясокрасный (*Dactylorhiza incarnata*) и гаммарбия болотная (*Hammarbia paludosa*) из семейства орхидные, и классифицированы как редкие (категория статуса охраны 3). Один вид – пальчатокоренник пятнистый (*Dactylorhiza maculata*) из семейства орхидные, нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение к региональной Красной книге.

Ниже приводится список высших сосудистых растений, которые здесь произрастают. Названия приводятся в порядке системы Энглера.

Класс Equisetopsida. Сем. 1. Equisetaceae: *Equisetum fluviatile*, *Equisetum palustre*, *Equisetum sylvaticum*.

Класс Polypodiopsida. Сем. 2. Athyriaceae: *Gymnocarpium dryopteris*.

Класс Pinopsida. Сем. 3. Pinaceae: *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*. Сем. 4. Cupressaceae: *Juniperus communis*.

Класс Liliopsida. Сем. 5. Scheuchzeriaceae: *Scheuchzeria palustris*. Сем. 6. Poaceae (= Gramineae): *Calamagrostis purpurea*. Сем. 7. Cyperaceae: *Carex aquatilis*, *Carex cespitosa*, *Carex chordorrhiza*, *Carex cinerea*, *Carex disperma*, *Carex globularis*, *Carex juncella*, *Carex lasiocarpa*, *Carex limosa*, *Carex pauciflora*, *Carex paupercula*, *Carex rostrata*, *Carex tenuiflora*, *Carex vaginata*, *Eriophorum gracile*, *Eriophorum polystachion*, *Eriophorum vaginatum*. Сем. 8. Araceae: *Calla palustris*. Сем. 9. Juncaceae: *Luzula pilosa*. Сем. 10. Convallariaceae: *Maianthemum bifolium*. Сем. 11. Orchidaceae: *Corallorhiza trifida*, *Dactylorhiza hebridensis*, *Dactylorhiza incarnate*, *Dactylorhiza maculata*, *Hammarbia paludosa*.

Класс Magnoliopsida. Сем. 12. Salicaceae: *Salix aurita*, *Salix lapponum*, *Salix myrsinifolia*, *Salix myrtilloides*, *Salix phylicifolia*. Сем. 13. Betulaceae: *Alnus incana*, *Betula nana*, *Betula pubescens*. Сем. 14. Polygonaceae: *Bistorta major* (= *Polygonum bistorta*). Сем. 15. Ranunculaceae: *Caltha palustris*, *Ranunculus lapponicus*, *Ranunculus propinquus*. Сем. 16. Droseraceae: *Drosera rotundifolia*. Сем. 17. Saxifragaceae: *Chrysosplenium alternifolium*. Сем. 18. Grossulariaceae: *Ribes hispidulum*. Сем. 19. Rosaceae: *Comarum palustre*, *Filipendula ulmaria*,

Geum rivale, *Rosa acicularis*, *Rubus arcticus*, *Rubus chamaemorus*, *Rubus humilifolius*, *Rubus saxatilis*, *Sorbus aucuparia*. Сем. 20. Fabaceae: *Lathyrus pratensis*, *Lathyrus vernus*, *Vicia sepium*. Сем. 21. Geraniaceae: *Geranium sylvaticum*. Сем. 22. Oxalidaceae: *Oxalis acetosella*. Сем. 23. Empetraceae: *Empetrum hermaphroditum*. Сем. 24. Violaceae: *Viola epipsila*, *Viola palustris*. Сем. 25. Onagraceae: *Chamaenerion angustifolium*, *Epilobium palustre*. Сем. 26. Apiaceae: *Angelica sylvestris*, *Cicuta virosa*. Сем. 27. Pyrolaceae: *Moneses uniflora*, *Ortilia secunda*, *Pyrola rotundifolia*. Сем. 28. Ericaceae: *Andromeda polifolia*,

Chamaedaphne calyculata, *Ledum palustre*, *Oxycoccus microcarpus*, *Oxycoccus palustris*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium vitis-idaea*. Сем. 29. Primulaceae: *Trientalis europaea* L. Сем. 30. Menyanthaceae: *Menyanthes trifoliata*. Сем. 31. Boraginaceae: *Myosotis palustris*. Сем. 32. Scrophulariaceae: *Melampyrum pratense*. Сем. 33. Lentibulariaceae: *Utricularia intermedia*. Сем. 34. Rubiaceae: *Galium boreale*, *Galium palustre*. Сем. 35. Caprifoliaceae: *Linnaea borealis*, *Lonicera pallasii*. Сем. 36. Adoxaceae: *Adoxa moschatellina*. Сем. 37. Asteraceae: *Cirsium heterophyllum*, *Cirsium oleraceum*, *Crepis paludosa*, *Petasites frigidus*.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института биологии «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском Северо-Востоке России» (Рег. № АААА-А17-117122090014-8, а также при поддержке Комплексной программы фундаментальных научных исследований УрО РАН проект № №18-4-4-5 «Эмиссионная составляющая углеродного цикла пойменных болот среднетаежной подзоны в условиях климатических изменений»).

Литература

1. Тановицкий И. Г. Природоохранные функции болот и критерии для их заповедывания // Проблемы Полесья. Минск, 1980. Вып. 6. С. 246–256.
2. Особо охраняемые территории Республики Коми: итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар, 2011. 256 с.
3. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 27 марта 2019 г. № 498 “О перечнях (списках) редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов растительного и животного мира на территории Республики Коми”). 2019. URL:<http://mpr.rkomi.ru/content/imagenews/-74756/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D1%8C.pdf>
4. Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми / Под ред. С. В. Дёгтевой, В. И. Пономарева. Сыктывкар, 2014. 428 с.
5. Zagirova S., Kanev V., Sizonenko T., Goncharova N., Mikhailov O., Miglovets M., Khabibullina F. Ecosystems of a resooligotrophic peatland in northwestern Russia: development, structure, and function / ed. S. Zagirova, I. Shneider. – Syktyvkar : Institute of Biology Komi Science Center Urals Branch Russian Academy of Sciences, 2016. 172 p.
6. Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л. 1974. Т. I. 257 с.; 1976. Т. II. 316 с.; 1976. Т. III. 293 с.; 1977. Т. IV. 312 с.
7. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 992 с.

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Т. К. Шешегова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого», *immunitet@fanc-sv.ru*

Климат в мире неуклонно меняется. Хотя глобальное потепление продолжает оставаться дискуссионной темой, но уже практически никем не оспаривается. По данным Росгидромета, климат в Российской Федерации теплее сильнее, чем по всей Земле в целом. При этом Россия относится к числу стран, сельское хозяйство которых наиболее сильно зависит от колебаний климатических факторов. Особенно это проявилось в последние 10–15 лет, которые оказались самыми теплыми и влажными за прошедшее столетие. Для Российской Федерации как наиболее обширной северной страны, потепление может иметь как негативные, так и позитивные последствия. Среди положительных результатов можно выделить следующие последствия: увеличение площади земель, пригодных для земледелия; рост продолжительности вегетационного периода; улучшение тепло- и влагообеспеченности сельскохозяйственных культур; улучшение условий перезимовки полевых и садовых культур; возможность интродукции более теплолюбивых культур в северные регионы. Например, для ряда областей и республик Северо-Востока европейской части Российской Федерации в 10–20-летней перспективе вполне возможно полноценное выращивание на разные цели таких культур, как кукуруза, соя, просо, сорго, озимый ячмень и виды тритикале.

В ходе аналитического обзора научной информации и собственных наблюдений была обоснована возможная динамика сложившихся и новых региональных патоккомплексов полевых биоценозов в связи изменением климата, что и явилось целью наших исследований.

На Евро-Северо-Востоке РФ вследствие особых агроклиматических условий на посевах полевых культур сложились свои специфичные патогенные комплексы. Среди болезней наибольшее распространение и эпифитотийную опасность представляют: на озимой ржи, озимой пшенице и озимой тритикале, в первую очередь, *снежная плесень* и *корневые гнили*, которые проявляются практически ежегодно в той или иной степени; возможно развитие *склеротинии* с небольшой частотой (чаще всего в Удмуртии); далее *виды ржавчин* и микозы колоса (*фузариоз*, *альтернариоз* и *оливковая плесень*, *спорынья*, виды *головни*). На посевах яровой пшеницы и яровой тритикале наблюдается ежегодное проявление *септориоза листьев* и *колоса*, *бурой ржавчины*, *корневых гнилей*; в отдельные годы отмечаются локальные вспышки *головневых болезней*. Ячмень ежегодно поражается пятнистостями грибной и бактериальной этиологии (*полосатая*, *сетчатая*, *окаймленная*, *темно-бурая*, *черный бактериоз*), *корневыми гнилями*, *пыльной головней*. На овсе широко распространены

бактериальные, вирусные и грибные пятнистости листьев, пыльная головня, а также корончатая ржавчина. Из вредителей опасны те, которые устойчиво держатся в посевах, биоценозах залежей и бросовых земель (злаковые мухи, хлебная полосатая блошка, жуки-щелкуны, злаковая тля) и вредители, находящиеся в депрессии, но способные при наступлении благоприятных условий размножаться в больших количествах (все виды совок, хлебные жуки).

Основные заболевания видов клевера: склеротиниоз, корневые гнили и различные пятнистости листьев (антракноз, аскохитоз, фузариоз, темно-бурая). Из вредителей опасен клеверный семяед и долгоносик. Горох во всех зонах его возделывания сильно поражается аскохитозом, опасность которого заключается в очень длительном (до 9 лет) сохранении жизнеспособной инфекции в семенах, фузариозом и корневыми гнилями. Усиливается в регионе частота проявления и вредоносность гороховой зерновки. Картофель практически ежегодно поражается фитофторозом, а в жаркие годы с недостатком влаги в вегетационный период – макроспориозом.

Изменение климата, безусловно, повлечет за собой изменчивость не только в растительных сообществах, но и в патогенных вследствие расширения ареала теплолюбивых микроорганизмов и насекомых-вредителей. Возможна также постепенная и непрогнозируемая трансформация ранее незаметных и неопасных видов в экономически значимые. При отсутствии оперативного и адекватного реагирования на эти изменения возникает общая биотическая неустойчивость экосистем.

Интродукция новых культур может привести к изменению иммунного статуса аборигенных и интродуцированных культур. Вместе с адаптацией новой культуры аккумулируются все присущие ей вредные организмы, поскольку климатические факторы способствуют выживанию и развитию возбудителей болезней и насекомых – вредителей. Кроме того, под действием более высоких температур укорачивается продолжительность инкубационного периода и инфекционного цикла многих фитопатогенов, увеличивается количество генераций патогена (вредителя) и, как следствие, величина инфекционной (инвазионной) нагрузки. В этих условиях факторы конституционального и индуцированного иммунитета не выдерживают «натиска» инфекции, и устойчивость генотипов преодолевается. Это приведет к изменению фитосанитарной ситуации в полевых биоценозах. Так, желтая ржавчина (*Puccinia striiformis*), имеющая наибольшее распространение и вредоносность в теплых регионах Азии и ближнего Востока, юга России, постепенно продвигается в северные зоны. С небольшой частотой и интенсивностью поражения она диагностируется в Татарстане, Башкирии и даже Ленинградской области. В Кировской области на производственных посевах желтая ржавчина пока не диагностируется, но в 2019 г. была выявлена на отдельных образцах яровой мягкой пшеницы из коллекции Всероссийского института растениеводства (табл. 1).

Таблица 1

**Иммунологическое состояние коллекционных образцов яровой пшеницы
(естественный фон, 2019 г.)**

Сорт, происхождение	Степень поражения, %						
	темно- бурой пятни- сто- стью	септориозом		муч- нис- той росой	бурой ржавчи- ной / тип ре- акции	желтой ржавчи- ной / тип ре- акции	фуза- рио- зом коло- са
		на ли- стьях	на ко- лосе				
Маргарита – стандарт, Ульяновская область	7,6	20,0	4,7	5,0	23,1 / S	0	3,5
Баженка – стандарт, Кировская область	13,1	21,1	3,9	9,0	23,2 / S	0	2,5
Зауралочка, Курганская область	9,0	19,5	2,0	21,0	0	3,0/ R	3,0
Кинельская Юбилейная, Самарская область	6,5	16,5	3,0	2,0	0	9,0/ S	0
Волошинка, Омская область	5,5	16,5	2,0	0	14,5 / S	9,0/ S	5,0
Ul Alta Blanca, США	–	23,3	4,0	0	9,0 / Int	5,0/ R	0
Степная 1, Казахстан	–	21,0	5,0	13,2	17,6 / Int	10,0/ S	0
Тюменская 99, СибНИ- ИСХ	–	33,0	9,0	22,0	13,2 / Int	16,0/ S	0
Юго-Восточная 3, Сара- товская область	–	28,7	5,0	23,1	5,0 / R	22,5/ S	0
Sibia, Мексика	–	19,8	3,0	18,7	0	15,5/ S	0,2
Краса 2, Красноярский край	–	22,0	9,8	26,5	30,8 / S	22,0/ S	0
Удача, Новосибирская область	–	28,5	15,0	13,2	10,0 / R	12,3/ S	0,4
Речка, Тюменская область	–	23,1	4,5	6,5	30,9 / S	3,5/ R	0
Линия 166, Саратовская область	–	28,6	11,0	14,3	0	2,5/ R	0
Харьковская 28, Украина	–	18,7	3,0	0	5,0 / R	13,5/ S	8,7
Люба	–	23,1	4,0	0	19,8 / S	7,5/ Int	0
Лана, Беларусь	–	25,3	7,7	0	22,0 / S	8,0/ S	0

Примечание: «–» – учет не проводили.

Сильно расширились ареалы распространения септориоза пшеницы (*Septoria* spp.). Если в 1980–1990 гг. регионами сильного развития болезни был Северный Кавказ, центральные и западные области России, то в настоящее время эпифитотии с частотой от 2 до 8 раз за 10 лет возникают во всех зернопроизводящих регионах РФ [1]. Совершенно новым заболеванием пшеницы в северо-западном регионе РФ является желтая пятнистость (*Pyrenofora* spp.), которая с 2005–2006 гг. усиливает поражение озимых и яровых форм культуры.

Фузариозы генеративных органов распространены повсеместно с тем

или иным уровнем вредоносности. Поскольку большинство видов *Fusarium* ssp. способны существовать в широком диапазоне температур, то основным лимитирующим фактором для развития заболеваний является влажность (осадки, туманы, росы). Тем не менее, имеются виды, предъявляющие особые требования к температуре. Среди них, *F. nivale* (син. *Microdochium nivale*) – холодостойкий гриб, вызывающий снежную плесень озимых зерновых культур, вредоносность которого во многих регионах с потеплением холодных месяцев снизится. Другой вид: *F. graminearum* – теплолюбивый, имевший ранее ограниченное распространение на Украине и Дальнем Востоке, Северном Кавказе и Центральном-Черноземном регионе. Однако в последнее время он участвует в патогенезе фузариозов на Северо-Западе Российской Федерации и во многих областях Нечерноземной зоны [2]. Вероятно, это связано с приобретением адаптивных свойств или появлением новых холодостойких штаммов в популяции.

Исходя из биологии возбудителей болезней, можно полагать, что умеренно теплые зимние месяцы будут способствовать выживанию грибов из родов *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Alternaria*, *Sclerotinia*, *Tiphula*, *Septoria*, *Claviceps*, *Venturia* и других холодостойких микромицетов. Уже сейчас мы отмечаем расширение ареала распространения септориоза и альтернариоза, склеротинии зерновых и бобовых культур, спорыньи. Повышение температуры в летний период будет благоприятствовать развитию видов *Ustilago* ssp., *Urocystis* ssp., *Puccinia* ssp., *Podosphaera* ssp., *Erysiphe* ssp. и других термоустойчивых микроорганизмов [3].

Потепление и увлажнение климата, возможно, приведет к изменению не только видовой, но и внутривидовой структуры вредных организмов, поскольку абиотические условия могут приводить к корректировке направленного отбора, генетического состава популяций и биологических свойств новых форм. Выявлено, например, что высокая температура индуцирует повышенное токсинообразование у грибов родов *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* [4]. По данным автора, сокращение инкубационного периода гриба *F. culmorum*, детерминированного окружающей средой, в 2 раза увеличивает накопление токсина ДОН. Кроме того, одни и те же виды микроорганизмов в разных агроклиматических условиях могут значительно менять свою токсичность. В наших исследованиях [5] содержание эргоалкалоидов (ЭА) в склероциях гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., собранных на зерновых культурах (озимая рожь, озимая и яровая тритикале, озимая и яровая пшеница, яровой ячмень) в разных агроэкологических точках Кировской области, изменялось в 3 раза – от 0,3 до 0,9% от массы склероций (табл. 2). Наибольшее количество ЭА было в склероциях, сформированных на ржи (0,8 и 0,9%) и яровой тритикале (0,9%), а наименьшее (0,3%) – на растениях яровой пшеницы. Во всех образцах выявлен одинаковый спектр ЭА, что может свидетельствовать о распространении на данной территории только одной расы гриба *C. purpurea*, для которой характерен биосинтез эргокристина и его стереоизомера эргокристинина. Однако другими исследователями [6, 7] отмечены зна-

чительные отличия в спектре ЭА *C. purpurea* из различных географических регионов. Так, изоляты из Западной Европы синтезируют эрготамин или эрготоксин, а северо-американские – различные комбинации эрготамин и эрготоксина [7]. Также обнаружено влияние местоположения посевов злаков на концентрацию и спектр ЭА в склероциях. По данным немецких исследователей [7] в первый год обработки конидиями посевов озимой ржи в склероциях преобладали эрготамин (25%) и эргозин (18%), а на другой год – эргозин (25%) и эргокрестин (24%).

Температура может влиять также на проявление генов вертикальной устойчивости. Известно, что при высокой температуре гены *Sr6*, *Sr24* и *Sr 25* не защищают пшеницу, а гены *Pg3* и *Pg4* – овес от стеблевой ржавчины. Температурозависимы также гены устойчивости к гессенской мухе: *H10*, *H11*, *H12*. При перепадах температуры «не работает» ген *Vf*, обеспечивающий устойчивость яблони к парше и т. д. [8]. В условиях низких или высоких температур может меняться даже характер наследования генов устойчивости.

Таблица 2

**Содержание эргоалкалоидов и их состав в образцах склероциев
*C. purpurea***

Растение-хозяин гриба <i>C. purpurea</i>	Содержание эргоалкалоидов		Состав эргоалкалоидов
	мг/г	%	
Озимая рожь Кировская 89	8,0	0,8	Эргокрестин, эргокрестинин
Озимая рожь Кировская 89	8,6	0,9	Эргокрестин, эргокрестинин
Озимая тритикале Зимогор	6,7	0,7	Эргокрестин, эргокрестинин
Яровой ячмень Зазерский 85	7,4	0,7	Эргокрестин, эргокрестинин
Яровая тритикале 09-211 ят. 10	9,1	0,9	Эргокрестин, эргокрестинин
Яровая пшеница С-122	3,4	0,3	Эргокрестин, эргокрестинин

Таким образом, необходимо внимательно относиться к экологии и биологии фитопатогенов и насекомых-вредителей и их взаимоотношениям с культурными и дикорастущими растениями для оперативной корректировки селекционно-семеноводческого и агротехнологического процесса.

Литература

1. Санин С. С., Санина А. А., Мотовилин А. А., Пахолкова Е. В., Корнева Л. Г., Жохова Т. П., Полякова Т. М. Защита пшеницы от септориоза // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». № 4. 2012. 22 с.
2. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Левитин М. М., Новожилов К. В. Фузариоз зерновых культур // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». № 5. 2011. 51 с.
3. Левитин М. М. Защита растений от болезней при глобальном потеплении // Защита и карантин растений. № 8. 2012. С. 16–17.

4. Монастырский О. А. Токсинообразующие грибы, паразитирующие на зерне // Агро XXI. 2001. № 11. С. 6–7.

5. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Желифонова В. П., Антипова Т. В., Баскунов Б. П., Козловский А. Г. Устойчивость сортов ржи к спорынье и содержание эргоалкалоидов в склероциях *Claviceps purpurea* в условиях Кировской области. // Микология и фитопатология. 2019. Т. 53. № 3. С. 177–182.

6. Pazoutova S., Olsovska J., Linka M., Kolínska R., Flieger M. Chemoraces and habitat specialization of *Claviceps purpurea* populations // Appl. Environ. Microbiol. 2000. V. 66. P. 5419–5425.

7. Miedaner Tr., Geiger H. H. Biology, Genetics and Manogement of Ergot (*Claviceps* spp.) in Rye, Sorghum and Pearl Mille // Toxins. 2015. V. 7. P. 659–778.

8. Коновалов Ю. Б. Селекция растений на устойчивость к болезням и вредителям. М.: Колос, 1999. 135 с.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ГРИБА *CLAVICEPS PURPUREA* (FR.) TUL И УРОВЕНЬ ВРЕДНОСТИ СПОРЫНЬИ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. М. Щеклеина

*ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого», immunitet@fanc-sv.ru*

Серьезной фитосанитарной и экологической проблемой становится нарастающее распространение инфекции фитопатогенного гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. – возбудителя спорыньи. По нашим многолетним наблюдениям (1998–2018 гг.) спорынья в условиях Кировской области одна из прогрессирующих болезней зерновых культур. Поражение производственных посевов озимой ржи в среднем по сортам составляет от 0,02 до 1,7%, а в 2017 г. распространение болезни на отдельных полях достигало 5% [1]. Это означает, что 1 м² посева содержит от 0,5 до 3,3 растений со склероциями гриба [2, 3], что чревато существенным превышением допустимого содержания склероций в любых партиях зерна. По поводу биологической опасности спорыньи бьют тревогу как фитопатологи, так и селекционеры с сельхозтоваропроизводителями, поскольку эта болезнь напрямую влияет на ухудшение качества зерна для пищевых и кормовых целей [4]. Сорта зерновых культур не поражаемых спорыньей практически не существует [5].

Вспышки спорыньи могут спровоцировать и благоприятные для развития гриба *C. purpurea* погодные условия. Прорастанию склероций предшествует действие низкой температуры воздуха – 3...+5 °С в течение длительного времени. Так достигается строгая согласованность развития гриба *C. purpurea* с онтогенезом растения-хозяина – *Secale cereale*. Умеренно теплые зимние месяцы, с одной стороны, способствуют выживанию гриба, с другой – приводят к гибели растений от выпревания и снежной плесени. Это первый жизненно важный период в биологическом и инфекционном цикле гриба *C. purpurea*. Весной при температуре +10...+20 °С склероции выходят из состояния физиологического покоя и на их поверхности начинают появляться

бугорки, которые постепенно вырастают в «ножку» – строму, несущую розоватую плодую головку с аскоспорами. Это второй период для патогена, обеспечивающий возобновление инфекции в природе, который по календарным датам Кировской области соответствует погоде в мае. Непосредственно заражение посевов озимой ржи происходит в фазу цветения растений, что в условиях области обычно наблюдается в первой и второй декаде июня. Это третий период в биологии патогена, важный для формирования склероций и пополнения уровня природной инфекции [6].

Цель исследований: выявить влияние основных метеорологических факторов на развитие гриба *S. purpurea* в условиях Кировской области и определить характер вредоносности спорыньи на посевах озимой ржи.

Исследования проводили в лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Анализ метеорологических условий за период 2001–2019 гг. выполнен по данным Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Оценку изменений метеорологических условий и их влияние на развитие спорыньи проводили по показателям среднесуточной температуры воздуха и количеству выпавших осадков с 1 по 31 мая (период прорастания склероций) и с 5 по 15 июня (период заражения растений) в месте проведения исследований – центральной зоне Кировской области. Использовали также комплексный показатель температурно-влажностного режима – гидротермический коэффициент (ГТК). Характеристику условий увлажнения и температурного фона по состоянию ГТК оценивали по шкале Г. Т. Селянинова [7].

В связи с тем, что спорынья своего максимального развития достигает в период созревания растений, вред, причиняемый ею, заключается в основном в снижении озерненности колоса, крупности и массы зерна с колоса. Эти показатели были проанализированы в зависимости от интенсивности поражения. Для этого были отобраны растения озимой ржи в разной степени, зараженные склероциями спорыньи.

Экспериментальный материал обрабатывали методами регрессионного и корреляционного анализов с использованием пакета компьютерных программ AGROS (версия 2.07, 1998).

Анализ фитосанитарного состояния посевов озимой ржи показал, что до 1997 г. спорынья на Северо-Востоке Нечерноземья России не считалась экономически значимой болезнью. За последние 20 лет в Кировской области, по данным ФГБУ «Россельхозцентр по Кировской области», было зарегистрированы две сильные эпифитотии (2001 и 2017 гг.) и шесть неэпифитотийных лет (2002, 2003, 2006, 2014, 2015, 2016 гг.). В остальные годы отмечена ситуация умеренного развития болезни (рис. 1).

В ходе анализа климатических факторов выявлено, что наибольшая температура воздуха в мае, превышающая среднемноголетние данные Кировской области (12,4°C) наблюдалась в 2005 г. (15,1 °C), 2010 г. (15,7 °C), 2014 г. (14,9 °C) и 2015 г. (14,6 °C), а относительно холодным этот месяц был в 2002 г. (7,9 °C) и 2017 г. (7,6 °C). За исключением 4-х лет (2005–2008 гг.)

наблюдался недостаток осадков в мае, которых выпало 21–98% от нормы 44,9 мм. Исходя из уровня ГТК, засушливым этот месяц был в 2009, 2010, 2012, 2014 и 2015 гг., характеризующийся значениями ГТК – 0,89; 0,80; 0,82; 0,25 и 0,59, соответственно. Избыточно увлажненным оказались 2002 г., 2006 г., 2007 г., 2008 г. и 2017 г. при уровне ГТК: 1,78; 2,00; 1,66; 1,63 и 2,31. В остальные годы исследований май был с достаточным теплом и увлажнением.

Состояние погоды в фазу цветения растений также значительно варьировало: среднесуточная температура воздуха – от +11,2 до +17,9 °С, осадки – от 0,3 до 6,3 мм в сутки. Самая высокая температура воздуха в период заражения растений была в 2001 г. (16,2 °С), 2005 г. (17,4 °С), 2006 г. (16,9 °С), 2009 г. (17,6 °С), 2012 г. (17,9 °С) и 2013 г. (16,3 °С). Острозасушливые условия в этот период были в 2001, 2002, 2007, 2013 и 2015 гг. при значениях ГТК от 0,24 до 0,57. В большинстве других лет цветение озимой ржи проходило при значительном избытке влаги.

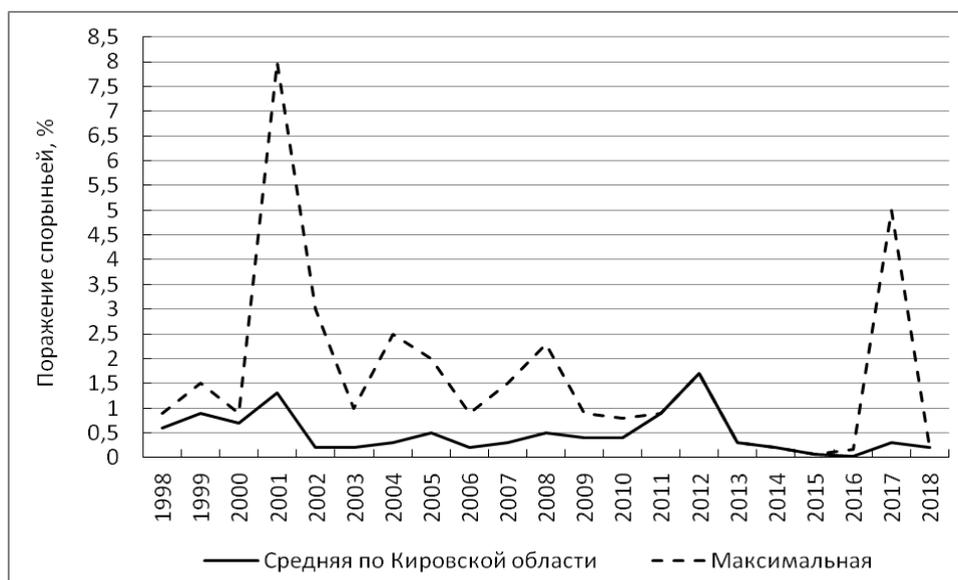


Рис. 1. Динамика поражения посевов озимой ржи спорыньей в Кировской области

Выявлено, что усиление поражения посевов до 0,50% и выше происходило в годы (2001, 2005, 2008, 2011, 2012), когда количество осадков было на уровне 80–145% от среднемноголетнего значения. Недостаток влаги (21–69% от среднемноголетних данных) в мае 2014, 2015 и 2016 гг. существенно ограничивал вначале прорастание перезимовавших склероций, а затем формирование новых на растениях.

В ходе корреляционного анализа выявлено избирательное действие погодных факторов на отдельные этапы биологии возбудителя (табл. 1). Присматривается тенденция, что на жизнеспособность *S. purpurea* в большей степени влияет количество осадков в период выхода склероций из физиологического покоя, чем температура воздуха в мае. Жаркая погода в мае неблагоприятна для прорастания склероций и формирования стром с плодовыми телами и, наоборот, значение температуры в патогенезе повышается в период

заражения растений ($r = 0,28$). Влияние осадков на инфекционный цикл гриба также избирательно. Более высокое количество их улучшает процесс прорастания склероций в мае ($r = 0,34$), но в период цветения растений их влияние на прорастание аскоспор и конидий в завязи значительно снижается.

В ходе статистического анализа многолетних экспериментальных данных, установлено, что коэффициент корреляции между поражением спорыньей и температурой в мае составил: $r = 0,08$ (влажные годы) и $r = -0,48$ (засушливые годы); осадками в мае: $r = -0,18$ (влажные) и $r = 0,61$ (засушливые); температурой в июне: $r = 0,32$ (влажные) и $r = 0,46$ (засушливые); осадками в июне: $r = 0,20$ (влажные) и $r = 0,07$ (засушливые годы).

Таблица 1

Зависимость между факторами погоды и поражением озимой ржи спорыньей (2001–2018 гг.)

Показатель	Температура	Осадки	Температура	Осадки
	с 1 по 31 мая		с 5 по 15 июня	
Распространение спорыньи в посевах озимой ржи	-0,10	0,34	0,28	0,11
в т. ч.: – во влажные годы	0,08	-0,18	0,32	0,20
– засушливые годы	-0,48	0,61	0,46	0,07

Детальный анализ вредоносности спорыньи проведен на новой популяции озимой ржи Графит. Показано, что с увеличением количества склероций в колосе отмечается снижение массы зерна с колоса и количества зерен в нем. Так, если в здоровом колосе число зерен равнялось 89 штук, то наличие уже 3 склероций снижает озерненность до 63 штук (рис. 2).

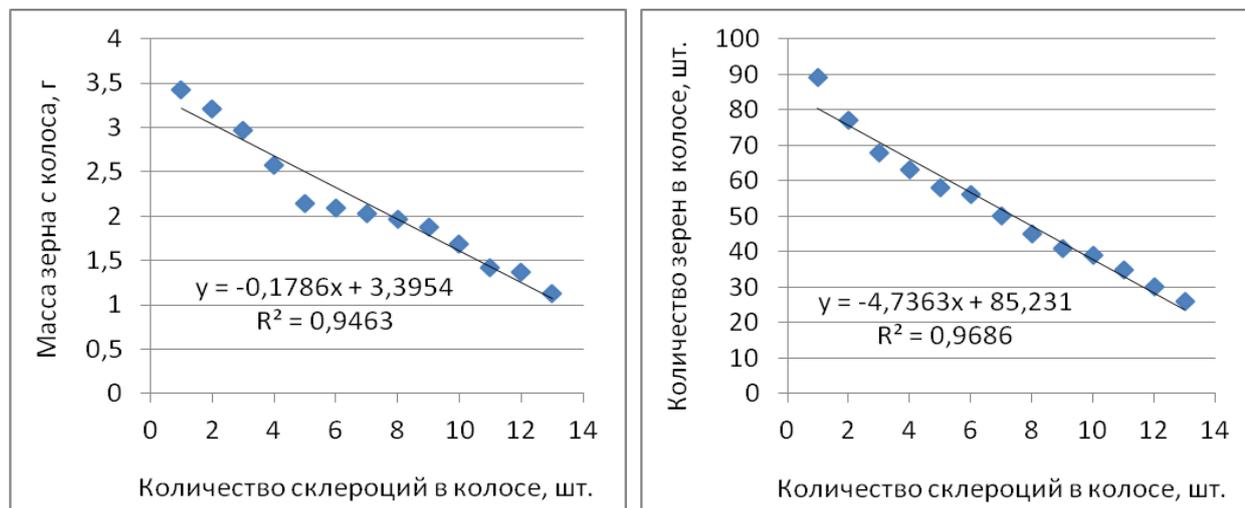


Рис. 2. Зависимость массы зерна и числа зерен в колосе от зараженности спорыньей сорта озимой ржи Графит

Уравнения регрессии между количеством склероций в колосе, массой зерна с колоса и количеством зерен в нем имеют следующий вид: $y = -0,1786x + 3,3954$ и $y = -4,7363x + 85,231$. Увеличение количества склероций в колосе на 1 штуку приводит к снижению массы зерна с колоса на 0,95%, а

количество зерен в колосе – на 0,97%. С другой стороны, уравнение линейного тренда с вероятностью 95–97% доказывает, что с увеличением зараженности колоса на каждый склероций, масса зерна с колоса снижается на 0,18 г, а количество зерен в колосе уменьшается на 4,7 штук. Исходя из этого, очевиден прямой и значимый уровень вредоносности спорыньи на посевах озимой ржи, который зависит в большей степени от количества склероций в колосе, чем от количества пораженных растений.

Таким образом, обнаружена тенденция, что на жизнеспособность склероций в большей степени влияет количество осадков в мае, чем температура воздуха. Высокое количество осадков улучшает процесс прорастания склероций после выхода из физиологического покоя, но в период цветения растений их влияние на прорастание аскоспор и конидий в завязи значительно снижается.

Вредоносность спорыньи определяется, не столько распространением болезни в посевах, сколько количеством и крупностью склероций в колосе. Это приводит к увеличению засоренности зерновой массы склероциями, а при недостаточной его очистке и семенного материала.

Литература

1. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в 2017 году и прогноз на 2018 год по Кировской области. Киров. 2017. 86 с.
2. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Вредоносность спорыньи на новых сортах озимой ржи в Кировской области. // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2018. Т. 4. № 2. С. 83–89.
3. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2018 году и прогноз развития вредных объектов в 2019 году. Москва, 2019. 900 с.
4. Пономарев С. Н., Пономарева М. Л., Маннапова Г. С. Селекция озимой ржи на урожайность и качество зерна в условиях северной зоны Приволжского Федерального округа // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УралНИИСХ, 2012. С. 48–52.
5. Mielke H. Studien über den Pilz *Claviceps purpurea* (Fries) Tulasne unter Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten und der Bekämpfungsmöglichkeiten des Erregers / Mitt. aus Biol. Bundesanst. für Land- und Forstwirtschaft, Berlin. 2000. 66 p.
6. Щеклеина Л. М. Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20 (2). С. 134–143.
7. Чирков Ю. И. Агрометеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 296 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ АГРОЦЕНОЗА В ФОРМИРОВАНИИ БИОГЕННОСТИ ПОЧВЫ И УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ

*В. В. Верзилин¹, А. В. Гончаров¹, Е. Н. Закабунина¹,
Н. Д. Верзилина², А. Н. Тимофеев³*

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
заочный университет», *vvv.51@bk.ru*

² ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I», *vvv.51@bk.ru*

³ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет»,
www72@bk.ru

Экологическая стабильность окружающей среды в значительной степени обеспечивается устойчивостью агроэкосистем, в основе которой процессы синтеза и разложения органического вещества системы «почва-растение». При этом, ведущая роль сельскохозяйственных растений, как для процессов синтеза и разложения, так и воспроизводства плодородия почв непрерывно возрастает по мере совершенствования технологий их возделывания, ведущих к росту их продуктивности.

Возрастающее значение полевых культур – ведущего звена агроэкосистем их растительных остатков в большей мере проявляется в формировании уровня биогенности комплекса почвенных микроорганизмов, определяющих показатели ее биологической активности и процессы воспроизводства элементов почвенного плодородия, обеспечивающих производительную способность агроценозов агроэкосистемы и ее экологическую устойчивость.

Экологическая устойчивость агроэкосистемы подразумевает способность ее сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии природных, внутренних и антропогенных факторов. Среди множества антропогенных факторов все большее значение для агроэкосистемы имеют агроприемы, направленные на интенсификацию процессов воспроизводства органического вещества. Для этого используются разные комплексы, включающие вещества природного и антропогенного происхождения. [1–4].

В нашем научном исследовании приведены результаты многолетних исследований по влиянию полевых культур, их растительных остатков и разных комплексов воспроизводства почвенного плодородия на процессы формирования биологических свойств черноземных почв и продуктивность культур агроэкосистем в лесостепи Центрально-Чернозёмного региона России.

Исследования проводились в многофакторном стационарном опыте с чередованием культур: сидеральный пар (*редька масличная*) – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень, с использованием разных приемов биологизации (*указаны в таблице*) по основным фазам вегетации растений озимой пшеницы (*отрастание, цветение, перед уборкой*).

Цель наших исследований заключалась в изучении роли растений озимой пшеницы, приемов биологизации и их комплексов на биогенность почвы,

процессы, протекающие в ней с участием разных групп микроорганизмов, обеспечивающих воспроизводство элементов почвенного плодородия в черноземе выщелоченном.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднегумусный среднемогучный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое 4,0–4,4%, гидролитический кислотности – 4мг-экв./100г почвы, насыщенность основаниями 85%, РНсол – 6,3, содержание подвижного фосфора (по Чирикову) 6,8–13 мг/100г., абсолютно сухой почвы. Содержание гумуса определяли по И. В. Тюрину в модификации Никитина.

Исследовались свежие образцы почвы, взятые с глубины 0–20 см весной в начале отрастания растений озимой пшеницы, в период цветения и перед уборкой культуры. Результаты исследований динамики основных групп микроорганизмов в почве под озимой пшеницей представлены в таблице.

Таблица

Динамика численности основных групп комплекса почвенных микроорганизмов под озимой пшеницей

Варианты опыта	Бактерии		Активности на КАА	Минерализ. гумус	Грибы	Нитрификаторы	Клетчатковые	МПА КАА
	на МПА	на КАА						
	млн. на 1г абсолют. сухой почвы				тыс. на 1г абсолютно сухой почвы			
(СП+N30)	<u>18,4</u> 8,57	<u>15,62</u> 18,33	<u>1,51</u> 5,24	<u>15,62</u> 8,81	<u>25,2</u> 10,71	<u>0,04</u> 0,38	<u>35,28</u> 33,3	<u>1,18</u> 0,47
(СП+(NPK)100+ Н+ ПП+С _{оп})	<u>8,47</u> 6,29	<u>10,56</u> 14,52	<u>2,9</u> 3,87	<u>11,13</u> 7,99	<u>13,31</u> 14,52	<u>0,08</u> 0,18	<u>82,28</u> 41,14	<u>0,80</u> 0,43
(СП+(NPK)100+ Н+ ПП+С _{оп})	<u>10,82</u> 8,3	<u>10,33</u> 14,88	<u>1,97</u> 4,88	<u>16,73</u> 11,71	<u>20,91</u> 20,74	<u>0,07</u> 0,07	<u>93,48</u> 34,16	<u>1,05</u> 0,56
(СП+(NPK)100+ Н+ ПП+2С _{оп})	<u>8,42</u> 7,99	<u>13,30</u> 7,02	<u>3,71</u> 2,42	<u>11,34</u> 6,78	<u>26,12</u> 8,47	<u>0,08</u> 0,08	<u>82,84</u> 29,04	<u>0,83</u> 1,14

Примечание: СП – сидеральный пар; С_{оп}, 2 С_{оп} – заплата одного и двух урожаев соломы озимой пшеницы соответственно; ПП – пожнивный посев редьки масличной на удобрение; Н – навоз 40 т/га. Над чертой – фаза отрастания озимой пшеницы, под чертой – перед уборкой.

Данные таблицы указывают на заметный рост численности микроорганизмов, обеспечивающих трансформацию органических форм азота (на МПА) в почве под озимой пшеницей контрольного варианта, что указывает на активность минерализации органического вещества почвы, которое служит источником минерального азота, используемого микроорганизмами и растениями.

В весенний период, на динамику численности бактерий оказывали влияние растения озимой пшеницы за счет активного роста корневой системы растений и интенсивной экссудации. При этом численность микроорганизмов

усваивающих органический азот в почве по сидеральному пару, была наибольшей на контрольном варианте.

В фазу отрастания озимой пшеницы, из-за невысоких температур почвы, складываются менее благоприятные условия для размножения бактерий, обеспечивающих преимущественно вторую стадию разложения органического вещества и растительных остатков в почве, что замедляет темп их трансформации и высвобождение элементов питания для растений и микроорганизмов.

К началу уборки озимой пшеницы, рост численности актиномицетов, обеспечивающих более глубокие стадии минерализации органических веществ почвы определялся, как количеством и качеством источников органического вещества на разных вариантах опыта, так и активностью, и составом эксудатов за весь период вегетации культуры. Численность актиномицетов в этот период увеличивается в среднем на 26,3–40,8%, а на контроле варианте и более, что указывает на разные темпы и стадии трансформации органического вещества в агроценозах озимой пшеницы на изучаемых вариантах комплексов воспроизводства органического вещества почвы многолетнего стационарного опыта.

Свежее органическое вещество с высоким содержанием клетчатки, поступившее в почву с осени, в фазу отрастания растений озимой пшеницы весной, активизирует рост численности целлюлозолитических микроорганизмов. Как видно из данных таблицы, разница по вариантам опыта была более выражена, чем в летний период. Это мы связываем с активным влиянием эксудатов вегетирующих растений озимой пшеницы, что указывает на роль растений в период их вегетации в создании уровня биогенности почвы, показатели которой тесно связаны с уровнем экологической устойчивости агроэкосистемы и окружающей среды в целом.

Ежегодно новообразуемое в агроценозах органическое вещество наряду с трудно разлагаемой ее частью за прошлые годы вызывает заметный рост почвенных микромицетов. Как видно из таблицы, чем больше поступает органического вещества в почву, тем выше численность почвенных грибов. Особенно это проявляется на варианте с внесением минеральных удобрений, пожнивного посева сидерата и использования соломы озимой пшеницы на удобрение. Такая динамика численности микромицетов в почве указывает на последовательность и устойчивость процессов трансформации органического вещества в почве под озимой пшеницей.

Минерализация гумусовых веществ микроорганизмами в почве изучаемых вариантов динамично изменялась по вариантам опыта и зависела от количества органического вещества поступающего в почву и различающегося по химическому составу. Так, численность и активность микроорганизмов, разлагающих гумус и темпы его разложения снижались на вариантах с внесением навоза и дополнительным поступлением в почву соломы, что указывает на роль различных форм свежего органического вещества в обеспечении рас-

тений доступными элементами питания и пополнения запасов гумусовых веществ в почве этих вариантов.

Агроценоз, как ведущая структурная единица агроэкосистемы, оказывает интенсивное и разностороннее воздействие на формирование показателей биогенности почвы, определяющей интенсивность процессов синтеза и разложения в системе «почва-растение».

Разное количество и качество органического вещества, используемого в разных вариантах опыта для воспроизводства плодородия почвы под озимой пшеницей по-разному влияло на формирование показателей биогенности, продуктивности культуры и устойчивость агроэкосистемы.

Формирование разных уровней биогенности почвы на изучаемых вариантах использования разного уровня органического вещества в сочетании с рекомендуемыми дозами минеральных удобрений показало, что количество и качество органического вещества определяет биологические свойства почвы в агроценозах агроэкосистемы, ее устойчивость и экологическую безопасность окружающей среды.

Литература

1. Верзилин В. В., Бутенко В. А., Кадиров Ф. С. Биологическая активность почвы под озимой пшеницей в зернопропашном севообороте // Международная научно-практическая конференция. Сб. науч. трудов. Орёл, 2013. С. 231–235.

2. Верзилин В. В., Кадиров Ф. С. Динамика биогенности почвы в плодосменном севообороте // Междунар. науч.-практ. конференция. Сб. науч. трудов. Орёл, 2013. С. 97–101.

3. Верзилин В. В., Придворев Н. И. Динамика разложения послеуборочных остатков в черноземе // Земледелие. 2004. № 4. С. 16–18.

4. Зезюков Н. И. Использование соломы на удобрение – важнейший резерв воспроизводства плодородия черноземов // Проблема гумуса в земледелии и использование органических удобрений: Тезисы докладов и рекомендации по материалам Всесоюзной конф. и заседания секции земледелия и химизации сельского хозяйства объединенного межведомственного совета. Владимир, 1987. С. 33–34.

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ОРГАНОВ ВЛАСТИ И БИЗНЕСА В РАЗВИТИИ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Н. П. Савиных¹, О. Н. Пересторонина¹, А. Г. Гальвас²
¹ *Вятский государственный университет, savva_09@mail.ru*
² *Нолинская лесопромышленная компания*

Природное наследие Вятского края уникально по всем составляющим, особенно по составу растительности, животного населения и рельефу.

Сохранение биоразнообразия – одно из необходимых условий устойчивого развития государства, региона и бизнеса.

Территории для сохранения биоразнообразия – особо охраняемые природные территории (ООПТ) – леса высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ) 1 и ЛВПЦ 2, при лесозаготовках – ЛВПЦ 3, ключевые объекты.

Лесохозяйственная деятельность с целью заготовки древесины возможна с ограничениями в памятниках природы регионального значения и государственных заказниках.

В этой деятельности два субъекта – Власть (управляет через имеющуюся нормативно-правовую документацию и контролирует) и Бизнес (работает в рамках правового поля, согласно действующим инструкциям).

В действительности общая ситуация такова: 1) договора аренды заключены на заготовку древесины (сохранение биоразнообразия не является в работе целевым показателем); 2) работа трудна, часто экономически не целесообразна; 3) последствия изменения лесов часто не предсказуемы (ель – целевая порода); 4) проводимые мероприятия не обеспечивают сохранение биоразнообразия даже на видовом уровне (часто редкие и охраняемые виды сокращают численность ценопопуляций и «уходят» с занятых ранее территорий); 5) власть теряет контроль за ситуацией по сохранности биоразнообразия.

Наш опыт позволяет обозначить в этой деятельности появление Науки и Общественности как особых субъектов взаимоотношений. Наше взаимодействие с бизнесом и властью развивается в течение 10 лет. Опыт доложен и одобрен в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН), на многочисленных всероссийских и международных конференциях. Для удобства изложения обозначим субъекты взаимодействия: Наука – Центр компетенций «Использование биологических ресурсов» ВятГУ (ЦК); Бизнес – ООО «Нолинская лесопромышленная компания» (НЛК), «Сорвижи-лес», «Кировская ассоциация лесной сертификации», арендатор государственного природного заказника «Бушковский лес» – «Агрофирма Березка»; Власть – Министерство охраны окружающей среды и Министерство лесного хозяйства Кировской области, администрация Нолинского района.

В настоящее время в ходе совместной деятельности сформировались 4 платформы взаимодействий:

1. Иницирует работу Власть. Наука по заказу Власти разрабатывает с учётом возможностей Бизнеса рекомендации для составления нормативно-правовой документации (Концепции интенсивного развития и воспроизводства лесов, Лесного плана и Лесохозяйственных регламентов в части лесохозяйственной деятельности в ООПТ регионального значения и других защитных лесах); Власть утверждает документы; Бизнес работает в будущем под контролем Власти и Науки.

2. Иницирует работу Бизнес. Для выхода продукции на международные рынки необходим сертификат Лесного попечительского совета (Forest Stewardship Council – FSC). Получение его возможно лишь при ведении лесохозяйственной деятельности с сохранением биоразнообразия: сохранением ключевых объектов – биотопов (островные леса среди болот) и объектов (виды, занесенные в Красные книги); учёт наличия лесов высокой природоохранной ценности (вересковые боры). Эта работа в Кировской области вы-

полнена частично, поэтому задача Науки – разработка критериев и выделение выше обозначенных участков. Бизнес заинтересован в этих данных, поэтому он также участвует в этой деятельности. Роль Власти – включение данных о ключевых объектах и ЛВПЦ в нормативные документы региона (Лесохозяйственный регламент), контроль над выполнением. Пример – совместная работа с «Сорвижи-лес», «Кировская ассоциация лесной сертификации», Министерством лесного хозяйства – разработаны варианты ключевых объектов ЛВПЦ 3, критерии их выделения. В ближайшее время ключевые объекты должны быть включены в Лесохозяйственные регламенты Кировской области в обновленном виде. Надеемся на активизацию работы по развитию лесной сертификации в регионе и соответственно – работу по нахождению и выделению ЛВПЦ 3.

3. Совместная деятельность Науки и Бизнеса. Иницирует работу Наука, изучая особенности состояния составляющих элементов ООПТ и создавая модели о возможных способах их сохранения. Бизнес реализует предложенные рекомендации, что приводит к расширению взаимодействий, углублению научных результатов, появлению новых решений. Власть разрешает и поддерживает эти взаимодействия, принимая новые предложения, иницирует смену нормативно-правовой документации и решает вопросы на законодательном уровне. Таким образом, меняются Положения об ООПТ, регулируется возможная деятельность в них. Бизнес получает новые возможности для работы. Власть, тиражируя апробированные научные рекомендации, получает возможность эффективнее организовывать лесохозяйственную деятельность в других ООПТ. Совершенствуются способы сохранения биоразнообразия. Наука получает новые объекты для исследований.

Пример: при совместной деятельности ЦК, Министерства охраны окружающей среды и Министерства лесного хозяйства Кировской области и ООО «НЛК» изменено положение об ООПТ «Медведский бор» с выделением зон особой охраны, регулируемого лесопользования и рекреационной.

Мониторинг проведенных по нашим рекомендациям мероприятий в Медведском бору (санитарно-выборочная рубка слабой и умеренной интенсивности в 2011 г.) показал: 1) тип леса, бонитет, лесохозяйственная полнота сосняков сохранились; 2) тип леса пока сохранился, но усилилось влияние ели и березы (появление в пологе в большей части изученных площадок), что ускоряет процесс трансформации сосняков в еловые и березовые леса; 3) в подросте преобладает ель, которая сформировалась еще в составе прошлого древостоя, но молодой подрост сосны встречается наряду с подростом ели; 4) в подлеске преобладают пока боровые элементы (можжевельник и ракитник), но усиливается присутствие бореальных (представителей темнохвойных лесов) видов; 5) 8 боровых видов (астрагал песчаный, змееголовник Рюйша, пустынная скальная и др.) теряют свои позиции (встречаются менее, чем на половине исследованных площадок) и лишь 6 (прострел, брусника и др.) из 14 видов по-прежнему достаточно многочисленны; 7) сохраняются в достаточном числе представители неморальной флоры (купена и ландыш) от-

части из-за особенностей своей биологии. Подобные изменения состава свойственны всему травянисто-кустарничковому ярусу.

Вывод неутешителен: проведенные мероприятия не достигли необходимого результата и лесоводственных требований – трансформация сосняка продолжается. Более того – массово наблюдается утрата сложных, орляковых и можжевельниковых боров: смена их листовыми лесами, в том числе осинниками и липняками. На их былое существование указывают массово встречающиеся на открытых местах орляк и ландыш, редкое присутствие можжевельника и единичные перестойные сосны возрастом более 140 лет. В чем причина? По-прежнему недостаточная освещенность травянистого яруса из-за высокой сомкнутости крон древостоя и затенения кронами кустарников. Светолюбивые виды снижают свое присутствие и при усилении затенения «уходят» из состава сообщества.

Что делать? Разрешить проводить выборочные рубки необходимой интенсивности в зависимости от состояния сообщества. Этот вариант деятельности разрешен Положением о Медведском боре, лесным и природоохранным законодательством, но не реализуется в полной мере в Медведском бору. В итоге не сохраняется биоразнообразие, лес требует обновления и воспроизводства: сохраняется большая часть деревьев ослабленных, перестойных и подсоченных ещё в середине прошлого века. В имеющихся редкостойных сообществах бора часто присутствует в достаточном количестве великолепный крупный благонадежный подрост сосны. Однако в настоящее время при проведении таксации соответствующие лесохозяйственные мероприятия не назначены. Переждем еще 10–20 лет, период проведения таксации, и большая часть молодых деревьев в ходе будущих уходов будет повреждена. Что делать? Вопрос к Власти.

4. Иницирует деятельность Общественность. Некоммерческая организация (НКО) «Возрождение», администрация Нолинского района, ООО «НЛК», ВятГУ выиграли Президентский грант на поддержку народных инициатив и создали совместно Экологическую тропу в Медведском бору. Работы хватило всем. НКО и администрация Нолинского района организовали работу, НЛК и ВятГУ – разработали маршрут, ВятГУ – разработали и создали макеты аншлагов на стоянках и их оборудование, НЛК – оборудовали тропу и стоянки, студенты ВятГУ – оформили клумбы с охраняемыми растениями. В результате достояние Медведского бора, известное лишь ученым и любителям природы, стало доступно всем возрастным группам населения региона.

Вся проводимая деятельность реализуется Наукой в рамках третьей миссии ВятГУ, как опорного вуза региона в виде трансфера технологий и инноваций – продвижение идей, практик, научного знания, получаемых в результате исследований, проводимых в университете во внеакадемическое окружение, что приводит к социальной и коммерческой пользе на местном и региональном уровнях.

Говоря об охранных зонах на современном уровне развития общества и эксплуатации природных (лесных) ресурсов, настало время рассматривать

охранные зоны не только в узком смысле (как ООПТ – ЛВПЦ 1 и ЛВПЦ 2), но и в широком смысле – как территории в любых лесах с нахождением объектов, местообитаний и локальных сообществ, которые необходимо сохранить, чтобы не утратить биоразнообразие региона в целом. Необходимо различить понятия «охранять» и «сохранять». Наша задача – сохранить биоразнообразие.

Эту задачу не решить без взаимодействия Власти, Науки, Бизнеса и Общества. Намечившиеся платформы взаимодействий представляется необходимым развивать, и первая организующая роль в этом принадлежит Власти.

СЕКЦИЯ 4 ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ НА МЫШЕЧНЫХ ЛИЧИНОК ТРИХИНЕЛЛ *TRICHINELLA PSEUDOSPIRALIS* ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

Л. А. Букина, Д. М. Игитова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
l.bukina5@gmail.com*

Водные экосистемы – важные и неотъемлемые составляющие биосферы, на которые в последнее время возрастает антропогенное воздействие, в том числе через загрязнение продуктами убоя животных, промысла, содержащими возбудителей различных заболеваний животных и человека, в том числе трихинеллеза. На сегодняшний день у диких, домашних, сельскохозяйственных животных по всему миру обнаруживают 8 видов и 4 генотипа возбудителей рода *Trichinella* [1, 2], на территории Российской Федерации встречается ряд капсулообразующих видов: *T. spiralis*, *T. nativa*, *T. britovi*, и бескапсульный вид *T. pseudospiralis* [3].

В течение продолжительного зимнего сезона в средней полосе, а в северных регионах и в межсезонье, в результате деятельности человека или естественного падежа, трупы и туши наземных, морских, околководных животных могут накапливаться в замороженном состоянии в прибрежной зоне, в зоне пойм [4], затем с паводком, половодьем, морскими приливами перемещаться в водную среду. Учитывая то, что наиболее значимым экологическим фактором передачи трихинелл является некрофагия, важно знать, насколько долго личинки трихинелл способны сохранять жизнеспособность в трупах павших животных, подвергающихся воздействию морской и пресной воды [5, 6]. До настоящего времени эти вопросы остаются недостаточно изученными. Ранее нами было выявлено, что наиболее успешно личинки капсулообразующих трихинелл *Trichinella nativa* сохраняют жизнеспособность при относительно низкой температуре в изотоническом растворе и морской воде [7].

Так как успешность реализации жизненного цикла зависит от адаптации капсулообразующих и бескапсульных видов трихинелл к организму облигатных хозяев (фаза концентрации возбудителя инвазии) и организму транзитных хозяев (фаза рассеивания возбудителя инвазии), выявление диапазона критических границ воздействия абиотических факторов позволит понять особенности циркуляции паразита в прибрежной зоне морских и пресноводных экосистемах.

Таким образом, цель нашего исследования – выявление оптимальных температурных условий в водной среде, способствующих распространению бескапсульных трихинелл в морских и пресных экосистемах.

Эксперимент по изучению сохранения жизнеспособности мышечных личинок трихинелл *T. pseudospiralis* в морской и пресной воде при различных температурных режимах проводили с использованием морской воды, доставленной с побережья Камчатского полуострова и речной воды из р. Вятка (забор осуществлялся в черте г. Кирова).

Морских свинок заражали из расчета 1000 личинок трихинелл на голову, усыпляли через 45 суток с начала инкубации.

Тушки делили на 4 части и помещали в соответствующую среду навеской пробы не менее 16–18 г. Приготовленные пробы выдерживали в разных температурных режимах: бытовой холодильник $t=4-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, и комнатные условия – $t=18-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. С периодичностью в несколько дней проводили визуальный осмотр мышечной ткани и компрессорную трихинеллоскопию, параллельно биопробы исследовали в искусственном желудочном соке, регистрировали морфологические изменения личинок. В экспериментах при просмотре проб отмечали физиологическое состояние личинок трихинелл, принимая форму в виде скрепки (спирали) как нормальную, естественную свойственную для живых личинок, находящихся в мышечной ткани, состояние в виде запятой (полуспираль) принимали как недавно погибшей, в отдельных случаях они могут сохранять жизнеспособность, и разрушенные или индифферентные с явными признаками повреждения или фрагментации. Сохранение жизнеспособности личинками трихинелл в виде скрепки, подтверждали путем скармливания их лабораторным животным (сирийским хомякам). Определяли показатели зараженности экстенсивность и интенсивность инвазии (ЭИ и ИИ).

Анализ полученных данных показал, что мышечные личинки трихинелл *T. pseudospiralis* показали наибольшую устойчивость в морской воде при температуре от 4 до $6\text{ }^{\circ}\text{C}$, а именно до 67 суток (рис. 1А).

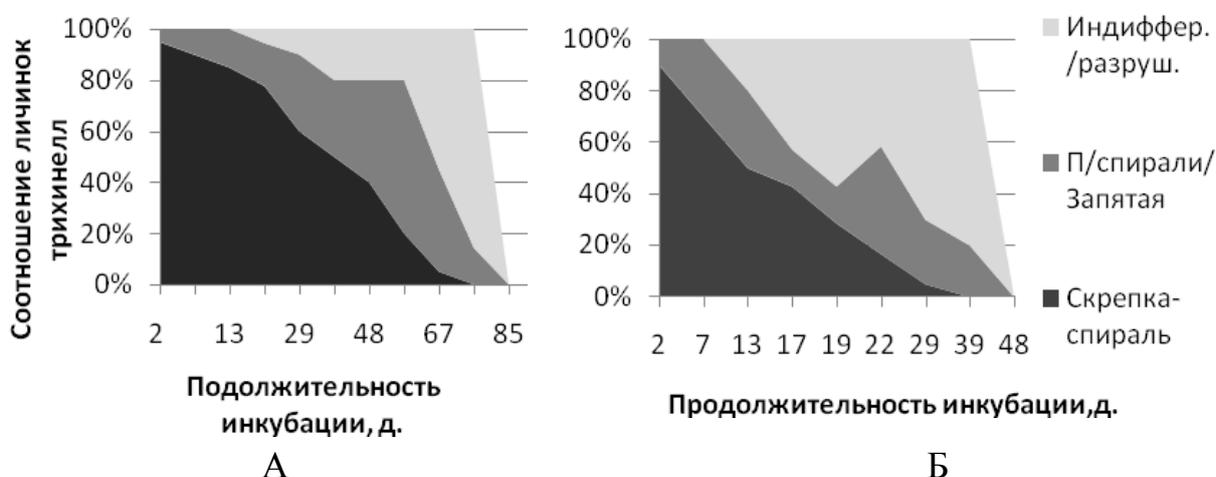


Рис. 1. Динамика соотношения личинок трихинелл разного физиологического состояния в морской воде: А – $t=4-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, Б – $t=18-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Жизнеспособность была подтверждена путем постановки биопробы на сирийских хомяках, все животные заразились с различной ИИ.

Интересно, что при комнатной температуре 18–20 °С в морской воде жизнеспособные личинки сохраняли жизнеспособность почти в два раза меньше – только до 29 суток (рис. 1Б). При этом наблюдали некоторое замедление гибели личинок в состоянии полуспираль, как при комнатной температуре с 19 по 29 сутки, так и при температуре 4–6 °С, но только с 39 по 60 сутки (рис. 1 А, Б).

Таким образом, мы можем предположить, что холодная вода, замедляя разложение тканей мышц, замедляет так же гибель бескапсульных личинок трихинелл, так как известна слабая устойчивость к разложению тканей бескапсульных личинок трихинелл. Сравнение полученных данных с результатами опытов [7] с личинками *T. nativa* показывает, что бескапсульные личинки трихинелл сохраняют жизнеспособность в морской воде практически вдвое меньше чем капсулообразующие как при низкой температуре: 67 суток и 113 суток соответственно, так и при комнатной температуре: 29 и 73 суток соответственно.

В пресной воде мы наблюдали сохранение жизнеспособности личинок при температуре 4–6 °С до 19 суток (рис. 2 А). Следовательно, в пресной воде даже при низких температурах разложение тканей и гибель личинок происходит значительно быстрее, чем в морской.

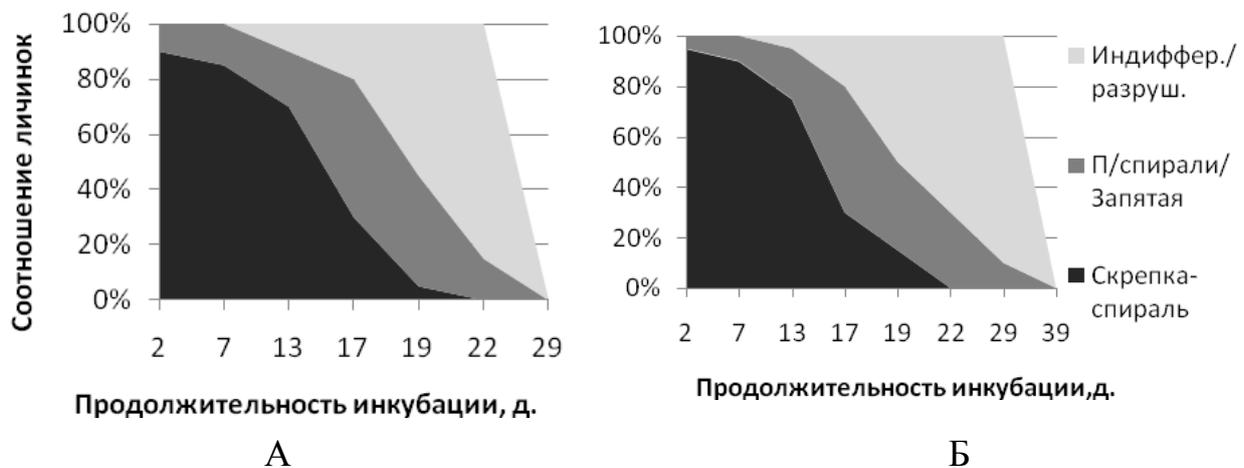


Рис. 2. Соотношение личинок трихинелл разного физиологического Состояния в пресной воде: А – t=4–6 °С, Б – t=18–20 °С

Стоит отметить, что при комнатной температуре 18–20 °С в пресной воде наблюдалась картина, подобная опыту с пресной водой при низкой температуре – жизнеспособность сохранялась до 19 суток (рис. 2 Б). Результат биопроб был положительным при разной ИИ.

При сравнении продолжительности сохранения жизнеспособности *T. spiralis* и *T. nativa* в пресной воде так же обнаруживается разница практически вдвое: *T. pseudospiralis* – 19 суток при температуре 4–6 °С и 18–

20 °С, а *T. nativa* несколько дольше при комнатной температуре – 43 суток и 33 суток при температуре 4–6 °С.

Таким образом, установлено, что личинки капсульных и безкапсульных видов трихинелл сохраняют жизнеспособность при нахождении в морской воде при $t=4-6$ °С. более продолжительное время нежели при этой же температуре в пресной воде.

Литература

1. Одоевская И. М., Бенедиктов И. И., Асеев В. В., Хилюта Н. В., Букина Л. А. Методика идентификации генотипа *Trichinella spiralis* методом полимеразной цепной реакции // Российский паразитологический журнал. 2014. № 3. С. 141–144.
2. Pozio E., Zarlenga D. S. Recent advances on the taxonomy, systematics and epidemiology of Trichinell // Int. J. Parasitol. 2005. V. 35. P. 1191–1204.
3. Гаркави Б. Л. Трихинеллез, вызываемый *T.pseudospiralis* (морфология и биология возбудителя, эпизоотология и эпидемиология, диагностика, меры борьбы и профилактики) // Российский паразитологический журнал. 2007. № 2. С. 35–116.
4. Букина Л. А. Циркуляция трихинелл на морских побережьях Чукотки // Естественное и гуманизм. Сер. «Современный мир, природа и человек». Томск: 2007. С. 101–103
5. Букина Л. А., Колеватова А. И. Экологические закономерности циркуляции трихинелл на морских побережьях Чукотки // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2010. № 4. С. 39–42.
6. Букина Л. А. Распространение трихинеллеза на морских побережьях Чукотки // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 4 (16). С. 80–84.
7. Букина Л. А. Трихинеллез в прибрежных районах Чукотского полуострова, распространение, меры профилактики. Дис. ... д-ра биол. наук М., 2015. 298 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИКИХ ПОПУЛЯЦИЙ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

К. В. Глазырин

Вятский государственный университет, Felix43@list.ru

Бортевое пчеловодство – это форма пчеловодства, при которой пчелы содержатся в лесных естественных условиях. Борть – искусственно выдолбленное дупло в стволе дерева [1]. Бортовой мед – это продукт наивысшей экологической и пищевой ценности. Ценность бортевого меда заключается в его зрелости (он отбирается 1 раз за сезон осенью), наличием перги, отсутствии вредных примесей.

Единственное место в мире, где занимаются бортевым пчеловодством и охраной аборигенной бурзьянской популяции темной лесной пчелы (*Apis mellifera mellifera*) в условиях дикого обитания – Государственный природный биосферный заповедник «Шульган-Таш» в Башкирии. Официальная цена бортевого меда в заповеднике 4500 руб./кг.

Целью настоящей работы являлось обоснование возможности занятия на территории Кировской области бортевым пчеловодством. При выполнении

работы использовался практический метод исследования – естественный эксперимент. Так же проводилась качественная оценка отловленных роев, морфологическая оценка пчел, количественная оценка добытого меда.

В результате исследования было выявлено наличие диких популяций медоносных пчел в нескольких районах Кировской области, доказана практическая возможность занятия бортевым пчеловодством.

Природно-климатические условия Кировской области оптимальны для содержания и разведения пчелиных семей среднерусской породы (*Apis mellifera mellifera* L.). В процессе эволюции у них выработались адаптационные механизмы устойчивости к ряду биотических и абиотических факторов местности, что проявляется в их уникальной зимостойкости, устойчивости к падевому токсикозу, способности заготавливать кормовые запасы в количестве 100–120 кг в период короткого бурного медосбора [2].

Автором с 2014 по 2019 гг. проводился отлов и исследование диких роев пчел на территории Кировской области. Для занятия бортевым пчеловодством необходимо изготавливать борти в стволе дерева. Борт выдалбливают на высоте 4–16 метров от земли. Обычные размеры дупла: 100–150 см в высоту и 25–40 см в диаметре. Так как на сегодняшний день отсутствует законодательная основа для такой деятельности, были изготовлены ловушки, которые развешивались на деревьях, не повреждая их. Ловушка, изготавливается из фанеры, и представляет собой ящик с отъемным дном и крышкой. В ящике имеется закрывающееся отверстие (леток). Ящик под 7 стандартных рамок от улья Дадана-Блатта [3] размером 435 x 300 мм. Рамки прикрепляются гвоздиками на перпендикулярную рейку, для того чтобы они не смещались во время дороги и при подъеме на дерево. В ловушку вставляются 3 рамки со старой сушью и 4 со свежей вощиной. Рамки закрываются старым запрополисованным холстиком (берется обычный холстик из улья).

Ловушки развешиваются на специально подобранных деревьях. Желательно выбрать одиноко

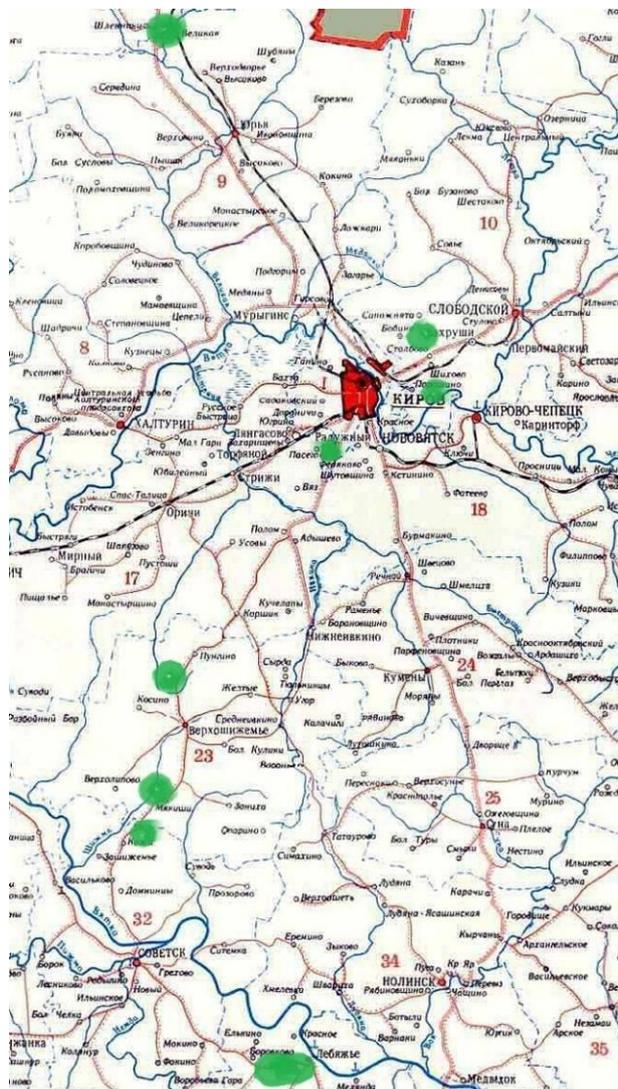


Рис. 1. Карта районов обследования

стояще старые ели с густой кроной расположенные в центре поляны или с южной стороны от лесного массива. Недалеко должен быть ручей или водоем. Рои пчел передвигаются по ложбинам или ручьям и любят садиться на мощные, одиноко стоящие деревья.

Ловушки развешиваются с середины мая до начала июня, чтобы поймать первые самые сильные рои. Конечно, можно ловить и в течение всего лета так называемые «вторяки», «третьяки» или «поройки». Но из маленьких «поройков» за короткое северное лето при плохом медосборе хорошая пчелиная семья не успеет развиваться.

В конце августа – начале сентября ловушки снимают и вывозят на пасеку. Это делается или поздно вечером, когда все пчелы вернулись в улей, или рано утром до вылета пчел. Во время перевозки нужно принять меры предосторожности, чтобы не запарился рой, для этого вместо крышки ставится сетка.

С одной ловушки при хорошем медосборе можно «взять» до 10 кг высококачественного лесного меда.

Автором были обследованы следующие районы: Лебяжский, Верхошиженский, Слободской, Орловский, Советский, Юрьянский и правый берег реки Вятки от Сидоровки до Заречного парка (рис. 1).

В каждой из обследуемых территорий ставилось по 3 ловушки на расстоянии 0,5 км друг от друга (рис. 2, 3).



Рис. 2. Подготовка ловушки



Рис. 3. Установка ловушки на дереве

Средняя частота попадания роев на протяжении 6 лет составила 2 роя на 3 ловушки. Так как отлов проводился в течении нескольких лет, и рои в зонах, указанных на карте, попадались регулярно, можно сделать вывод, что

популяция местной пчелы широко распространена на территории области. Во всех указанных зонах попадались «условно дикие» рои по морфологическим признакам похожие на среднерусскую породу пчел. Рои нами предложено называть «условно дикими», т. к. есть вероятность прилета роев с пасек из населенных пунктов.

В дальнейшем необходима селекционно-племенная оценка отловленных роев по методике, предложенной Лабораторией пчеловодства ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока.

Выводы. В ходе исследований автором было подтверждено, что на территории Кировской области в настоящее время присутствует в диком состоянии популяция среднерусской пчелы, что дает возможность развить бортевое пчеловодство на территории нашей области.

В дальнейшем предлагается обследовать по данной методике все районы области. Выявить районы с наибольшим преобладанием популяции среднерусской пчелы. Выделить в этих районах места, где возможно организовать зоны для занятия бортевым пчеловодством. Так же необходимо принятие законодательного акта на уровне субъекта, в котором будет дана правовая основа владения и пользования бортевыми деревьями, вопросы охраны данных деревьев.

Литература

1. Бортъ // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. Т. 4. А. СПб.: Типо-Литография И. А. Ефрона, 1891.

2. Брандорф А. З., Ивойлова М. М. Популяционно-генетическая дифференциация медоносных пчел Кировской области // Пчеловодство. № 7. 2012. С. 14–16.

3. История создания улья. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://apiary33.ru/clauses/history.html> (Дата обращения: 6.11.19).

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ТРОФИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ И НАСЕЛЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ РАЗЛИЧНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

Т. А. Гордиенко¹, Д. Н. Вавилов¹, Ю. А. Лукьянова²

¹ *Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, eiseniata@mail.ru*

² *Национальный парк «Нижняя Кама», julia-luk@inbox.ru*

Деятельность человека приводит к изменению ландшафтов, что оказывает влияние на биоразнообразие и структуру природных экосистем. С развитием и ростом городов возрастает площадь техногенно нарушенных почв. При прокладывании наземных и подземных коммуникаций по технологии верхний плодородный слой почвы снимают отдельно, а по завершении работ он должен быть возвращен и разровнен на прежнем месте. Однако часто эти действия не выполняют должным образом, что отражается на растительном и животном компоненте экосистем. На их восстановление уходит время.

В качестве биоиндикаторов часто используют почвенных беспозвоночных, чутко реагирующих на любые изменения в окружающей их среде [1–10].

Цель работы – изучение влияния антропогенного фактора на трофическую структуру и население почвенных беспозвоночных.

Исследования проводили в пределах трассы водовода «Белоус-Набережные Челны» на участке полосы отвода (трансформированный участок) и на прилегающей естественной территории «Боровецкого леса» Национального парка «Нижняя Кама» в качестве контроля (лугово-опушечные фитоценозы) (Тукаевский район Республики Татарстан, окрестности г. Набережные Челны) в третьей декаде мая 2016 г. и августа 2019 г. (рис. 1). Этот участок расположен в ландшафтной подзоне типичной лесостепи [11]. В августе 2019 г. проводили замену трубы со снятием верхнего слоя почвы на глубину ее залегания (около 3 м). Ранее в мае 2016 г., здесь были проведены аналогичные исследования. Учеты численности беспозвоночных проводили стандартными почвенно-зоологическими методами [12]: почвенные пробы на площадках по 0,0625 м² (8–16 проб на участке) на глубину до 15 см, почвенные ловушки Барбера (по 10 ловушек на участок) выставляли на 3–4 ночи и численность рассчитывали в экземплярах на 10 ловушко-суток (л.-с.).



Рис. 1. Карта-схема района исследования на трассе водовода «Белоус-Набережные Челны»

Исследования почвенной мезофауны показали, что на нарушенном участке водовода численность и таксономическое разнообразие почвенных беспозвоночных снизились (рис. 2). Фауна педобионтов представлена двумя типами, 2 классами и 2 отрядами мезофауны дождевыми червями Lumbricidae и перепончатокрылыми Hymenoptera, обилие которых не превышало 9 особей на м². Преобладает сапротрофный компонент биоценоза – дождевые черви (89%).

В 2016 г. на этом участке проводили аналогичное исследование. Оно показало высокое обилие и таксономическое разнообразие мезофауны (216 особей/м² и 19 таксонов), которые в 2019 г. сократились соответственно в 24 и 9,5 раза (рис. 2).

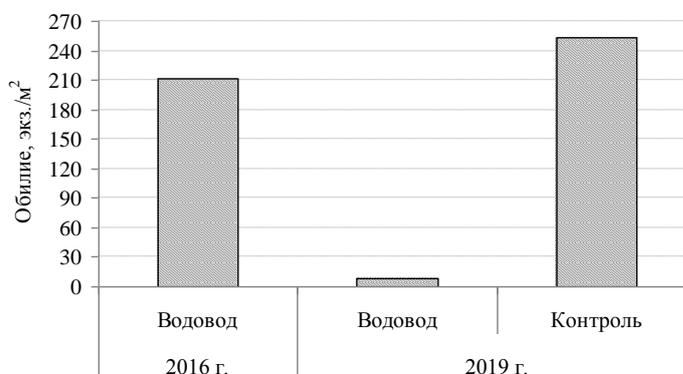


Рис. 2. Обилие почвенных беспозвоночных мезофауны в контроле и нарушенном участке «Водовода»

На контрольном участке в 2019 г. было зарегистрировано 12 таксонов мезофауны 2 типов, 5 классов и 9 отрядов. Доминировали дождевые черви (68,4%), насекомые (18,2%) и хищные многоножки (11,5%). Среди насекомых многочисленны жуки-жужелицы и щелкуны (6,3% и 5,5% соответственно). Обилие педобионтов на естественном участке в 25 раз выше, чем на нарушенном (253 особей/м²) (рис. 2). Коэффициент вариации мезофауны контрольного участка не превышает 50%, что свидетельствует об устойчивом состоянии экосистемы этого участка. Обилие педобионтов высокое и превышает максимальные показатели для лугов лесостепи Высокого Закамья [13].

Известно, что соотношение трофических групп мезофауны является важным показателем, характеризующим биотоп и тип почв. Под воздействием антропогенных факторов оно может значительно изменяться. В естественных биоценозах доля сапрофагов достигает 60–70% от суммарной численности [13–14]. Согласно нашим ранним исследованиям [15] на нарушенных фитоценозах доля сапрофагов не превышает 42%, а в лесных естественных биотопах составляет 32,2–56,3% (в сосняке и осиннике соответственно). Трансформированные участки отличаются от контрольных естественных биоценозов увеличением роли растительной группы фитофагов и уменьшением сапрофагов, питающихся отмершей органикой. Изучение сосняков не выявило значимых различий трофической структуры и населения педобионтов в зависимости от степени антропогенной нагрузки, однако наблюдалась некоторая тенденция увеличения обилия педобионтов и сапрофагов с увеличением рекреации [16].

В нашем исследовании трофическая структура имеет некоторое сходство в доминировании сапротрофного компонента экосистемы (на нарушенном участке 88,9% и 74,3% в контроле) (рис. 3). Однако на нарушенном участке отсутствуют хищники, которые многочисленны на естественном участке

(18,6%), а фитофаги на последнем участке снижают свою значимость (соответственно от 11,1% до 5,9%).

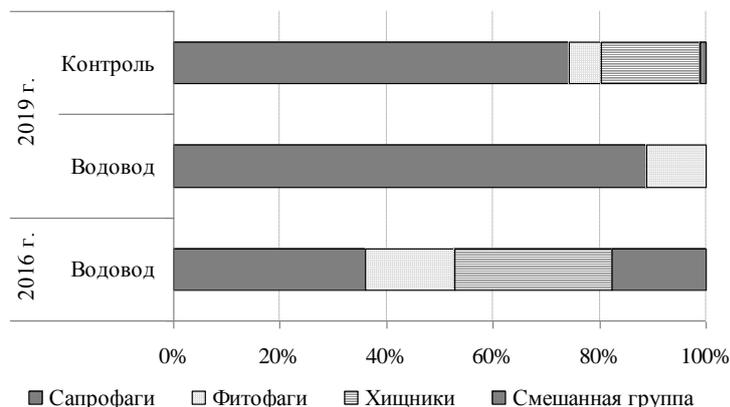


Рис. 3. Соотношение трофических групп мезофауны на исследуемых участках

Таксономическое разнообразие герпетобионтов нарушенного участка относительно невысокое и состоит из 10 таксонов 1 типа, 2 классов, 6 отрядов. Преобладали насекомые (84,4%), среди которых многочисленны жуки-жужелицы (48,9%), стафилины (13,3%) и листоеды (8,9%), а также паукообразные – сенокосцы и пауки (8,9% и 6,7%). Проведенные в 2016 г. исследования на этом участке выявили высокое таксономическое разнообразие и относительную численность герпетобионтов (21 таксон и 80,3 экз./10 л.-с.), что значительно выше результатов учета 2019 г. (в 5,3 раза численность, в 2 раза биоразнообразие).

На естественном участке разнообразие герпетобия несколько выше и составляет 14 таксонов 4 типов, 7 классов, 11 отрядов. В сообществе герпетобионтов преобладали сходные таксоны – насекомые (60,4%), среди которых многочисленны жуки-жужелицы (42,3%) и стафилины (6,3%), а также паукообразные пауки и сенокосцы (18% и 9%), двупарноногие многоножки кивсяки (6,3%). Динамическая активность или относительная численность герпетобионтов на нарушенном участке была в 2,5 раза ниже по сравнению с контрольным участком (15 против 37 экз./10 л.-с.) (рис. 4).

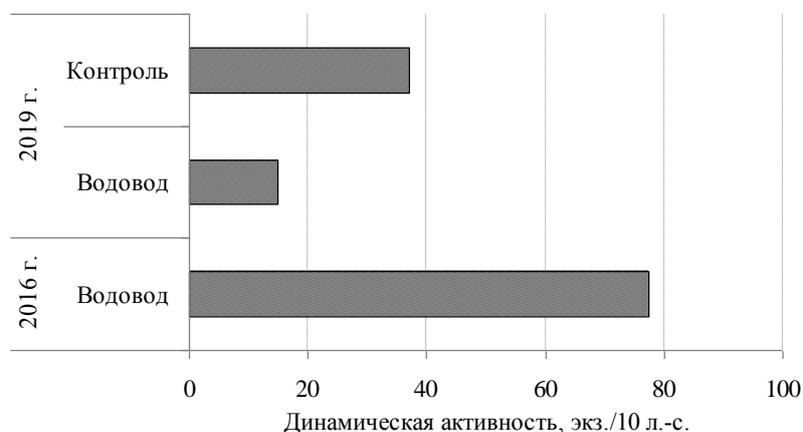


Рис. 4. Динамическая активность герпетобионтов на участках

Соотношения трофических групп герпетобионтов и педобионтов существенно отличаются друг от друга, т. к. ловушками отлавливаются беспозвоночные, ведущие активный образ жизни, среди которых доминируют хищные жуки жужелицы, стафилиниды, паукообразные. На двух участках преобладают хищники (на нарушенном участке 80%, на естественном 78,4%) (рис. 5), однако есть и некоторые различия. На трансформированном участке отмечено увеличение доли фитофагов в сообществе герпетобионтов (13,3%), а в естественном возрастает роль сапрофагов (12,6%) и уменьшается фитофагов (7,2%). Исследования пойменных лугов выявили несколько иную тенденцию [17]. Динамическая активность герпетобионтов на нарушенных участках под ВЛЭП выше, чем на естественных пойменных луговых фитоценозах. В составе сообщества почвенных подстилочных беспозвоночных доминируют хищники (84,5%), фитофаги составляют 6%, сапрофаги практически отсутствуют (0,2%). На естественном луговом фитоценозе возрастает роль фитофагов (9,4%) и сапрофагов (6,7%), уменьшается хищников (44,1%).

Исследования в 2016 г. на участке водовода выявили сходные трофические группы герпетобионтов, различия заключались в том, что три года назад соотношение было более выровненным, доля сапрофагов была ниже (6,6%), примерно одинаковая фитофагов, хищников и смешанной группы (13,3%, 11,2% и 9,5% соответственно).

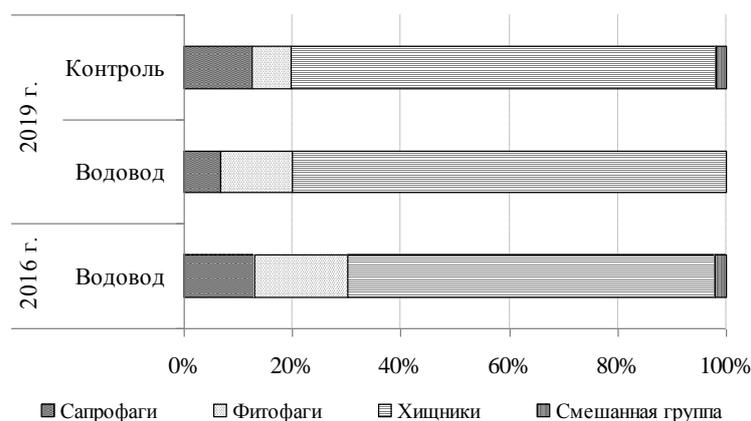


Рис. 5. Соотношение трофических групп герпетобионтов на исследуемых участках

Проведен многомерный дискриминантный анализ полученных результатов учета педо- и герпетобионтов, который показал, что их структура и население на нарушенной и контрольной территориях различается с достаточным уровнем статистической значимости (для педобионтов Wilks' Lambda $\lambda = 0,16$, approx. $F(9,22) = 13,2$, $p < 0,000$; для герпетобионтов Wilks' Lambda $\lambda = 0,14$, approx. $F(11,8) = 4,6$, $p < 0,02$). Сходная картина наблюдалась и по трофическим группам (соответственно Wilks' Lambda $\lambda = 0,25$, approx. $F(4,26) = 19,27$, $p < 0,000$; Wilks' Lambda $\lambda = 0,45$, approx. $F(4,15) = 4,7$, $p < 0,01$).

Таким образом, нарушение верхнего слоя почвы приводит к снижению биоразнообразия и резкому сокращению численности педо- и герпетобион-

тов. Трофическая структура естественного и нарушенного участков имеет некоторое сходство, но меняется соотношение трофогрупп. С увеличением антропогенной нагрузки возрастает участие в сообществе герпетобионтов хищников и фитофагов, уменьшается доля сапрофагов, а в сообществе педобионтов возрастает обилие сапрофагов и фитофагов, уменьшается доля хищников.

Литература

1. Гиляров М. С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы почвенного режима и его изменений под влиянием антропогенных факторов // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. М.: Наука, 1982. С. 8–11.

2. Захаров А. А., Бызова Ю. Б., Друк А. Я. и др. Почвенные беспозвоночные – индикаторы состояния рекреационных ельников Подмосковья // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. М.: Наука, 1982. С. 40–53.

3. Криволицкий Д. А., Мазин А. Л., Покаржевский А. Д. Животное население в наземных экосистемах и его изменения при антропогенизации среды // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. М.: Наука, 1982. С. 22–31.

4. Криволицкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука, 1994.

5. Безкоровайная И. Н. Биологическая диагностика и индикация почв. Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2001.

6. Гонгальский К. Б. Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы промышленного воздействия в лесных экосистемах Центра Европейской России: Дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 160 с.

7. Paoletti M. G., Bressan M. Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance // *Crit. Rev. Plant Sci.* 1996. Vol. 15. P. 21–62.

8. Bohac J. Staphylinid beetles as bioindicators // *Agric. Ecosys. Environ.* 1999. Vol. 74. P. 357–372.

9. Cortet J., Gomot-Dc Vaufleury A., Poinot-Balaguer N., Gomot L., Texier C., Cluzeau D. The use of invertebrate fauna in monitoring pollutant effects // *Eur. J. Soil Biol.* 1999. Vol. 35. P. 115–134.

10. Davis B. N. K. Urbanisation and the diversity of insects / In: *Diversity of insect faunas*. L. A. Mound, N. Waloff (eds). *Symp. of Royal Ent. Soc of London.* 1978. N. 9. P. 126–138.

11. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ / Под ред. проф. О. П. Ермолаева. Казань: «Слово», 2007. 411 с.

12. Количественные методы в почвенной зоологии / Ю. Б. Бызова, М. С. Гиляров, В. Дунгер, А. А. Захаров, Л. С. Козловская, Г. А. Корганова, Г. П. Мазанцева, В. П. Мелецис, И. Прассе, Ю. Г. Пузаченко, Л. Б. Рыбалов, Б. Р. Стриганова. М.: Наука, 1987. 288 с.

13. Кадастр сообществ почвообитающих беспозвоночных (мезофауна) естественных экосистем Республики Татарстан / Под ред. Р. М. Сабирова. Казань: Казан. фед. ун-т, 2014. 308 с.

14. Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 281 с.

15. Гордиенко Т. А., Вавилов Д. Н., Суходольская Р. А., Лукьянова Ю. А. Влияние прокладки подземных инженерных коммуникаций на лесные экосистемы // Теоретические и прикладные аспекты лесного почвоведения: Сб. материалов VII Всерос. науч. конф. по лесному почвоведению с междунар. участием (Петрозаводск, 13–17 сентября 2017 г.). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. С. 268–272.

16. Сабанцев Д. Н., Гордиенко Т. А. Особенности трофической структуры мезофауны почв сосновых лесов в градиенте антропогенного воздействия // Биоразнообразии наземных и водных животных. Зооресурсы: Материалы II Всерос. науч. интернет-конф. с междунар. участием. Казань: ИП Синяев Д. Н., 2014. С. 74–77.

17. Гордиенко Т. А., Вавилов Д. Н., Суходольская Р. А., Лукьянова Ю. А. Влияние антропогенной трансформации луговых экосистем национального парка «Нижняя Кама» на сообщества наземных и почвенных беспозвоночных // Российский журнал прикладной экологии. Вып. 3. Казань: ООО Фолиант, 2017. С. 7–11.

ДОПОЛНЕНИЕ К ФАУНЕ ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ (HETEROPTERA) ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

А. Н. Зиновьева¹, Л. Г. Целищева²

¹ *Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
zinovyeva@ib.komisc.ru, aurika_z@mail.ru*

² *Государственный природный заповедник «Нургуш», tselishchevalg@mail.ru*

Представленная работа дополняет серию публикаций, посвященных полужесткокрылым насекомым (Heteroptera) заповедника «Нургуш». В настоящий момент гемиптерофауна заповедника насчитывает около 100 видов клопов из 23 семейств [1, 2], наши исследования расширяют имеющийся список и уточняют сведения о биотопической приуроченности и фенологии видов. Материал собран Л. Г. Целищевой в 2009–2014 гг. Клопов учитывали с апреля по октябрь почвенными ловушками на экологическом профиле поймы р. Вятки. На участке «Нургуш» были исследованы липово-дубовый клевероснытьево-костровый, дубовый чино-подмаренниково-снытьево-клеверный, осиново-липовый хвощево-будрово-снытьевый и берёзово-сосновый чернично-орляковый зеленомошный леса, ивняк горцево-двуклещиково-осоковый на берегу р. Вятки, кострово-осоково-таволговый луг на берегу р. Прость и таволгово-мятликово-костровый луг на берегу озера Нургуш. Камеральная обработка материала проводилась по общепринятой методике [3]. Материал хранится в заповеднике «Нургуш», часть видов – в научном музее Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Ниже приводится аннотированный список 22 видов полужесткокрылых, впервые указанных для территории заповедника «Нургуш», новые для фауны Кировской области (КО) виды клопов отмечены символом звездочка *. Впервые для Кировской области указано семейство Ceratocombidae.

Семейство Ceratocombidae

Ceratocombus coleopratus (Zetterstedt, 1818)*

Материал. Ивняк горцево-двуклещиково-осоковый на берегу р. Вятки, 20.08–30.08.2012, 1 ♀.

Биология. Обитают во влажных местах, во мху и лесной подстилке, в муравейниках, возможно, хищники [3]. Взрослые особи появляются в конце августа. Зимуют имаго.

Семейство Saldidae

Saldula saltatoria (Linnaeus, 1758)

Материал. Ивняк горцево-двуклещиково-осоковый на берегу р. Вятки, 01.07-11.07.2008, 1 ♂, 1 ♀; 11.07-22.07.2008, 1 ♂, 1 ♀; 21.07-29.07.2008, 1 ♂; 8.08-20.08.2008, 1 ♀; 20.08-27.08.2008, 1 ♀; 10.06-20.06.2010, 1 ♀; 29.05-13.06.2011, 1 ♀, 09.10-22.10.2011, 1 ♀; таволгово-мятликово-костровый луг на берегу озера Нургуш, 29.06-9.07.2009, 1 ♀. В КО известен по указаниям А. И. Шернина [4, 5].

Биология. Обитают в прибрежных и увлажненных местообитаниях. Хищники.

Семейство Nabidae

Nabis limbatus Dahlbom, 1851

Материал. Кострово-осоково-таволговый луг на берегу р. Прость, 29.07-10.08.2009, 2 ♀; 10.08-21.08.2009, 2 ♀; 21.08-28.08.2009, 1 ♀; 28.08-08.09.2009, 1 ♀; 01.10-10.10.2009, 1 ♀; таволгово-мятликово-костровый луг на берегу озера Нургуш, 29.06-09.07.2009, 1 ♀; 01.10-10.10.2009, 1 ♀; 31.07-10.08.2010, 2 ♂, 1 ♀; дубовый чино-подмаренниково-снытьево-клеверный лес, 21.07-31.07.2010, 1 ♂, 1 ♀; 21.08-01.09.2010, 1 ♂; 01.09-09.09.2010, 1 ♀; ивняк горцево-двуклещиково-осоковый на берегу р. Вятки, 11.08-19.08.2011, 1 ♂. В КО известен по единственной находке в д. Малые Шалаи Яранского района [4].

Биология. Встречаются на листьях и цветках растений. Хищники. По данным [3], зимуют яйца, имаго появляются в середине или конце июля-августе.

Nabis ferus (Linnaeus, 1758)

Материал. Кострово-осоково-таволговый луг на берегу р. Прость, 20.07-01.08.2011, 1 ♂. Широко распространен в КО [5].

Биология. Обитают в травостое, но могут встречаться на кустарниках, редко на деревьях. Хищники, питаются мелкими насекомыми, личинками. Зимуют имаго [3].

Семейство Anthocoridae

Anthocoris limbatus Fieber, 1836*

Материал. Ивняк горцево-двуклещиково-осоковый на берегу р. Вятки, 20.07-29.07.2009, 1 ♀; 20.06-30.06.2010, 2 ♂, 1 ♀ и 2 личинки 4-го возраста; 30.06-10.07.2010, 2 ♂, 1 ♀; 19.08-30.08.2011, 1 ♀; 30.08-10.09.2011, 1 ♀.

Биология. Обитают на ивах. Имаго встречаются в течение всего лета. Хищники.

Orius niger (Wolff, 1811)*

Материал. Берёзово-сосновый чернично-орляковый зеленомошный лес, 10.07-21.07.2014, 1 ♀.

Биология. Обычен в травостое, хищник, питается тлями, червецами, гусеницами.

Семейство Tingidae

Kalama tricornis (Schrank, 1801)*

Материал. Таволгово-мятликово-костровый луг на берегу озера Нургуш, 29.07-01.08.2011, 1 ♀; кострово-осоково-таволговый луг на берегу р. Прость, 20.09-30.09.2014, 1 ♀.

Биология. Обитают в травостое. Зимуют имаго.

Oncochila simplex (Herrich-Schaeffer, 1830)*

Материал. Таволгово-мятликово-костровый луг на берегу озера Нургуш, 20.05-29.05.2011, 1 ♂; 29.05-13.06.2011, 1 ♂; 17.06-24.06.2011, 1 ♀.

Биология. На молочае [3]. Зимуют имаго.

Семейство Miridae

Pithanus hrabei Stehlik, 1952*

Материал. Таволгово-мятликово-костровый луг на берегу озера Нургуш, 11.07-20.07.2011, 2 ♀.

Биология. На злаках. Находка в Кировской области расширяет южную границу ареала вида на европейской части России. Отмечен в Мурманской области [6], Архангельской, Ленинградской областях и в Республике Коми [3], известен также по указаниям в Свердловской области [7] и Пермском крае [8].

Europiella artemisiae (Becker, 1864)

Материал. Кострово-осоково-таволговый луг на берегу р. Прость, 29.07-10.08.2009, 1 ♀, 10.08-21.08.2009, 1 ♂. Для Кировской области указан ранее как *Plagiognathus albipennis* [1].

Семейство Lygaeidae

Cymus glandicolor Hahn, 1832

Материал. Дубовый чино-подмаренниково-снытьево-клеверный лес, 11.05-21.05.2010, 1 ♀. Широко встречается в Кировской области [4, 5].

Биология. На осоках.

Drymus ryeii Douglas et Scott, 1865*

Материал. Кострово-осоково-таволговый луг на берегу р. Прость, 21.07-30.07.2014, 1 ♀.

Биология. Встречается в лесной подстилке. Зимуют имаго.

Scolopostethus thomsoni Reuter, 1875*

Материал. Липово-дубовый клеверо-снытьево-костровый лес, 30.06-11.07.2011, 1 ♂; 18.09-01.10.2011, 1 ♂; 09.05-19.05.2012, 1 ♂; ивняк горцево-двуклесточниково-осоковый на берегу р. Вятки, 11.08-19.08.2011, 1 ♀; дубовый чино-подмаренниково-снытьево-клеверный лес, 10.09-18.09.2011, 1 ♀.

Биология. Предпочитают увлажненные местообитания, встречаются в разнообразных биотопах. Питаются опавшими семенами. Возможно, зимуют имаго.

Aphanus rolandri (Linnaeus, 1758)*

Материал. Дубовый чино-подмаренниково-снытьево-клеверный лес, 09.05-20.05.2011, 1 ♂; липово-дубовый клеверо-снытьево-костровый лес, 09.05-20.05.2011, 3 ♂.

Биология. Весной встречается на поверхности почвы среди листвы. Зимуют имаго. Обнаружение в Кировской области – северная граница распространения вида. Отмечен в Пермском крае и Свердловской области [9, 10].

***Megalonotus antennatus* (Schilling, 1829)**

Материал. Дубовый чино-подмаренниково-снытьево-клеверный лес, 01.09-09.09.2010, 1 ♂; кострово-осоково-таволговый луг на берегу р. Прость, 11.08-19.08.2011, 1 ♂; таволгово-мятликово-костровый луг на берегу озера Нургуш, 30.06-11.07.2011, 1 ♀. В области известен по указанию из Кирова [4].

Биология. Обитают в подстилке и на земле под растениями. Питаются опавшими семенами. Зимуют имаго.

***Sphragisticus nebulosus* (Fallen, 1807)**

Материал. Дубовый чино-подмаренниково-снытьево-клеверный лес, 01.05-11.05.2010, 1 ♀. В КО отмечен А. И. Шерниным [4, 5].

Биология. Встречается на поверхности почвы. Зимуют имаго.

Panaorus adpersus* (Mulsant et Rey, 1852)

Материал. Таволгово-мятликово-костровый луг на берегу озера Нургуш, 29.07-01.08.2011, 1 ♀. Находка в Кировской области расширяет северную границу ареала вида. Встречается в Московской, Ивановской, Калужской областях и на Урале [9], на сопредельных территориях отмечен в Татарстане и Пермском крае [9, 10].

Биология. Вероятно, обитает на поверхности почвы.

Stygnocoris fuliginus* (Geoffroy, 1785)

Материал. Кострово-осоково-таволговый луг на берегу р. Прость, 23.10-30.10.2011, 1 ♀.

Биология. Встречается в подстилке на лугах, в дубовых лесах.

***Stygnocoris rusticus* (Fallen, 1807)**

Материал. Таволгово-мятликово-костровый луг на берегу озера Нургуш, 21.08-01.09.2010, 1 ♂, 3 ♀; 09.10-22.10.2011, 1 ♂, 1 ♀; кострово-осоково-таволговый луг на берегу р. Прость, 01.08-11.08.2011, 1 ♂; 30.08-10.09.2011, 3 ♂; 05.10-22.10.2011, 1 ♂, 1 ♀. Известен в КО по находке в с. Шмелево Свечинского района [11].

Семейство Piesmatidae

Piesma capitatum* (Wolff, 1804)

Материал. Ивняк горцево-двуклещиково-осоковый на берегу р. Вятки, 11.07-21.07.2012, 1 ♂.

Биология. Фитофаг, обитает на маревых и гвоздичных. Зимуют имаго.

Семейство Berytidae

***Berytinus clavipes* (Fabricius, 1775)**

Материал. Липово-дубовый клеверо-снытьево-костровый лес, 18.06-29.06.2009, 1 ♀; 20.05-29.05.2011, 1 ♂.

В КО указан А. И. Шерниным [5].

Семейство Pentatomidae

***Picromerus bidens* (Linnaeus, 1758)**

Материал. Кострово-осоково-таволговый луг на берегу р. Прость, 10.08-21.08.2009, 1 ♂; 18.09-30.09.2009, 1 ♀. Ранее был отмечен на Вятке [4].

Биология. Нами отмечался на деревьях и кустарниках, в травостое. Хищник, питается мелкими насекомыми, личинками, гусеницами. Зимуют яйца [3].

Работа выполнена в рамках темы НИР 2018–2020 гг. «Распространение, систематика и пространственная организация фауны и населения наземных и водных животных таёжных и тундровых ландшафтов и экосистем европейского Северо-Востока России» (№ гос. регистрации АААА-А17-117112850235-2), а также при финансовой поддержке РФФИ № 18-04-00464-а.

Литература

1. Ходырев Н. Н., Целищева Л. Г., Гришина А. А. Видовой состав водных и наземных Heteroptera (Hemiptera) – Полужесткокрылых заповедника «Нургуш» // Научные чтения памяти проф. В. В. Станчинского. Смоленск, 2004. Вып. 4. С. 286–289.
2. Зиновьева А. Н., Целищева Л. Г. К фауне полужесткокрылых (Heteroptera) заповедника «Нургуш» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. конф. Киров, 2014. Кн. 1. С. 222–227.
3. Кержнер И. М., Ячевский Т. Л. Определитель насекомых европейской части СССР. Отряд Hemiptera (Heteroptera) – полужесткокрылые, или клопы. М.-Л.: Наука, 1964. Т. 1. 655–845.
4. Шернин А. И. Материалы к фауне клопов (Hemiptera) северо-востока Горьковского края // Тр. Вятского научно-исследовательского ин-та краеведения. 1934. Т. 7. Вып. 2. С. 3–23.
5. Шернин А. И. Отряды: Heteroptera – полужесткокрылые, Thysanoptera – трипсы // Животный мир Кировской области. Киров, 1974. Вып. 2. С. 77–110.
6. Константинов Ф. В., Зиновьева А. Н. Новые данные по фауне клопов-слепняков подсемейств Вгусогінае, Deraeocogінае и Mirінае (Heteroptera, Miridae) европейской части России // Энтомологическое обозрение. 2017. Т. 96. Вып. 2. С. 306–317.
7. Аглямзянов Р. С. Фауна полужесткокрылых Среднего и Южного Урала // Фауна и экология насекомых Урала: информационные материалы ин-та экологии растений и животных. Свердловск, 1983. С. 3–4.
8. Козьминых В. О., Наумкин Д. В. Настоящие полужесткокрылые (Insecta, Heteroptera) заповедника «Басеги» и заметки по гетероптерофауне Северного Урала // Фауна Урала и Сибири. 2017. № 1. С. 90–110.
9. Пучков В. Г. Фауна України. Лігеїди. Київ: Наук. думка, 1969. Т. 21. Вип. 3. 388 с.
10. Колосов Ю. М. Каталог насекомых Среднего Урала, III. Полужесткокрылые (Rhynchota) // Уральск. об-ва естествознания, энтомол. бюро. Свердловск, 1929. 11 с.
11. Юферев Г. И. Новые для фауны Кировской области виды // Энтомофауна Кировской области. Новые материалы. Киров, 2004. С. 3–4.

ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ (LUMBRICIDAE) В РАЙОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ ОАО «МОНДИ СЛПК»

А. А. Колесникова, Т. Н. Конакова, М. М. Долгин
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kolesnikova@ib.komisc.ru

Влияние целлюлозно-бумажных комбинатов на почвенные зооценозы, неотъемлемой частью которых являются дождевые черви, в основном связано с аэротехногенным загрязнением. В результате выбросов предприятий целлюлозно-бумажной промышленности в атмосферу поступают различные серо-содержащие и азотсодержащие соединения, в т.ч. оксиды серы, метилмеркаптан, сероводород, диметилсульфид, оксиды азота. Эти соединения являются потенциальными источниками кислотных осадков и могут значительным образом изменять кислотность почвы в зоне действия комбинатов [1]. В настоящее время большинство исследователей отмечают увеличение кислотности лесных почв в результате выпадения на лесные экосистемы «кислых» дождей вследствие выбросов в атмосферу серо- и азотсодержащих соединений [2]. Наблюдаемый в Европе «новый тип повреждений» лесов связывают с дефицитом кальция, магния, калия, марганца и цинка в почве, которые могут выщелачиваться из кислых почв. Однако проведенный ранее агрохимический анализ лесных почв в зоне влияния АО «Монди СЛПК» не выявил увеличения кислотности органогенных горизонтов. Причина в том, что вблизи предприятия в почву поступает также большое количество пыли, содержащей в своем составе основания, обладающие некоторой подвижностью. Неслучайно отмечено повышение содержания ионов Ca^{2+} и подвижного K_2O в подстилках еловых лесов при приближении к предприятию. Нейтрализация повышенной кислотности, свойственной подстилкам лесных почв в их естественном состоянии, отмечена и в окрестностях других предприятий [3, 4]. Загрязнение почвы и подстилки кальцийсодержащими выбросами приводит к расстройству практически всего комплекса экологических факторов (рН, пища, структура и влагоемкость почвы, режим разложения растительных остатков), важных для почвенных беспозвоночных [5]. Прежде всего, это сказывается на численности и структуре группировок почвенных беспозвоночных. Установлено, что почвенные зооценозы на различные виды загрязнения реагируют изменениями структурно-функциональной организации [6], которая зависит от структуры фитоценоза (она часто изменяется под действием выбросов), а не от содержания различных загрязняющих веществ в почве [7].

Воздействие выбросов целлюлозно-бумажных комбинатов на почвенных беспозвоночных может иметь прямой или опосредованный характер, по-разному сказываясь на разнообразии модельных групп почвенных беспозвоночных. Популяции и комплексы видов люмбрицид отличаются стабильностью и устойчивостью даже при очень неблагоприятных изменениях в экосистемах, поэтому рассматриваются в мониторинговых исследованиях как косвенные биоиндикаторы. Однако они быстро реагируют на нарушение условий

окружающей среды изменением таксономического состава, численности, структуры населения. Показано, что встречаемость дождевых червей в лесах строго лимитирована высокой кислотностью ($pH=3,8-5,8$). Исследования, проведенные в еловых лесах, находящихся под воздействием «кислотных» осадков, показали постепенное снижение численности и биомассы дождевых червей на загрязненных площадках [8]. По измененным параметрам структурной организации этой группы почвенной фауны можно судить о степени антропогенной нагрузки на природные экосистемы [9].

В рамках проекта ЕС FP6 ENVASSO (Экологическая оценка почвы для мониторинга) отобраны показатели, пригодные для мониторинга изменений в биоразнообразии почв [10]. При этом снижение биоразнообразия почв определяется как уменьшение числа и таксономического богатства организмов, живущих в почвах, и связанные со снижением биоразнообразия изменения функциональной активности почв. Хотя обзор литературы по выявлению индикаторов состояния разнообразия почв выявил около 100 возможных показателей, для целей мониторинга на практике целесообразно использовать только три ключевых показателя для оценки воздействия на биоразнообразие почв, и один из них – численность и разнообразие дождевых червей. Этот показатель позволяет оценить общие изменения в биоразнообразии почв в результате любого антропогенного воздействия (приоритетный уровень I). Все процедуры и протоколы, основанные на действующих стандартах ISO, адаптированы для оценки в европейских странах. В соответствии со стандартами ISO, в 2007–2009 гг. была обследована почвенная фауна сосняков черничных, расположенных на расстоянии 1,3; 5,0; 6,5; 49,0 км от предприятия, в 2018 г. исследования проведены повторно. В 2002–2010 гг. была обследована почвенная фауна ельников черничных, расположенных к северо-западу от СЛПК на расстоянии 3,5; 4,3; 5,3; 10,0; 50,0 км, в 2019 г. проведен учет дождевых червей на этих участках.

В сосновых лесах, в период 2007–2009 гг. численность лямбрицид была высокой в фоновом сосняке, снижалась в 2–3 раза на участках 6,5 и 5,0 км, несколько возрастая в импактном сосняке (1,3 км). В еловых лесах, в период 2002–2010 гг. численность дождевых червей в зонах умеренного и значительного воздействия выбросов СЛПК не отличалась от таковой в фоновом ельнике (50,0 км), тогда как на ближнем к предприятию участке (3,5 км) этот показатель возрастал почти в два раза. На импактных участках елового (3,5 км) и соснового (1,3 км) лесов рассматриваемое в почвах разнообразие мезофауны возрастает и соответствует таковому на фоновых участках. Это происходит за счет появления здесь представителей кальцефильных групп беспозвоночных (Gastropoda, Lumbricidae, Diplopoda). Такие же изменения наблюдаются при пылевых загрязнениях, особенно при накоплении кальция в почвах с высокой естественной кислотностью. Наблюдались изменения численности отдельных видов, соотношения обилия трех функциональных групп (подстилочных, почвенно-подстилочных, почвенных), а также видового богатства, разнообразия и выравненности сообществ лямбрицид.

Исследования 2018 г. в сосняках показали, что дождевые черви (Lumbricidae) увеличивают численность и биомассу в сосняках черничном (контроль) и папоротничково-разнотравном (зона значительного воздействия выбросов), снижая эти показатели в сосняках черничных зон сильного и умеренного воздействия. Видовое богатство люмбрицид в сосновых лесах незначительное, что определяется однообразием зооценозов в биотопах данного типа в пределах подзоны средней тайги. Дождевые черви в контроле, зонах умеренного и сильного воздействия выбросов представлены двумя видами *Dendrobaena octaedra* и *Eisenia nordenskioldi nordenskioldi*. В сосняке зоны значительного воздействия к этим видам добавляются *Allobophora caliginosa* и *Lumbricus rubellus*. Важным является то, что каких-либо значимых изменений в структуре сообществ люмбрицид за период с 2007–2009 гг. не произошло. В 2007–2009 гг. повышенное разнообразие люмбрикофауны (вопреки ожидаемому низкому) в сосняке зоны значительного воздействия выбросов объяснялось такими биотопическими условиями, как растительный покров и химические свойства почвы. В 2019 г. в верхних почвенных горизонтах сосняка папоротничково-разнотравного (ранее разнотравного) встречены дождевые черви, принадлежащие иным функциональным группам, чем в сосняках черничных на загрязненной и фоновой территориях. В целом, люмбрикофауна сосняков черничных в районе выбросов лесопромышленного комплекса относилась и относится к стадии слабой деградации, для которой характерно сохранение структурной устойчивости сообществ беспозвоночных и достаточно высокое обилие широко распространенных в лесах видов. Люмбрикофауна сосняка, расположенного в непосредственной близости от предприятия, находилась и находится в стадии средней деградации, для которой характерно большее число видов, и появляются почвенно-подстилочные формы. В итоге, сообщества дождевых червей не претерпели существенных изменений за 10-летний период, сохранив свою структуру как в сосняках черничных зон умеренного и сильного воздействия выбросов, так и в производном сосняке разнотравном / папоротничково-разнотравном зоны высокого техногенного загрязнения. Индикаторным видом аэротехногенных выбросов СЛПК в сосновых лесах является *Dendrobaena octaedra*, плотность популяций которого снижается с ростом техногенного воздействия.

Исследования выполнены в рамках госбюджетной темы НИР отдела экологии животных ИБ Коми НЦ УрО РАН, № гос. регистрации АААА-А17-117112850235-2.

Литература

1. Личутина Т. Ф., Боголицын К. Г., Гусакова М. А. Комплексная оценка негативного воздействия на окружающую среду предприятий ЦБП в соответствии с технологическими нормативами Европейского Сообщества // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2011. № 8. С. 52–62.
2. Kuperman R. G. Relationships between soil properties and community structure of soil macroinvertebrates in oak-hickory forests along an acidic deposition gradient // Applied soil ecology. 1996. Vol. 4. P. 125–137.

3. Штернбергс М. Т. Воздействие выбросов цементного завода на дождевых червей (Lumbricidae) березняков-кисличников // Загрязнение природной среды кальцийсодержащей пылью. Рига, 1985а. С. 96–100.

4. Rizvi S. H., Gauquelin T., Gers C., Guérolde F., Pagnout C., Baldy V. Calcium-magnesium liming of acidified forested catchments: Effects on humus morphology and functioning // *Appl. Soil Ecol.* 2012. Vol. 62. P. 81–87.

5. Мелецис В. П. Биоиндикационное значение коллембол (Collembola) при загрязнении почвы березняка – кисличника индустриальной кальцийсодержащей пылью // Загрязнение природной среды кальцийсодержащей пылью. Рига, 1985. С. 149–209.

6. Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург, 1994. 280 с.

7. Гонгальский К. Б., Филимонова Ж. В., Покаржевский А. Д., Бутовский Р. О. Различия реакции герпетобионтов и геобионтов на воздействие Косогорского металлургического комбината (Тульская обл.) // *Экология.* 2007. № 1. С. 55–60.

8. Wei H., Liu W., Zhang J., Qin Z. Effects of simulated acid rain on soil fauna community composition and their ecological niches // *Environmental pollution.* 2017. Vol. 220. P. 460–468.

9. Долгин М. М., Колесникова А. А., Конакова Т. Н., Таскаева А. А., Мелехина Е. Н. Почвенные беспозвоночные в индикации состояния хвойных лесов в районе выбросов Сыктывкарского лесопромышленного комплекса // *Теоретическая и прикладная экология.* 2012. № 3. С. 24–35.

10. Gardia C., Montanarella L., Arrouaysc D., Bispob A., Lemanceaud P., Jolivete C., Muldere C., Ranjardd L., Rombkef J., Rutgerse M. & Mentag C. Soil biodiversity monitoring in Europe: ongoing activities and challenges // *European journal of soil science.* 2009. Vol. 60. P. 807–819. doi: 10.1111/j.1365-2389.2009.01177

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ФАУНЕ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ оз. ОРЛОВСКОЕ (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Т. И. Кочурова¹, О. И. Кулакова²

¹ *Кировский городской зоологический музей, kochurovati@mail.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Не смотря на ряд вышедших в последние десятилетия публикаций, население водных беспозвоночных на территории Кировской области продолжает оставаться слабо изученным. В особой мере это относится к озерным экосистемам, которые пока остаются «белым пятном» в гидробиологии региона.

Орловское озеро – гидрологический памятник природы регионального значения – расположено в центральной части Кировской области на территории Кирово-Чепецкого района. Площадь водного зеркала 0,63 км², длина 550 м, ширина 350 м, глубина 5,5 м. Озерная котловина имеет карстово-суффозионное происхождение [1]. Интересной особенностью озера является то, что слой чистой воды составляет всего 1,5–2 метра, котловина почти полностью заполнена органическим илом – сапропелем, образование которого обусловлено разложением органических останков в присутствии притока ми-

нерализованных подземных вод [2]. Озеро окружено верховым болотом, вдоль берегов развита сплавина.

В июне 2018 г. на оз. Орловском был проведён отлов водных беспозвоночных. Пробы отбирали при помощи гидробиологического скребка вдоль южного заросшего сплавиной берега озера. Материал фиксировали 70% этиловым спиртом и обрабатывали в лаборатории с использованием микроскопа Микромед МС-5-ZOOM LED. Для идентификации организмов использовали определители [3–5]. Определение личинок стрекоз выполнено О. И. Кулаковой.

В результате обработки материалов в озере отмечены представители 25 таксонов видового и надвидового рангов, относящиеся к трем типам: Cnidaria (Кишечнополостные), Annelida (Кольчатые черви), Arthropoda (Членистоногие).

Таксономический состав водных беспозвоночных оз. Орловское
(июнь 2018 г.)

Название таксона
Класс Hydrozoa
Отряд Hydrida – Гидры
сем. Hydridae
<i>Hydra</i> sp.
Класс Oligochaeta – Малощетинковые черви (Олигохеты)
сем. Naididae sp.
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)
Класс Hirudinea – Пиявки
сем. Erpobdellidae
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758) – Малая ложноконская пиявка
Класс Arachnida – Паукообразные
Отряд Aranei – Пауки
<i>Argyroneta aquatica</i> (Clerck, 1757) – Паук-серебрянка
Отряд Acariformes – Клещи
Hydracarina – Водяные клещи
Класс Crustacea
Отряд Cladocera – Ветвистоусые ракообразные
Подкласс Sorepoda – Веслоногие ракообразные
Класс Insecta – Насекомые
Отряд Ephemeroptera – Подёнки
сем. Baetidae – Двукрылые подёнки
<i>Cloeon diptерum</i> Linnaeus, 1761
сем. Caenidae – Грязевые подёнки
<i>Caenis horaria</i> Linnaeus, 1758
Отряд Odonata – Стрекозы
сем. Lestidae – Лютки
<i>Lestes</i> sp. – Лютка зелёная
сем. Coenagrionidae – Стрелки
<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier, 1840) – Стрелка голубая
сем. Aeschnidae
<i>Aeschna juncea</i> (Linnaeus, 1758) – Коромысло голубое
<i>Ae. mixta</i> Latreille, 1805 – Коромысло смешанное

сем. Libellulidae – Стрекозы настоящие
<i>Sympetrum vulgatum</i> (Linnaeus, 1758) – Обыкновенная стрекоза
Отряд Hemiptera – Полужесткокрылые
сем. Naucoridae – Плавты
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (Linnaeus, 1758)
сем. Notonectidae – Гладыши
<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus, 1758
Отряд Trichoptera – Ручейники
сем. Hydroptilidae – Ручейники пухотелые
<i>Agraylea</i> sp. – Нитеедка
<i>Orthotrichia</i> sp.
<i>Tricholeiochiton fagesii</i> (Guinard, 1879)
Отряд Diptera – Двукрылые
сем. Chironomidae – Звонцы (Хирономиды)
п/сем. Chironominae n.det.
п/сем. Orthocladiinae n.det.
п/сем. Tanypodinae n.det.
сем. Ceratopogonidae n.det. – Мокрецы
сем. Dixidae – Земноводные комары
<i>Dixella</i> sp.

Большинство отмеченных организмов являются обычными для поверхностных водоемов Кировской области. К числу интересных находок можно отнести нимфу стрекозы коромысла смешанного *Aeschna mixta*. Вид лишь однажды регистрировался на территории Кировской области: осенью 2014 г. В. Н. Сотников и С. П. Решетников наблюдали лёт нескольких мужских и одной женской особи на прудах рыбхоза «Филипповка» (Кирово-Чепецкий р-н) [6]. По сведениям ряда авторов [7, 8] основной ареал обитания *Ae. mixta* на территории России располагается значительно южнее нашего региона. В то же время, представители данного вида несколько раз регистрировались в Республике Коми. Для фауны европейского Северо-Востока России *Ae. mixta* указан как редкий, локально распространённый вид [9]. Последняя находка подтверждает присутствие вида в Кировской области.

Ещё одним интересным фактом является обнаружение в оз. Орловском личинок ручейника *Tricholeiochiton fagesii*, который прежде в регионе не регистрировался. Вид относится к крупному семейству пухотелых ручейников, объединяющему мельчайших членов этого отряда. Представители вида *T. fagesii* обычно обитают в сильно заросших стоячих водоёмах.

Данная работа пополняет немногочисленные сведения о качественном составе водных беспозвоночных, населяющих озерные экосистемы в бассейне р. Вятки, а также содержит информацию для расширения перечня видового состава стрекоз и ручейников Кировской области. Приведенный в работе список водных беспозвоночных является далеко не полным для озера, т.к. исследовали только зарослевые сообщества в сплавиной части водоема. Состав гидробионтов может быть расширен при изучении других биотопов.

Литература

1. Энциклопедия Земли Вятской. Киров: Областная писательская организация, 1997. Т. 7. Природа. 607 с.
2. Ворончихин Е. И. По Вятскому краю. Путеводитель по примечательным объектам природы. Часть II. Киров: ГИПП «Вятка», 2000. 308 с.
3. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб.: Наука, 1997. Т. 3. 439 с.
4. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб.: Наука, 1999. Т. 4. 998 с.
5. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб.: Наука, 2001. Т. 5. 836 с.
6. Кочурова Т. И. Сотников В. Н. К вопросу о включении ряда водных беспозвоночных в перечень редких и нуждающихся в охране животных Кировской области // Материалы II городских науч.-практ. чтений памяти ученого-естествоиспытателя С. В. Маракова. Киров, 2016. С. 15–21.
7. Борисова Н. В., Бучинский П. М. *Aeshna mixta* Latreille, 1805 (Odonata: Anisoptera: Aeshnidae) – новый вид фауны Чувашии // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». Чебоксары: Государственный природный заповедник Присурский, 2017. Т. 32. С. 94–96.
8. Скворцов В. Э. Стрекозы Восточной Европы и Кавказа: Атлас-определитель. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 623 с.
9. Татаринцов А. Г., Кулакова О. И. Стрекозы. Фауна европейского Северо-Востока России. СПб.: Наука, 2009. Т. X. 213 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АККЛИМАТИЗИРОВАННОЙ СЕВАНСКОЙ ФОРЕЛИ (*SALMO ISCHCHAN*) В ЧАРВАКСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ УЗБЕКИСТАНА

А. К. Куватов, У. Т. Мирзаев

*Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан,
asqarquvatovxabb@mail.ru; umirzayev@gmail.com*

Чарвакское водохранилище является наиболее холодноводным и одним из крупных искусственных горных водоемов Узбекистана. Оно сооружено в верхнем течении р. Чирчик, на высоте 1800 м над уровнем моря в отрогах юго-западного Тянь-Шаня. Площадь водохранилища – 42 км², максимальный объем – 2 км³, средняя глубина – 40,6 м, максимальная – более 100 м. Водосборная площадь – около 10 тыс. км², расположена в горной области системы Таласского Алатау с его юго-западными отрогами на высотах 900–4500 м над у. м. [1].

В данной работе рассматривается воспроизводительная способность, темп линейного и весового роста севанской форели (*Salmo ischchan* Kessler, 1877) Чарвакского водохранилища. Материалом для данного сообщения служили рыбы, отловленные в 2018–2019 гг. из Чарвакского водохранилища. Сбор материала проводили в весенне-летний и осенний периоды по общепринятой методике [2]. Сбор и обработку чешуи проводили по методике Н. И. Чугунова [3]. Изучения созревания, плодовитости проводили общепринятыми методами [4].

Естественным ареалом севанской форели является оз. Севан [5, 6]. Севанская форель впервые была завезена в Чарвакское водохранилище Узбекистана 1973 году из оз. Иссыккуль (Кыргызстан) куда она была вселена в 1930–1936 гг. [7]. Форель в условиях Чар-

вакского водохранилища прижилась и стала размножаться как в самом водохранилище, так и впадающих реках.

В условиях Чарвакского водохранилища Севанская форель достигает половозрелости при длине тела 26,0–30,0 см и массе 350–430 г, на 3–4 году жизни. Самцы созревают на год раньше. Самки длиной 26,0–48,2 см и массой 350–1603 г имеют абсолютную плодовитость 1–3,9 тысяч икринок. Икринки крупные, диаметром 4–5 мм, неклеякие. Нерестилища расположены в основном во впадающих реках, а также, редко в прибрежной части в приустьевых зонах на участках с каменистым грунтом. Нерест проходит с конца октября по январь при температуре воды 3–10 °С. Коэффициент половой зрелости самок севанской форели перед нерестом в пределах от 9,2 до 16,3% массы тела (табл. 1).

Таблица 1

Абсолютная плодовитость и коэффициент зрелости севанской форели из Чарвакского водохранилища

Возраст, лет	Длина, см	Масса, г	Абсолютная плодовитость	Коэффициент зрелости, в %	Количество экз.
3+	26,0–30,0	350–430	1000–1825	9,2	4
4+	29,7–38,0	389–941	1163–1141	12,0	8
5+	40,2–45,0	1030–1423	1301–2542	16,3	6
6+	48,2	1603	3936	–	1

Как отмечает Ф. А. Турдаков [8] в Иссыккуле севанская форель-гегаркуни достигает 89 см длины и более 17 кг веса, тогда как в оз. Севан весьма редко попадаются особи в 60 см длиной и 4 кг весом. Данные о темпе линейного роста и массы севанской форели из Чарвакского водохранилища представлены в таблице 2.

Таблица 2

Линейный и весовой рост севанской форели из Чарвакского водохранилища (по эмпирическим данным)

Возраст, лет	Длина тела, см	Масса тела, г	Количество экз.
1+	16,0–19,7	75–118	11
2+	18,5–26,6	114–642	16
3+	24,5–38,7	328–850	10
4+	36,1–45,1	739–1063	13
5+	40,9–48,5	1225–2101	9
6+	46,0–51,6	1482–3671	4

Форель в Чарвакском водохранилище питается молодью маринки, востробрюшки, а также мелкими рыбами – гольцами, риногобиусами, псевдоразборой и др. Молодь питается личинками насекомых и бокоплавами. Упитанность составляет – 1,32–1,87.

Форель является ценным промысловым видом. Однако в Чарвакском водохранилище из-за невысокой численности их значение невелико. При этом условия водохранилища и впадающих рек благоприятны для форели, особенно в связи с возрастающей численностью стад сорных мелких рыб. Ос-

новным лимитирующим фактором является воспроизводство, которое ограничено неблагоприятным уровнем режимом, небольшими площадями нерестилищ, выеданием икры сорными рыбами. При обеспечении постоянного зарыбления водохранилища молодь форели можно быстро увеличить численность промышленного стада.

Литература

1. Никитин А. М. Водохранилища Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 164 с.
2. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. 4-е изд. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
3. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд. АН СССР, 1959. 163 с.
4. Спановская В. Д., Григораш В. А. К методике определения плодовитости единовременных и порционно икрметущих рыб // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. Вильнюс: Мокслас, 1976. Ч. 2. С. 54–62.
5. Фортунатов М. А. Форели Севанского озера // Тр. Севанск. гидробиол. ст., 1927. Т. 2. Вып. 2. 131 с.
6. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.-Л.: Изд-во АН СССР, Ч. 1. 1948. 466 с.
7. Аманов А. А., Холматов Н. М., Сибирцева Л. К. Акклиматизированные рыбы водоемов Узбекистана. Ташкент: Фан, 1990. 116 с.
8. Турдаков Ф. А. Рыбы Киргизии. Фрунзе: Изд-во АН Киргизской ССР. 1963. 284 с.

ЛАНДШАФТНО-ЗОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ФАУНЫ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA, RHOPALOCERA) КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Мазеева, О. И. Кулакова, А. Г. Татаринов
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, mazeeva@ib.komisc.ru

Значительную роль в понимании особенностей фауны той или иной территории играет её ландшафтно-зональная структура, т. е. соотношение видов с различным распределением по природным зонам, ландшафтам [1]. В отличие от ареалогического подхода, учитывающего исключительно географические границы распространения вида, ландшафтно-зональный подход опирается на распределение вида внутри ареала, выявлении в пределах распространения вида зоны его экологического «оптимума» [1, 2].

Кировская область располагается в пределах подзоны южной тайги, средней тайги на крайнем севере и хвойно-широколиственных лесах на крайнем юге. Это обуславливает присутствие в составе фауны многих суббореальных видов, у которых по территории области проходит северная граница ареала [2, 3].

Ландшафтно-зональная структура фауны булавоусых чешуекрылых Кировской области формируется четырьмя комплексами (рис.).

К **гипоарктическому комплексу** относят виды, оптимум которых находится в южной тундре, лесотундре, северной окраине тайги [2, 4]. В Кировской области он представлен относительно бедно (6%), в основном видами, характерными в условиях региона для болотных местообитаний. Их можно классифицировать на две группы: **гипоаркто-бореальную** и **севернобореальную**. К **гипоаркто-бореальной** группе относятся *Colias palaeno*, *Plebejus optilete*, *Clossiana eupomia*, *C. freija*, *Boloria aquilonaris* и *Coenonympha tullia*. Менее разнообразна **севернобореальная** группа, включающая только два вида сатирид: *Erebia embla* и *Oeneis jutta*.

Значительно шире представлен **лесной комплекс** (42%), в котором в региональной фауне можно выделить две группы: **суббореальная лесная** и **широко лесная**. Наиболее разнообразна **суббореальная лесная** группа, включающая виды с зоной экологического оптимума в смешанных и широколиственных лесах [2]. В частности *Parnassius mnemosyne*, *P. apollo*, *Iphiclides podalirius*, *Leptidea morsei*, *Thecla betulae*, *Quercusia quercus*, *Nordmannia ilicis*, *N. pruni*, *N. spini*, *N. w-album*, *Apatura ilia*, *A iris*, *Limenitis camilla*, *L. populi*, *Neptis rivularis*, *N. sappho*, *Nymphalis polychloros*, *N. vaualbum*, *N. io*, *Melitaea diamina*, *M. athalia*, *Argynnis laodice*, *A. paphia*, *Pararge aegeria*, *Lasiommata maera*, *L. megera*, *Lopinga achine*, *Coenonympha glycerion*, *C. hero*, *Erebia aethiops*, *Satyrus dryas*.

Виды, относящиеся к **широко лесной** группе, по интразональным местообитаниям проникают как в лесотундру и южную тундру на севере, так и лесостепи и степи на юге [2]. Это *Carterocephalus palaemon*, *C. silvicola*, *Leptidea sinapis*, *Anthocharis cardamines*, *Aporia crataegi*, *Gonopteryx rhamni*, *Callophrys rubi*, *Celastrina argiolus*, *Aricia nicias*, *Nymphalis antiopa*, *N. xanthomelas*, *Polygonia c-album*, *Araschnia levana*, *Euphydryas maturna*, *Clossiana euphrosyne*, *C. selene*, *C. thore*, *C. titania*, *Brenthis ino*, *Lasiommata petropolitana*, *Erebia euryale*, *E. ligea*.

Степной комплекс (5%) в связи с небольшим количеством составляющих его видов рассматривался нами как единый комплекс без выделения групп. К этому комплексу относятся *Pontia chloridice*, *Colias chrysotheme*, *Aricia agestis*, *Melitaea trivialis*, *Melanargia galathea*, *Melanargia russiae*, *Chazara briseis*. Они связаны преимущественно с остепненными участками, которые встречаются в южных районах региона и не являются характерными для растительности области. Надо отметить, что продвижение многих степных видов

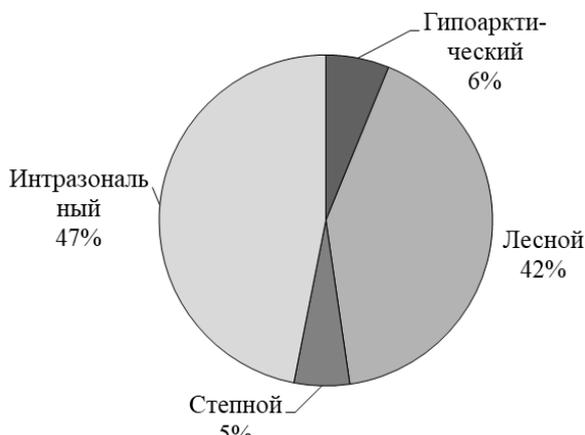


Рис. Удельный вес ландшафтно-зональных комплексов булавоусых чешуекрылых Кировской области

с юга на север в основном связано с антропогенными местообитаниями, где присутствует кормовая база для личиночной стадии бабочек.

Наиболее многочисленным на исследуемой территории является **интразональный комплекс** (47%), что объясняется тенденцией булавоусых чешуекрылых заселять интразональные открытые пространства, в условиях лесной зоны луга различных типов. В фауне *Rhopalocera* Кировской области выделяются три группы этого комплекса: суббореальная интрастенозональная, температурная интрастенозональная и интраполизональная.

К **суббореальной интрастенозональной** группе, по классификации Ю.И. Чернова [5], относятся виды, связанные с интразональными сообществами одной или нескольких природных зон, их экологический оптимум наблюдается в широколиственных и смешанных лесах, лесостепи. К этому комплексу относятся *Erynnis tages* (колл. С.П. Решетников), *Carcharodus alceae*, *C. flocciferus*, *Pyrgus alveus*, *P. carthami*, *Pyrgus malvae*, *P. serratulae*, *Ochlodes sylvanus*, *Thymelicus lineola*, *Th. sylvestris*, *Euchloe ausonia*, *Pontia daplidice*, *Colias crocea*, *C. hyale*, *C. myrmidone*, *Lycaena alciphron*, *L. dispar*, *L. tityrus*, *Cupido osiris*, *C. alcetas*, *C. argiades*, *Scolitantides orion*, *Glaucopsyche alexis*, *Maculinea alcon*, *M. arion*, *M. teleius*, *Polyommatus coridon*, *Melitaea cinxia*, *M. didyma*, *M. phoebe*, *Clossiana dia*, *C. selenis*, *Brenthis daphne*, *Issoria lathonia*, *Argynnis niobe*, *Coenonympha arcania*, *C. pamphilus*, *Aphantopus hyperantus*, *Maniola jurtina*, *Hyponephele lycaon*.

Температурная интрастенозональная группа включает преимущественно луговые виды с широким экологическим оптимумом в суббореальном и бореальном климатических поясах [2]. К ней относятся *Hesperia comma*, *Pieris brassicae*, *P. rapae*, *Lycaena helle*, *L. hippothoe*, *L. phlaeas*, *L. virgaureae*, *Cupido minimus*, *Plebejus argus*, *P. idas*, *Aricia artaxerxes*, *A. eumedon*, *Polyommatus amandus*, *P. icarus*, *P. semiargus*, *Nymphalis urticae*, *Argynnis adippe*, *A. aglaja*.

Интраполизональная группа немногочисленна и включает четыре вида – *Papilio machaon*, *Pieris napi*, *Vanessa atalanta*, *Vanessa cardui* – связанных с интразональными и антропогенными сообществами и встречающимися без значительных колебаний численности от полупустынь и степей до лесотундры и южной тундры [2].

Таблица

Ландшафтно-зональная структура фауны *Rhopalocera* Кировской области

Названия строк	Papilionidae	Pieridae	Lycaenidae	Nymphalidae	Satyridae	Hesperiidae	Всего видов
1	2	3	4	5	6	7	8
Гипоарктический комплекс		1	1	3	3		8
гипоаркто-бореальная		1	1	3	1		6
севернобореальная					2		2

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Интразональный комплекс	1	8	24	13	5	11	62
суббореальная интра-стенозональная		5	12	8	5	10	40
температная интрастенозональная		2	12	3		1	18
интраполизональная	1	1		2			4
Лесной комплекс	3	5	9	23	11	2	53
суббореальная лесная	3	1	6	13	8		31
широко лесная		4	3	10	3	2	22
Степной комплекс		2	1	1	3		7
<i>Всего видов</i>	4	16	35	40	22	13	

Виды интразонального комплекса преобладают (табл.) в семействах *Lycaenidae*, *Hesperiidae* и *Pieridae*, виды лесного комплекса – в семействе *Papilionidae* и нимфалоидных семействах (*Nymphalidae* и *Satyridae*). Виды гипоарктического и степного комплексов вносят свой вклад в общую структуру фауны, но ни в одном из семейств не преобладают.

Соотношение ландшафтно-зональных групп в разных семействах *Rhopalocera* также различно (табл.). Так, преобладающая в сем. *Pieridae* и *Hesperiidae* суббореальная интрастенозональная группа интразонального комплекса, в сем. *Lycaenidae* представлена одинаково с температной интрастенозональной группой этого же комплекса (12 видов каждая). Суббореальная лесная группа, превалирующая над широко лесной в большинстве семейств, где они обе встречаются (т.е. кроме *Papilionidae* и *Hesperiidae*), в сем. *Pieridae* уступает ей в четыре раза.

Гипоарктический комплекс сложен в основном видами семейств *Nymphalidae* и *Satyridae*, в интразональном преобладают сем. *Lycaenidae*, количество которых почти в два раза превышает количество сем. *Nymphalidae*, в интразональном лидируют нимфалоидные семейства (*Nymphalidae* и *Satyridae*), а виды степного комплекса к основному относятся к семейству *Satyridae*.

Литература

1. Кулакова О. И., Татаринов А. Г. Ландшафтно-зональная структура фауны булавоусых чешуекрылых Большеземельской Тундры // Вестник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2006. № 9. С. 18–20.
2. Татаринов А. Г. География дневных чешуекрылых европейского Северо-Востока России. М.: КМК, 2016. 350 с.
3. Львовский А. Л., Моргун Д. В. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы. М.: КМК, 2007. 443 с.
4. Чернов Ю. И. Структура животного населения Субарктики. М., 1978. 167 с.
5. Чернов Ю. И. Природная зональность и животный мир суши. М.: Мысль, 1975. 222 с.

ОБЫКНОВЕННАЯ ПОЛЕВКА И ЕЕ РОЛЬ В РАСПРОСТРАНЕНИИ АНТРОПОЗООНОЗОВ

О. В. Масленникова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
olgamaslen@yandex.ru*

Урбанизация территорий, антропогенное воздействие на окружающую среду изменяют условия существования как животных, так и растений. Прямым следствием таких воздействий становится сокращение видового состава биоты, при этом численность некоторых представителей, приспособившихся к новым условиям жизни, может достичь высоких пределов, что способствует расселению данного вида. Одним из таких пластичных видов оказалась полевка обыкновенная. В настоящее время, согласно новым генетическим методам исследования, выделяют 2 вида обыкновенных полевок, внешне совершенно неотличимых друг от друга – одна имеет 46 хромосом (полевка обыкновенная *Microtus arvalis*), другая – 54 (*Microtus rossiaemeridionalis*, восточноевропейская полевка). Какой из этих видов обитает на территории Кировской области неясно, так как генетических исследований не проводилось.

Исследовано 176 представителей мышевидных грызунов на селитебных территориях Кировской области. Исследования проводились методом биологического и гельминтологического вскрытия. С грызунов снимали необходимые промеры, взвешивали, определяли пол, массу и состояние гонад. Методом последовательных смывов и компрессорным методом изучали паразитических червей. У всех представителей мелких млекопитающих проводили трихинеллоскопию.

Всего зарегистрировано 10 видов мышевидных грызунов, обитающих на селитебных территориях, исключая синантропные виды (мышь домовая и серая крыса) – 8. Среди них обыкновенная полевка составляет 28,3%, что свидетельствует о явном доминировании ее среди других представителей мелких млекопитающих. Средняя длина тела полевки обыкновенной равна $8,9 \pm 0,6$ см, длина хвоста $2,9 \pm 0,4$ см. Средняя масса молодых особей полевки обыкновенной составляет $12,9 \pm 0,8$ г, а взрослых $26,5 \pm 5,4$ г.

У полевки обыкновенной из 32 отловленных зверьков 15 – молодые (46,9%) и 17 взрослые (53,1%), из них 12 самки (37,5%) и 20 самцов (62,5%). У самок на матке зарегистрировано от 3 до 12 плодных пятен, в среднем $5,9 \pm 0,9$. У самки, отловленной в августе 2018 г., из 12 эмбрионов 6 находились на стадии резорбции. В течение вегетационного периода самка успевает оставить 2 помета, изредка 3, особенно в последние три года, сопровождавшиеся довольно прохладным летом. В итоге численность мышевидных в текущем сезоне резко снизилась. Осенью к размножению приступают молодые самки. Как правило, в среднем поздне-летний помёт полевки в количественном отношении уступает первому.

Масса одного семенника взрослых самцов в летний период достигала 191 ± 16 мг. Минимальные значения этого показателя зарегистрированы у молодых самцов, приступивших к размножению, – 150 мг и максимальные у взрослых самцов – 269 мг.

У исследованных микромаммалий нами зарегистрировано 20 видов паразитических червей, относящихся к трем классам: *Trematoda*, *Cestoda*, *Nematoda*, 14 из них впервые регистрируются на территории Кировской области. Данные виды паразитических червей добавились к общему списку паразитических червей, зарегистрированных нами ранее [1]. Трихинеллез нами у грызунов не выявлен. Всего у полевки обыкновенной нами зарегистрировано 9 видов паразитических червей, что на треть больше, чем у рыжей полевки. Данный факт можно объяснить тем, что являясь инвазивным видом, полевка обыкновенная имеет общие виды паразитических червей с рыжей полевкой и домовою мышью. Лишь один вид является узко специфическим и присущ лишь полевке обыкновенной – это *Syphacia nigeriana*. Как мы установили, каждому виду грызунов присущ свой вид сифаций [2], что соответствует данным других авторов, в частности Т. Генов [3] считает, что *S. nigeriana* паразитирует у полевок рода *Microtus*, проявляя узкую гостальную специфичность.

Общий процент заражения полевки обыкновенной гельминтами составил 77,3%. Первоначально мы выяснили, что обыкновенная полевка может участвовать в трех антропоозонозах: аляриозе, стробилоцеркозе и гименолепидозе [4]. В настоящее время установлено, что количество антропоозонозов, в которых участвует обыкновенная полевка, увеличилось до 5, добавились сифациоз и токсокароз.

Аляриоз вызывается личиночной стадией трематоды (мезоцеркарием) *Alaria alata*. Грызуны, как и кабаны в этом случае выступают в качестве резервуарных хозяев. Поедая тех же грызунов кабаны и свиньи накапливают в себе мезоцеркарии алярий. Заражаться мезоцеркарным аляриозом также может человек, употребляя мясо свиней и кабанов без недостаточной термической обработки [5,6].

Стробилоцеркоз – это заражение личиночной стадией цестоды *Hydaticera taeniaeformis* – *Strobilocercus fasciolaris*. [7]. Они являются возбудителями соответственно гидатигероза (тениоза) и стробилоцеркоза животных и человека. В данном антропоозонозе окончательным хозяином являются кошки, которые поедая грызунов, заражаются гидатигерозом, а в дальнейшем распространяют яйца тений. Человек может заразиться через грязные руки яйцами цестоды.

Гименолепидоз – гельминтоз человека и некоторых мышевидных грызунов. Его могут вызывать карликовый и крысиный цепни. Мы крысиного цепня обнаружили у серой крысы и полёвки обыкновенной. У пяти полевок обыкновенных из 32 в кишечнике найдены цестоды *Hymenolepis diminuta* длиной до 27,7 см, экстенсивность заражения составила 18%, индекс обилия – 0,172. Заражение происходит в основном через грязные игрушки, предметы

обихода, продукты питания (при употреблении недостаточно пропечённого хлеба и других мучных изделий, зараженных хрущакком). Переносчиками гименолепидоза могут быть и мухи. Возбудитель может проходить все стадии в одном организме человека, мыши или крысы, а также с участием промежуточного хозяина – насекомого (блоха, хрущак и др.) Во внешней среде яйца быстро погибают при высушивании, при высокой температуре, а при комнатной живут 3-4 суток, при обработке известью, карболовой кислотой в обычных концентрациях яйца погибают через 30 минут [8].

Сифациоз. Сифации грызунов внешне, по строению и по образу жизни похожи на человеческую острицу – *Enterobius vermicularis*, вызывающую заболевание энтеробиоз. Человек может заразиться сифациями при проглатывании яиц гельминта с загрязненной пищей, через грязные руки. У обыкновенной полевки мы регистрировали высокую интенсивность инвазии данной нематодой до 144 экз.

Токсокароз. Полевка обыкновенная является резервуарным хозяином токсокар. Поедая грызунов, кошки заражаются токсокарозом, а выделяя во внешнюю среду яйца токсокар, могут быть источником токсокароза у человека. Токсокароз особенно опасен для детей, может вызвать бронхопневмонию, слепоту, поражение печени и другие заболевания.

Таким образом, полевка обыкновенная заняла свою экологическую нишу на селитебных территориях Кировской области. Из 20 видов гельминтов грызунов – 9 обнаружены у данного вида, пять из которых могут участвовать в антропоознозах: аляриозе, стробилоцеркозе, гименолепидозе, сифациозе и токсокарозе.

Литература

1. Масленникова О. В. Гельминты диких животных на северо-востоке Европейской части России. Lambert Academic Publishing – Saarbrücken, 2013. 153 с.
2. Масленникова О. В., Ерофеева В. В., Пухляк В. П. Сифациоз грызунов и его эколого-эпидемиологическое значение // Фундаментальные исследования. 2014. № 9. (часть 7). С. 1542–1544.
3. Генов Т. Хелминти на насекомоядните бозайници и гризачите в България. София: Изд-во на Българската Академия на Науките, 1984. 348 р.
4. Ерофеева В. В., Масленникова О. В. Обыкновенная полевка (*Microtus arvalis*) и ее роль в поддержании зоонозов на урбанизированных территориях в Вятско-Камском междуречье // Современные научные исследования. Вып. 1. Концепт. 2013. ART 53464. URL:<http://e-koncept.ru/article/837/>.
5. Ястреб В. Б., Горохов В. В., Шестаков А. М. К обнаружению мезоцеркариев трематоды *Alaria alata* в крови домашних собак и кошек // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2005. № 4. С. 48–51.
6. Масленникова О. В. Аляриоз кабанов в Кировской области // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: Материалы докл. науч. конф. М., 2013. Вып. 1. С. 235–237.
7. Масленникова О. В. Гидатигероз (стробилоцеркоз) и его опасность для человека на урбанизированных территориях // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ООО изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 217–220.

8. Масленникова О. В., Жданова О. Б., Ашихмин С. П. Биозкологическое значение гименолепидоза, распространение и борьба с ним // Экологические проблемы промышленных городов: Сб. науч. тр. под ред. Т. И. Губиной. Саратов, 2009. Ч. 2. С. 170–171.

РОЛЬ ПСОВЫХ В ЦИРКУЛЯЦИИ АНТРОПОЗООНОЗОВ НА СЕВЕРЕ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

О. В. Масленникова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
olgamaslen@yandex.ru*

Хищные млекопитающие из семейства Canidae имеют широкое распространение на севере Нечерноземья как в диких биоценозах (*Canis lupus*), так и на селитебных территориях, особенно в городах (*Canis familiaris*). Высокая численность псовых имеет большое эпизоотологическое и эпидемиологическое значение, т.к. происходит биологическое загрязнение окружающей среды. У волка в Кировской области зарегистрировано 15 видов паразитических червей [1, 2], у собаки – 10 [3, 4]. Практически все паразиты волка и собак опасны для здоровья сельскохозяйственных животных и человека.

Методом биологического исследования, а также полного и неполного гельминтологического вскрытия было исследовано 97 волков, 28 собак, 111 диких копытных (лось, кабан), кроме того, на диагностику личинок дифилярий исследована кровь более 280 собак. Рассчитывалась экстенсивность и интенсивность инвазии.

У волка нами зарегистрирована цестода *Echinococcus granulosus*. Эхинококкоз – серьезная социально-экономическая и экологическая проблема. Цистный эхинококкоз – паразитарное заболевание человека и животных, вызываемое эхинококковыми пузырями – личиночной стадией ленточного червя *Echinococcus granulosus*. Паразитирует у большого круга хозяев (более 60 видов) и у человека, нанося непоправимый вред здоровью людей и причиняя большой экономический ущерб животноводству. Окончательными (дефинитивными) хозяевами паразита являются псовые, промежуточными – копытные и человек. У человека паразиты локализуются в самых различных органах и тканях, включая печень, легкие, головной мозг, сердце, позвоночник и др., вызывают тяжелые осложнения и могут быть причиной смерти. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в сотрудничестве с другими Международными организациями (ФАО, ЮНЕП) рассматривают эхинококкоз как из наиболее актуальных медико-санитарных проблем.

Эхинококкоз распространяют в синантропных очагах в основном собаки, а в дикой природе – волки. При исследовании нами в первый период 54 волков половозрелые цестоды обнаружены у 25,9% хищников, интенсивность инвазии – 8518 ± 3786 (15–41200) экз. Волки исследованы из 13 районов области, в шести районах у волков выявлена данная цестода: Оричевском, Белохолуницком, Котельничском, Зуевском, Фаленском, Юрьянском. Очаг

эхинококкоза сформировался в Оричевском районе, где из 19 волков зараженных было 10 или 52,6%. В других районах выявлено по 1 случаю заражения волка, причем один инвазированный волк был добыт на границе двух районов – Зуевского и Фаленского. Во второй период исследований половозрелые эхинококки также были обнаружены только у волков. Было исследовано 43 волка из Слободского, Мурашинского, Подосиновского, Богородского, Котельничского, Свечинского, Фаленского, Оричевского, Нагорского районов и окрестностей г. Кирова (Бахта). *E. granulosus* обнаружены у волков в 5 районах области (Нагорском, Оричевском, Свечинском, Подосиновском и Мурашинском) и окрестностях г. Кирова (Бахта). Экстенсивность инвазии составила 33,3%, интенсивность инвазии снизилась. Максимальное количество эхинококков (1,3 тыс. особей) было зарегистрировано лишь однажды в Подосиновском районе. В целом интенсивность инвазии во второй период исследований снизилась и в среднем составила 211 экз. В Подосиновском районе из 11 волков 6 были заражены цестодами эхинококков (54,5%). В Оричевском районе количество зараженных волков снизилось – из 10 исследованных заражен только 1 волк (10%) с низкой интенсивностью инвазии (15 экз.).

Циркуляция эхинококкоза в природе происходит путем трофических связей между хищными животными сем. *Canidae* и копытными. В Кировской области промежуточным хозяином цистого эхинококкоза в природе нами установлен лось (*Alces alces* L.). Как и у крупного рогатого скота у лося в большинстве случаев были поражены легкие, иногда печень. Лоси с пораженными легкими были добыты в районах, где около 50% волков были поражены *E. granulosus*: Оричевском (2 лося) и Подосиновском (4 лося).

В синантропных очагах цистный эхинококкоз регистрируется у сельскохозяйственных животных и человека. По данным ветслужбы Кировской области в 2000 г. у крупного рогатого скота было зафиксировано 198 случаев, у свиней – 105. В последние годы регистрируются единичные случаи.

Люди заражаются эхинококком при употреблении пищи, загрязненной яйцами гельминтов, зелени, овощей, ягод, а также при общении с инвазированными собаками. У людей и сельскохозяйственных животных при этой болезни поражаются печень, легкие, селезенка, головной мозг и даже кости. Эхинококковые пузыри давят на органы, разрушают ткани органов, в которых они локализуются и приводят их к перерождению. Пузыри эхинококка растут годами, объем органов значительно увеличивается, они теряют свои физиологические функции. Больные люди пожизненно остаются инвалидами, возможен летальный исход. У животных падает продуктивность, они истощаются и погибают [5].

Возбудителем альвеококкоза является ленточный червь *Echinococcus multilocularis*. У людей, случайно заразившихся *E. multilocularis*, развивается смертельно опасная болезнь – альвеолярный эхинококкоз, которая встречается в настоящее время чаще, чем бешенство. У человека поражается почти исключительно печень, вызывает летальный исход примерно у 90% больных в течение 10 лет после постановки диагноза [6].

Впервые в мире альвеококкоз у человека был описан в Кировской области. В дикой природе источник альвеококкоза в Кировской области был впервые выявлен нами у лисицы в 1997 г. [2], а в 2006 г. – у молодого волка из Юрьянского района в 40 км от г. Кирова [1]. Зараженность альвеококком у волка составила 1,03% при интенсивности инвазии более 10 тыс. экз.

Личинки трихинелл в мышцах выявлены нами у волков и бродячих собак. Экстенсивность инвазии у волка составила 66,7%. Взрослый волк, зараженный личинками трихинелл, имея мышечную массу 21 кг, аккумулирует более полумиллиона личинок. Для снятия шкуры тушу волка часто привозят в населенный пункт, или оставляют в угодьях. В любом случае происходит распространение личинок трихинелл: в синантропном очаге или природном.

В распространении трихинеллеза большую роль играют бродячие собаки. При исследовании трех бродячих собак у двух были обнаружены личинки трихинелл. Одна из них серого окраса отстреляна в угодьях Верхошижемского района и была принята охотниками за молодого волка, а оказалась старой собакой. В 1 г мышц у нее было обнаружено 258 личинок трихинелл. Зараженная личинками трихинелл собака была обнаружена нами в желудке волка. У самого волка личинок трихинелл в мускулатуре не было.

В 2000 г. областной санэпидстанцией был зарегистрирован случай заражения трихинеллами 5 человек через мясо бродячей собаки. Заразились 2 семьи из Слободского района. В 2006 г. зарегистрирован второй случай заражения человека трихинеллезом через мясо бурого медведя.

Охотники по своей халатности, безответственности и неграмотности в отношении болезней диких животных являются распространителями трихинеллеза среди диких животных в природе и заносят возбудителей трихинеллеза в населенные пункты. Туши добытых пушных зверей без предварительной термической обработки скармливают свиньям, собакам, кошкам. Нередко они выбрасывают тушки зверей на свалки возле населенных пунктов. На свалках много крыс и других грызунов, которые могут занести этих паразитов в свинарники.

Туши волков, лисиц, оставленные охотниками в угодьях после снятия шкуры, поедают кабаны и вышедшие из берлоги медведи, а также многие другие звери (куньи), их расклеывают птицы, едят грызуны. Охотники используют добытых зверей на приваду. Звери, поедая падаль, туши зверей, оставленные охотниками, постепенно накапливают личинки трихинелл, поэтому количество зараженных ими диких животных будет увеличиваться.

Таким образом, по вине охотников в природной среде устойчиво поддерживается очаг трихинеллеза. У охотников повышается риск добычи трихинеллезного медведя или кабана.

В 2008 г. началась регистрация дирофиляриоза у жителей Кировской области. В 2013 г. в синантропном очаге у собак выделено 2 возбудителя заболевания: *Dirofilaria immitis* и *Dirofilaria repens*. Экстенсивность инвазии по данному заболеванию у служебных собак составила 30,5%, у квартирных собак – 12,8% [4]. При дальнейших исследованиях процент зараженных квар-

тирных собак возрос до 16,0%, у служебных он остался примерно на том же уровне.

В 2008 г. практически одновременно были зарегистрированы два случая обращения в офтальмологическую больницу: у женщины, проживающей в Нововятске и у мужчины из Котельничского района. В последующие годы в Кировской области ежегодно регистрировалось по 2–4 случая дирофиляриоза. Во всех случаях при оперативном лечении были извлечены нематоды *Dirofilaria repens*. Установлено, что заражение происходило на территории области через укусы кровососущих комаров. Все случаи заражения свидетельствуют о наличии местного очага дирофиляриоза.

В жизненном цикле дирофилярий собака – дефинитивный хозяин и источник распространения инвазии. Комары рода *Aedes*, *Culex* и реже рода *Anopheles* являются промежуточными хозяевами зооноза. У волков пока данная нематода не выявлена.

На севере Нечерноземья в пределах Кировской области у псовых выявлено 4 антропозооноза. У волка зарегистрировано три из них: эхинококкоз, альвеококкоз и трихинеллез; у собак – два: трихинеллез и дирофиляриоз.

Литература

1. Масленникова О. В. Обнаружение *Echinococcus multilocularis* (Leuckart, 1863) у волка и лисицы в Кировской области // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. М., 2007. Вып. 8. С. 210–212.
2. Масленникова О. В. Гельминты диких животных на северо-востоке Европейской части России. Lambert Academic Publishing – Saarbrücken, 2013. 153 с.
3. Жданова О. Б., Калужских Т. И., Ашихмин С. П., Масленникова О. В., Распутин П. Г., Мутошвили Л. Р. Гельминтозы собак Кировской области и биобезопасность окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 3. С. 49–53.
4. Бякова О. В., Масленникова О. В., Ермолина С. А. Дирофиляриоз собак в Кировской области // Фундаментальные исследования. 2014. № 11. (часть 6). С. 1297–1300.
5. Хазиев Г. З. Основные принципы профилактики гельминтозоантропонозов, распространяемых плотоядными // Современные вопросы ветеринарной и медицинской биологии: Сб. науч. тр. по материалам I междунар. конф. Уфа, 2000. С. 314–317.
6. Eckert Johannes. Der «Kleine Fuchsbandwurm» (*Echinococcus multilocularis*) – eine persistieren – de Gefahr für den Menschen // Vierteljahresschr. Naturforsch. Ges. Zurich. 1998. 143. No. 2. S. 57–66.

РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ И УПИТАННОСТЬ АРАЛЬСКОЙ ПЛОТВЫ (*RUTILUS RUTILUS ARALENSIS*) оз. ТУЗКАН АЙДАР-АРНАСАЙСКОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕР

С. М. Намозов

*Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан,
sirojiddin.namozov.90@mail.ru*

Плотва (*Rutilus rutilus aralensis* Berg, 1916) широко распространенная и наиболее многочисленная рыба в водоемах Узбекистана [1, 2]. В большом ко-

личестве встречается в Айдар-Арнасайской системе озер (ААСО) в том числе в озере Тузкан. Эта небольшая рыба составляет самый многочисленный вид рыб, и часто представляет собой основную биомассу всей ихтиофауны водоема. Однако, в связи с малыми размерами и коротким жизненным циклом, плотва относится к числу малоценных рыб, хотя и составляет значительную часть уловов. По этим причинам, а также по тому значению, какое плотва имеет в наших естественных водоемах, она заслуживает гораздо большего внимания, чем многие другие, более ценные рыбы.

В статье приводятся результаты исследования размерно-возрастного состава, степени жирности и упитанности аральской плотвы оз. Тузкан Айдар-Арнасайской системы озер.

Сбор материала проводили в октябре 2018 и в январе 2019 гг. с помощью ставных сетей (с ячейей 15–50 мм). Величина выборки составила 51 экз. Обработку и анализ собранного материала проводили по общепринятым ихтиологическим методам [3]. При исследовании материала измеряли следующие параметры: длина тела (мм), общая масса тела (г), степень жирности (по пятибалльной шкале Прозоровской). Возраст определяли по чешуе [4]. Для выявления характера питания рассчитывались коэффициент упитанности Фультона, связанный с линейными размерами и возрастом рыб. Средняя глубина озера в месте лова составляла 3,0 м, максимальная 6,7 м, переход глубин плавный. Прозрачность воды – 120–470 см по диску Секки. Доминантный комплекс состоял из погруженных растений (гидатофитов) и был представлен рдестами (*Potamogeton crispus*, *P. pectinatus*, *P. perfoliatus*), урутью (*Myriophyllum spicatum*) и роголистником (*Ceratophyllum submersum*), наибольшего развития и разнообразия среди которых достигали рдест курчавый и рдест гребенчатый. С невысоким обилием были отмечены рдест пронзеннолистный (*P. perfoliatus*). На мелководьях встречались представители рода *Chara*. Из полупогруженных наиболее широко распространенными видами являлись тростник обыкновенный (*Phragmites communis*) и рогоз узколистый (*Typha angustifolia*).

Аральская плотва достигает половозрелого состояния в оз. Тузкан в возрасте 2–3 лет при длине тела 10–11 см и массе 30–45 г. Размерно-возрастная характеристика, а также средние показатели степени жирности и коэффициента упитанности отражены в таблице.

Итак, у самок с возрастом увеличивается показатель жирности (от 1 до 2,78), и степень упитанности (от 1,9 до 2,31), что может говорить о возрастном расширении их кормовой базы и более интенсивной подготовке к нересту старших особей.

Плотва, питаясь в значительной мере бентосом, является конкурентом в этом плане лещу и другим ценным бентософагам, поэтому в водоемах, где обитают последние, численность плотвы нужно всемерно ограничивать. Кроме того, при определенных условиях плотва может поедать икру и личинок рыб, чем снижает их численность.

Таблица

Размерно-возрастной состав и характеристики аральской плотвы оз. Тузкан

Возраст, лет	Средняя длина, мм	Средняя степень жирности	Средний коэффициент упитанности	Число особей
Самцы				
2+	88,25	1	2,22	6
3+	119,60	1,14	2,06	7
4+	138,79	1,88	2,04	9
5+	163,35	2,5	2,31	6
Самки				
3+	121,73	1	1,9	6
4+	136,95	1,67	2,20	8
5+	158,61	2,78	2,31	9

У самцов с возрастом степень жирности также увеличивается (от 1 до 2,5) а показатель степени упитанности изменяется неравномерно (у двухлетних особей – 2,22, у трехлетних снижается до 2,06, у четырехлетних – до 2,04, а у пятилетних возрастает до 2,31), из чего можно сделать вывод о более активном питании молодых особей в связи с интенсивным ростом, и интенсивном питании взрослых самцов при подготовке к нересту.

При сравнении самцов и самок каждого возраста t-test подтвердил достоверные различия степени жирности ($t = -2,31979$, $p < 0,05$) между четырехлетними особями, что связано с более интенсивным питанием и ростом самок в связи с подготовкой к нересту.

По соотношению возраста (определенного по чешуе) и опираясь на литературные данные, можно сказать, что линейные размеры и масса тела находятся в пределах нормы варьирования. Таким образом, можно сделать вывод, что плотва исследуемого участка характеризуется средним темпом роста, имеет достаточное обеспечение кормовыми ресурсами, нормально питается и развивается.

Литература

1. Камилов Г. К. Рыбы водохранилищ Узбекистана. Ташкент: Фан, 1973. 234 с.
2. Аманов А. А. Экология рыб водоемов юга Узбекистана и сопредельных республик. Ташкент: Фан, 1985. 161 с.
3. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: «Пищевая промышленность», 1966. С. 163–179.
4. Чугунова Н. И. Методика изучения возраста и роста рыб. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1959. 167 с.

СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ ЛЕЩА (*ABRAMIS BRAMA*) В р. МЁША

Л. В. Новикова, А. Р. Гайсин, Н. Ю. Степанова
Казанский (Приволжский) федеральный университет, *ljudmila_88@list.ru*

Рыбы как завершающее звено трофической цепи водоемов, накапливая элементы в наиболее опасной биодоступной форме, позволяют качественно оценить содержание элементов в водных объектах. Особую важность ихтиомониторингу придает тот факт, что рыба является продуктом питания человека и безопасное содержание загрязняющих веществ в ее тканях и органах представляет интерес с точки зрения охраны здоровья населения [1–7].

Целью работы была оценить содержание элементов в тканях и органах леща (*Abramis brama*), обитающего в устьевой части реки Мёша и его потенциальную опасность для здоровья при употреблении населением.

Объект исследования – устье реки Мёши. Площадь водосбора реки составляет 4180 км², средняя плотность речной сети – 0,35 км/км².

Для исследования использовали 17 образцов леща (*Abramis brama*) возрастом от 6 до 9 лет. Возраст рыб определялся по чешуе и спилам лучей грудного плавника [8]. Оценка содержания элементов (Fe, Mn, Al, Zn, As, Cu, Cr, Pb, Ni, Cd) в тканях и органах рыб проводили атомно-эмиссионным спектральным методом с индуктивно связанной плазмой на приборе ICPE-9000 после мокрого озоления [9]. Для анализа использовались жабры, печень и мышцы [10].

Индекс загрязнения металлов, показывающий валовое накопление металлов в жизненно-важных органах, рассчитывали по уравнению (1) [5]:

$$MPI = (Cf_1 \cdot \dots \cdot Cf_n)^{1/n} \quad (1)$$

Коэффициент биоаккумуляции BAF по уравнению (2):

$$BAF = Cf / Cw \quad (2)$$

где Cf – концентрация металлов в рыбе (мг/кг), Cw – концентрация металлов в воде (мг\л).

Оценочный коэффициент потенциальной опасности, рассчитывали по формуле (3) [11]:

$$THQ = (M_c \cdot IR \cdot 10^{-3} \cdot EF \cdot ED) \cdot (R_f D \cdot BW \cdot AT_n)^{-1} \quad (3)$$

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica 8.0, дисперсионный анализ – с использованием критерия Kruskal-Wallis; оценку различий между выборками проводили по критерию Mann-Whitney U, тесноту связи признаков по коэффициенту ранговой корреляции Спирмена.

Полученные результаты показали, что наиболее эффективно элементы: Al, Cd, Mn, Ni накапливаются в печени и жабрах; содержание As, Cu, Fe, Pb и Zn достоверно выше в печени (табл. 1). По мере уменьшения содержания элементы выстраиваются в ряд:

мышечная ткань: **Fe>Zn-Al>As-Mn>Cu>Cr>Pb-Ni**;

жаберный аппарат: **Fe>Al>Zn>Mn-As>Cu>Cr-Pb-Cd-Ni**;

печень: **Fe>Zn>Al-As-Cu>Mn>Pb>Cr-Cd-Ni**.

Накопление Fe, Al и Zn связано как с естественными причинами (особенностями миграции и трансформации в водной среде), так и с физиологическими потребностями. Накопление Mn обусловлено геохимическими особенностями региона. Невысокое содержание токсичных элементов, свидетельствует о низком антропогенном воздействии в бассейне реки.

Таблица 1

Содержание элементов в тканях и органах леща (мг/кг)

	Мышцы	Печень	Жабры
Al	12,38±2,271	39,62±11,99	53,99±6,29
As	4,63±0,53	29,08±3,46	8,85±1,54
Cr	0,55±0,13	0,38±0,13	0,46±0,05
Cd	—*	0,27±0,10	0,24±0,12
Cu	1,03±0,09	22,34±3,34	3,09±0,29
Fe	26,82±2,35	513,24±33,59	340,68±21,53
Mn	3,69±0,48	8,19±0,92	7,52±0,60
Ni	0,12±0,05	0,19±0,09	0,18±0,08
Pb	0,13±0,04	3,19±2,81	0,43±0,14
Zn	14,64±0,51	73,62±13,80	43,70±1,22

Примечание: * ниже порога обнаружения.

Корреляционный анализ показал наличие тесной связи между Cr и Ni в печени и жабрах ($r>0,7$), Pb и Cr в жабрах ($r>0,6$) леща.

Рассчитанный коэффициент биоаккумуляции, как отношение содержания элементов в рыбе к их содержанию в воде, показал, что наиболее интенсивно элементы накапливаются в печени (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент биоаккумуляции и индекс загрязнения металлами

BAF	Мышцы	Печень	Жабры
Al	75	241	329
Cd	—	527	468
Cr	—	—	—
Cu	—	—	—
Fe	19	372	247
Mn	10	22	21
Ni	30	45	43
Pb	21	511	69
Zn	297	1493	886
MPI	0,42	1,40	0,83

Так, индекс загрязнения металлами, рассчитываемый по формуле (1) в печени составляет 1,40, в то время как в мышечной ткани он равнялся 0,42.

Для оценки безопасности употребления в пищу нами использовался уровень неканцерогенного риска для разных контингентов населения: взрос-

лые (среднестатистические потребители рыбы и любители рыбы), а также дети.

Оценочный коэффициент потенциальной опасности, рассчитываемый по формуле (3), показал, что суммарный неканцерогенный риск ниже 1 и характеризуется как низкий. Относительно большому риску подвержены дети, а также любители рыбы, чей риск в среднем в 5 раз выше по сравнению со среднестатистическими потребителями рыбной продукции.

Таблица 3

Показатели экологического неканцерогенного риска при употреблении рыбы в пищу

THQ	Взрослые (обычные потребители рыбы)	Взрослые (любители рыбы)	Дети
Cr	$0,6 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$
Cu	$0,9 \cdot 10^{-3}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$
Fe	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-3}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$
Mn	$0,9 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$
Ni	$0,8 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-4}$
Pb	$0,4 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$
Zn	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-3}$	$8,2 \cdot 10^{-3}$
HI= \sum THQn	0,012	0,055	0,056

Анализ элементного состава леща, сравнение значений коэффициентов биоаккумуляции показали, что в бассейне реки отсутствуют крупные источники антропогенного воздействия. Такие элементы как As, Cu, Fe, Pb и Zn накапливаются преимущественно в печени, Al, Cd, Mn, Ni накапливаются как в печени, так и в жабрах.

В печени и жабрах лещей обитающих в реке Меша интенсивнее биоаккумулируются такие токсичные элементы как Cd и Pb. Как в печени, так и в мышечной ткани леща Cr коррелирует с Ni, а в жаберном аппарате со Pb.

Индекс загрязнения металлами (MPI) в мышечной ткани в 3 раза ниже по сравнению с печенью.

Проведенный анализ неканцерогенного риска показал, что содержание элементов (Cr, Cd, Cu, Ni, Fe, Mn, Pb, Zn) в тканях и органах леща, обитающего в реке Мёша, не представляет угрозы здоровью населения при употреблении их в пищу.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00576.

Литература

1. Глазунова И. А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Верхней Оби // Известия Алтайского государственного университета. 2007. № 3. С. 20–22.
2. Heavy metals in Mugil cephalus (Mugilidae) from the Ligurian Sea (North-West Mediterranean, Italy) / S. Squadrone, M. Prearo, S. Gavinelli, M. Pellegrino, R. Tarasco, A. Benedetto // Food Additives and Contaminants: Part B. 2013. № 2 (6). P. 134–138. doi: 10.1080/19393210.2013.766817

3. Water quality parameters, biomarkers and metal bioaccumulation in native fish captured in the Ilha River, southern Brazil / T. Dalzochio, R. L. A. Simões, M. Santos de Souza, P. G. Z. Rodrigues, I. E. Petry, N. B. Andriguetti, H. G. J. Silva, G. Gehlen, B. L. da Silva // *Chemosphere*. 2017. V. 189. P. 609–618.
4. Ecotoxicological assessment of water quality and ecosystem health: A case study of the Volga River / T. I. Moiseenko, N. A. Gashkina, Yu. N. Sharova, L. P. Kudrayvtseva // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2008. № 3 (71). P. 837–850.
5. Assessment of metal bioaccumulation in *Mastacembelus armatus* (eel) and exposure evaluation in human / M. Pandey, A. K. Pandey, A. Mishraa, B. D. Tripathic // *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*. 2017. V.7. C. 103–109.
6. Potential human health risk assessment of heavy metals via the consumption of tilapia *Oreochromis mossambicus* collected from contaminated and uncontaminated ponds / C. K. Yap, A. Jusoh, W. J. Leong, A. Karami, G. H. Ong // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. № 9 (187). doi:10.1007/s10661-015-4812-z.
7. La Colla N. S., Botte S. E., Oliva A. L. and Marcovecchio J. E. Tracing Cr, Pb, Fe and Mn occurrence in the Bahía Blanca estuary through commercial fish species // *Chemosphere*. 2017. V. 175 P. 286–93. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.002>
8. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 93 с.
9. МУК 4.1.985-00 Определение содержания токсичных элементов в пищевых продуктах и продовольственном сырье. Методика автоклавной пробоподготовки. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000. 19 с.
10. USEPA Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories: Fish sampling and analysis. Washington DC: United States Environmental Protection Agency, 2000. 471 p.
11. Javed M., Usmani N. Accumulation of heavy metals and human health risk assessment via the consumption of freshwater fish *Mastacembelus armatus* inhabiting, thermal power plant effluent loaded canal // *Springer Plus*. 2016. № 5. P. 776.

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВОГО СОСТАВА КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ (DIPTERA, CULICIDAE) ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Е. В. Панюкова¹, А. Б. Грицай²

¹ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН ФИЦ, panjukova@ib.komisc.ru*

² *Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Коми, virus11fbuz@yandex.ru*

Кровососущие комары (Diptera, Culicidae) относятся к временным эктопаразитам, которые осуществляют перенос различных возбудителей заболеваний человека и животных в природных биоценозах [1]. В настоящее время в Московском регионе (г. Москва и Московская обл.) остро стоит вопрос о профилактике малярии, переносимой комарами рода *Anopheles*. Факторы восстановления передачи данной инфекции отследить затруднительно в связи с почти полным исчезновением энтомологической службы и недостатком данных по численности, видовому составу и фенологии переносчиков [2]. В Московском регионе проживают около 17 млн. человек. На северо-востоке европейской части России также имеются

представители рода *Anopheles* и вопрос профилактики малярии также актуален. К территории европейского северо-востока России частично или полностью относятся крупные административные регионы: Архангельская обл., Ненецкий автономный округ (НАО), Республика Коми (РК) и Кировская область (КО). В данном регионе проживает более 3 млн. человек. С целью профилактики распространения инфекций в регионе осуществляется контроль за численностью популяций кровососущих насекомых – потенциальных переносчиков заболеваний на стационарных участках. Основой для проведения контроля стали многолетние (с 2005 г. по настоящее время) мониторинговые исследования на Выльгортском стационаре (окрестности с. Выльгорт, РК). Пункты наблюдений на других участках региона географически удалены друг от друга и характеризуют состояние фауны комаров в тундровой, таежной и подтаежной природных зонах (Ляльский стационар РК, Якшинский стационар РК, Нургушский стационар КО и Ненецкий стационар НАО). На выбранных территориях проведены трехлетние исследования фауны и экологии кровососущих комаров. Сравнительные наблюдения за изменениями в фауне комаров выполнены как на охраняемых, так и на антропогенных территориях.

Целью данного сообщения стал анализ эпидемиологической характеристики видового состава семейства Culicidae на территории европейского северо-востока России. В задачи входило составление списка видов фауны кровососущих комаров региона (по данным литературы [1, 3, 4]), которые имеют эпидемиологическую значимость и представляют потенциальную опасность для населения. В пределах европейского северо-востока России к настоящему времени имеются сведения о 174 видах кровососущих двукрылых насекомых комплекса гнуса, из них 40 видов 5 родов кровососущих комаров семейства Culicidae. Из общего списка видов комаров изучаемого региона переносят туляремию в эксперименте – 7 видов рода *Aedes* (*Aedes cinereus* Meigen, 1818; *A. communis* (De Geer, 1776); *A. excrucians* (Walker, 1856); *A. flavescens* (Müller, 1764); *A. punctor* (Kirby, 1837); *A. rossicus* Dolbeshkin, Goritzkaja et Mitrofanova, 1930; *A. vexans* (Meigen, 1830)) и один вид рода *Culex*: *C. p. pipiens f. molestus* Forskal, 1775. Отметим, что *Aedes communis*, *A. punctor* и *Culex pipiens* относятся к массовым в регионе видам, способным переносить туляремийный микроб.

Потенциальными переносчиками малярии на европейском северо-востоке России могут быть 5 видов малярийных комаров рода *Anopheles*, известных на данной территории. В фауне региона имеются виды, способные переносить две и более инфекции, к таким видам относится *Coquillettidia richiardii* (Ficalbi, 1889), который переносит вирус Западного Нила (ЛЗН) и Омскую геморрагическую лихорадку (ОГЛ). Данный вид отмечен единично только в самом южном, Прилузском районе РК. Мониторинг за комарами как переносчиками ЛЗН в РК проводится с 2014 г. «Центром гигиены и эпидемиологии в Республике Коми». Исследования проводили на наборе реагентов производства ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора

г. Москва («АмплиСенс WNV-FL»). Молекулярно-генетическими методами выполнены исследования 2250 особей имаго самок комаров: в 2012 г. – 150, 2013–2014 г. по 100, 2015 г. – 500, 2016 г. – 500, 2017–2019 г. по – 300 экземпляров. В полученном материале вирус ЛЗН за этот период не обнаружен.

Редкий для европейского северо-востока России комар *Aedes sticticus* (Meigen, 1838) может переносить вирус лимфоцитарного хориоменингита и лихорадку Тягиня, данный вид отмечен как массовый в Воронежской области в 2018 г. [5]. Микрофиллярии переносят комары рода *Culiseta*: *C. bergrothi* (Edwards, 1921) и *C. alaskaensis* (Ludlow, 1906), отмеченные в исследуемом регионе.

Известно, что из 500 арбовирусов около 72% переносят комары, при этом 100 вирусов патогенны для человека и животных [3]. На территории изучаемого региона различные арбовирусы способны переносить 8 видов комаров из состава региональной фауны семейства Culicidae. Из них массовый на данной территории *Culex p. pipiens f. pipiens* Linnaeus, 1758; редкий *Aedes dorsalis* (Meigen, 1830) и единично встречающиеся комары: *A. euedes* Howard, Dyar et Knab, 1913, *A. cantans* (Meigen, 1818), *A. annulipes* (Meigen, 1830), *A. vexans* (Meigen, 1830), *Culex torrentium* Martini, 1924 и *Coquillettidia richiardii*.

Таким образом, 22 вида (55%) комаров фауны региона представляют потенциальную опасность как переносчики природно-очаговых и вирусных заболеваний человека и животных.

Работа выполнена при финансовой поддержке госбюджетной темы отдела экологии животных Института биологии Коми НЦ УрО РАН «Систематика, распространение и пространственная организация фауны и населения наземных и водных животных таежных и тундровых экосистем европейского северо-востока России» (2018–2020 гг., № гос. регистрации: АААА-А17-117112850235-2), а также частично в рамках темы проекта УрО РАН № 18-4-4-37: «Биоразнообразие беспозвоночных в экстремальных природно-климатических условиях Субарктики (Урала и Предуралья)».

Литература

1. Балашов Ю. С. Паразитизм клещей и насекомых на наземных позвоночных. СПб.: Наука, 2009. 357 с.
2. Миронова В. А., Шартова Н. В., Варенцов М. И., Грищенко М. Ю. Пространственно-временные тренды изменений климатических условий для развития возбудителя трёхдневной малярии (*Plasmodium vivax*) в Московском регионе // Паразитология. 2019. Т. 53. № 2. С. 105–119.
3. Виноградова Е. Б. Комары комплекса *Culex pipiens* в России (таксономия, распространение, экология, физиология, генетика, практическое значение и контроль) // Тр. Зоологического ин-та РАН. СПб.: ЗИН РАН, 1997. Т. 271. 310 с.
4. Панюкова Е. В., Остроушко Т. С. Кровососущие комары (Diptera: Culicidae). М.: Товарищество научных изданий КМК. 2017. 209 с. (Фауна европейского северо-востока России. Кровососущие комары. Т. XI. Ч. 2.).

5. Будаева И. А. Высокая активность кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) на юге Воронежской области в 2018 году: причины и спорадичность явления // Паразитология. 2019. Т. 53. № 2. С. 172–176.

МАТЕРИАЛЫ О ГИБЕЛИ ПТИЦ ПРИ КОНТАКТАХ С ВОЗДУШНЫМИ ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ТЕРРИТОРИИ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

В. М. Рябов, П. В. Варницина

Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru

Воздушные линии (далее ВЛ) электропередачи различных классов напряжений представляют потенциальную угрозу объектам животного мира и в первую очередь птицам. Птицы, используя на разных стадиях своей жизнедеятельности ВЛ подвергаются смертельной угрозе, а также могут быть причиной повреждения и отключения ВЛ, что может привести к определённому ущербу от перерыва электроснабжения потребителей.

В июле – августе 2019 г. в рамках реализации Государственного контракта № 864157 на выполнение научно-исследовательской работы «Разработка рекомендаций по обеспечению безопасности объектов животного мира, не отнесенных к охотничьим ресурсам и водным биологическим ресурсам, не занесенным в Красную книгу Российской Федерации и красную книгу Ненецкого автономного округа, при эксплуатации воздушных линий связи и электропередачи на территории Ненецкого автономного округа» нами проведены работы по оценке гибели птиц от поражений электрическим током на ВЛ в Ненецком автономном округе.

Энергосистема Ненецкого автономного округа децентрализованная. Объекты энергетической инфраструктуры Ненецкого автономного округа можно условно разделить на две группы: 1) объекты, находящиеся в государственной и муниципальной собственности и обеспечивающие энергией муниципальные образования; 2) объекты, находящиеся в частной собственности нефтегазовых компаний, занимающихся добычей углеводородов на территории округа. Объекты первой и второй группы между собой технологически изолированы. Электроснабжение сельских населенных пунктов Ненецкого автономного округа обеспечивают локальные стационарные дизельные электростанции. Длина воздушных и линий электропередачи объектов первой группы составляет 475,88 км, из них с напряжением 0,4 кВ – 267,57 км, 6кВ – 54,31 км, 19 кВ – 11,19 км, 20 кВ – 42,81 км.

Электрические сети второй группы сконцентрированы в районах разработки месторождений углеводородов и предназначены для передачи и распределения электрической энергии внутри месторождений и между месторождениями. Общая протяженность электрических сетей 2 группы напряжением 35 кВ и 220 кВ составляет 443,55 км [1].

Для выявления результатов негативного воздействия различных типов воздушных линий электропередачи на объекты животного мира на территории Ненецкого автономного округа был заложен маршрут общей длиной 42,8 км вдоль ВЛ – 20 кВ от г. Нарьян-Мар (п. Искателей) до п. Красное. Данная ВЛ является весьма показательной, так как проходит по типичным для региона биотопам, в том числе участкам с потенциально возможной концентрацией птиц (окраины населенных пунктов). Кроме того, выбор этой воздушной линии электропередачи обусловлен ее доступностью и проходимостью. Напряжение в 20 кВ позволяет использовать данную ВЛ для получения усредненных данных по экстраполяционной оценке птицепасности ВЛ как 6 – 10 кВ, так и 35 – 500кВ. Маршрут проходили дважды: в начале июля (гнездовой период) и в начале августа (послегнездовой период, начало осенней миграции птиц). Всего отработано 85,6 км маршрута вдоль ВЛ. При прохождении маршрута фиксировали число погибших птиц, определяли их видовую принадлежность, степень сохранности (степень разложения), тип местообитания, тип опоры [2].

За период исследования зарегистрирована гибель 15 птиц, относящихся к 3 видам: свистунок – *Anas crecca*, халей – *Larus heuglini heuglini*, сизая чайка – *Larus canus*. По числу видов и количеству погибших птиц при контактах с ВЛ преобладает отряд Ржанкообразные (подотряд Чайковые – *Laridae*) (93,4%). Среди чаек чаще всего при контактах с ВЛ гибнут халеи, что обусловлено их поведенческой особенностью садиться на возвышающиеся предметы (присады), которыми в данном случае служат опоры ВЛ. Половина останков чайковых птиц не была определена до вида, так как их сохранность (пуховой и перьевого покров, фрагменты костей, крыльев) позволяет однозначно идентифицировать только родовую принадлежность.

Средняя встречаемость птиц, погибших от контактов с ВЛ электропередачи составила 0,16 птиц / км ВЛ в июле и 0,19 птиц/км ВЛ в августе. Увеличение гибели обусловлено увеличением численности птиц за счет молодых «вставших на крыло» особей.

Обобщенные экстраполяционные данные о количестве и средней частоте встречаемости погибших птиц по видам, обнаруженных при осмотре участка ВЛ 20 кВ г. Нарьян-Мар – п. Красное за указанный период наблюдений в 2019 г. представлены в таблице.

Для оценки реальных масштабов гибели птиц при контакте с ВЛ 20 кВ итоговые результаты осмотров дополнительно увеличены в 2,5 раза (повышающий коэффициент $K = 2,5$), в целях компенсации недоучета погибших птиц при однократном обследовании птицепасных линий. Данный показатель был рассчитан экспериментальным путем с учетом достаточно высокой скорости разложения и растаскивания тушек погибших птиц в природе [3]. Установленный повышающий коэффициент является средним показателем недоучета количества погибших птиц.

**Данные о видовом составе, количестве погибших птиц
и средней частоте встречаемости погибших птиц при осмотре участка
ВЛ 20 кВ Нарьян-Мар – п. Красное в 2019 г.**

№	Вид	Количество погибших особей	Средняя частота встречаемости (птиц/км ВЛ)
1	Свистунок	1	0,011
2	Халей	6	0,07
3	Сизая чайка	1	0,011
4	Чайка sp.	7	0,081
Всего:		15	0,173
с учетом коэффициента недоучета (K = 2,5)		37,5	0,4325

Средняя частота встречаемости погибших от контакта с ВЛ в Ненецком автономном округе с учетом повышающего коэффициента (коэффициент недоучета) составила 0,4325. Это сравнительно низкий показатель. Для сравнения: в Нижегородской области этот показатель равен 7,27, что почти в 14 раз выше, чем в Ненецком автономном округе, но данный показатель практически совпадает с Кировской областью, где он равен 0,4375. Экстраполируя полученные данные на общую длину электросетей на территории округа ежегодная ожидаемая гибель птиц при контактах с ВЛ может составлять от 400 до 1000 особей.

Таким образом, на территории Ненецкого автономного округа выявлены факты гибели птиц от поражения электрическим током на ВЛ. Наиболее часто отмечена гибель представителей отряда Ржанкообразные (подотряд Чайковые). Вероятная ежегодная гибель птиц при контактах с ВЛ на территории Ненецкого автономного округа составляет до 1000 особей.

Литература

1. Постановление Губернатора Ненецкого автономного округа от 30 апреля 2019 года № 32-пг «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Ненецкого автономного округа на 2019–2023 годы (с изменениями на 29 июля 2019 года). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/553319406> (дата обращения: 11.10.2019).
2. Кривенко В. Г. Методика оценки вреда и исчисления размера ущерба от уничтожения объектов животного мира или нарушения их среды обитания. М., 2000. С. 2–12.
3. Салтыков А. В. Руководство по предотвращению гибели птиц на линиях электропередачи 6–10 кВ. Методическое пособие. Ульяновск. 1999. 43 с.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ БАССЕЙНА р. КОЖЫМ (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Н. П. Селиванова

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, selivanova@ib.komisc.ru

Горы и предгорья западного макросклона Приполярного Урала являются уникальной природной территорией, где до настоящего времени сохранились значительные площади ненарушенных ландшафтов. Большая часть этой территории – Национальный природный парк «Югыд ва» – входит в систему особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального значения, ключевых орнитологических территорий (КОТР) международного значения, территорий списка Всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Изучение фауны и населения птиц на таких территориях, дает возможность получить фоновые показатели биоразнообразия необходимые при организации мониторинга природной среды региона, разработке мероприятий по охране редких и находящихся под угрозой исчезновения видов птиц.

Район исследований – территория бассейна р. Кожым и его притоков – расположен в северной части Национального парка «Югыд ва». Облик рельефа горной части бассейна слагают вытянутые в северо-восточном направлении горные массивы и хребты: Малдынырд, Росомаха с абсолютными высотами 600–1400 м (отдельные вершины превышают 1500 м) и характеризуются наличием большого количества ледников и многолетних снежников. В предгорной части бассейна имеются коренные обнажения горных пород, выраженные как в долинах рек, так и на междуречных пространствах.

Наиболее крупными притоками Кожыма являются реки Балбанью, Лимбехаю и Кузьпуаю, характеризующиеся быстрым течением, наличием большого количества порогов и перекатов. В равнинной части бассейна преобладают еловые леса крайнесеверотаежного типа, верховые сфагновые болота, вторичные березняки. В горной части бассейна р. Кожым выражены высотные пояса растительного покрова: горно-лесной, подгольцовый, горно-тундровый и гольцовый. В горно-лесном поясе преобладают еловые, елово-пихтовые и елово-березовые леса. Подгольцовый пояс представлен в основном лиственничными редколесьями и березовыми криволесьями. В горно-тундровом поясе развиты ерниковые, кустарничковые, моховые, лишайниковые, каменистые и пятнистые тундры. Гольцы занимают вершины гор и горные плато, где встречаются в основном накипные лишайники [1].

В бассейне р. Кожым помимо не нарушенных природных ландшафтов имеются антропогенно-трансформированные территории. Интенсивное освоение россыпных месторождений золота и добыча кварца имевших место в 80–90 гг. XX века оказали заметное влияние на наземные экосистемы в верховьях рр. Кожым и Балбанью, где до настоящего времени остаются слабо заросшие и незаросшие отвалы измельченной горной породы на полигонах золотодобычи; грунтовые дороги; территории бывших и действующих рабо-

чих поселков. В бассейне р. Балбанью значительно выражена рекреационная нагрузка, связанная с потоком туристических групп на пешеходных, водных и лыжных маршрутах, в том числе и наиболее популярном – к высшей точке Уральских гор, г. Народной (1896 м н. у. м.). Для заброски и выброски туристов, особенно в летний период, активно используется грунтовая автодорога: город Инта – база «Желанная». В верховьях рр. Кожым, Балбанью, Лимбехаю расположены территории, отведенные под летний выпас стад домашних оленей.

Краткая история изучения орнитофауны бассейна р. Кожым изложена в монографии «Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна р. Кожым» [2]. В 2018 г. нами, с целью выявления пространственно-временных изменений, происходящих в природных сообществах бассейна р. Кожым и его притоков, было продолжено, начатое в 2005 г., изучение популяций фоновых и редких видов птиц. В гнездовой период 2018 г. исследованиями был охвачен бассейн верхнего течения р. Лимбехаю, в послегнездовой – бассейн среднего течения р. Балбанью. Учеты птиц проводились с пересчетом на площадь по средне-групповой дальности их обнаружения по методике Ю. С. Равкина [3]. Общая протяженность маршрутных учетов составила около 100 км. Видовые названия и порядок перечисления видов приводятся по Л. С. Степаняну [4], тип фауны – по Б. К. Штегману [5].

По данным литературы и материалам исследований авторов в бассейне р. Кожым отмечено 126 видов птиц, девяти отрядов. Из них, 106 видов гнездятся или предположительно гнездятся, 13 – отмечено на пролете, пять – на кочевках и два в качестве залетных. Большинство птиц бассейна р. Кожым являются перелетными, в зимний период встречается 24 вида. Еще для 40 видов пребывание на исследуемой территории возможно, так как они отмечены в горах и предгорьях Приполярного Урала на гнездовании и пролете. В фауно-генетическом отношении в бассейне р. Кожым сибирские виды (34%) преобладают над европейскими и арктическими (по 14%) почти в 2,5 раза. Большинство видов сибирского происхождения на исследуемой территории гнездятся или летуют. Среди них преобладают представители отрядов воробьинообразных (47%), ржанкообразных (15%) и гусеобразных (13%).

Наибольшее видовое богатство и плотность населения птиц в гнездовой период 2018 г. были характерны для пойменных местообитаний (28 видов; 610 ос./км²; табл. 1). На многочисленных озерах и заболоченных участках тундр урочища Лимбеко-Глади в долине р. Лимбехаю встречались водоплавающие и околоводные виды птиц: чернозобая гагара, чирок-свистунок, свиязь большой крохаль, большой улит, сизая чайка, восточная клуша, полярная крачка и др. По мере поднятия в горы от подгольцового пояса к горно-тундровому наблюдалось закономерное уменьшение количества видов (до 18 видов) и плотности населения птиц (до 280 ос./км²). Наиболее многочисленным видом горных тундр был луговой конек, доля которого в сообществах составляла от 20 до 38%.

Таблица 1

**Распределения птиц по местообитаниям в гнездовый период в бассейне
р. Лимбеаю в 2018 г.**

Растительные сообщества	Описание выделенных классов	Количество видов	Плотность (ос./кв. км)	Доминирующие виды
Тундровые сообщества	кустарничково-мохово-лишайниковые тундры	18	280	луговой конек, обыкновенная каменка
	мелкоерниковые лишайниково-моховые, крупноерниковые травяно-моховые тундры	24	306	луговой конек, пеночка-весничка, обыкновенная чечетка
Светлохвойные леса	лиственничные ерниково-зеленомошные леса	21	488	луговой конек, пеночка-весничка, обыкновенная чечетка, тростниковая овсянка
Интразональные элементы ландшафта	поймы рек, ручьев, озер	28	610	луговой конек, обыкновенная чечетка, тростниковая овсянка, овсянка-крошка

В послегнездовый период так же отмечалось снижение видового богатства (с 18 до 4 видов) и плотности населения птиц (с 557 до 255 ос./км²) в высотном градиенте от горно-лесного к горно-тундровому поясу (табл. 2). Доля лугового конька в сообществах горных тундр в послегнездовый период составляла около 60%. В горно-лесном поясе доминировали типичные таежные виды птиц: пеночка-таловка, вьюрок и др.

Таблица 2

**Распределения птиц по местообитаниям в послегнездовый период
в бассейне р. Балбанью в 2018 г.**

Растительные сообщества	Описание выделенных классов	Количество видов	Плотность (ос./кв. км)	Доминирующие виды
Тундровые сообщества	кустарничково-мохово-лишайниковые, мелкоерниковые лишайниково-моховые, крупноерниковые травяно-моховые тундры	4	255	луговой конек, обыкновенная каменка
Светлохвойные леса	лиственничные ерниково-зеленомошные леса	11	394	луговой конек, обыкновенная чечетка, овсянка-крошка
Темнохвойные леса	долинные темнохвойные леса	18	557	пеночка-таловка, вьюрок, белокрылый клест, овсянка-крошка

В антропогенно-трансформированных местообитаниях (площадки полигонов, территории поселков) наблюдалось низкое видовое разнообразие птиц (7 видов). Открытые пространства полигонов используются хищными птицами для охоты; зарастающие искусственные водоемы привлекают на гнездование уток, куликов, чаек; наличие укрытий для устройства гнезд (ниши в постройках) в сочетании с открытыми пространствами способствуют гнездованию на территории поселков белой трясогузки и обыкновенной каменки. На территории поселка «Санавож» в 2018 г. были отмечены такие синантропные виды птиц, как сизый голубь и серая ворона.

В бассейне р. Кожым за весь период исследований было отмечено семь видов (подвидов) птиц, занесенных в Красные книги Республики Коми и Российской Федерации: европейская чернозобая гагара, беркут, орлан-белохвост, кречет, белая сова, бородатая неясыть, обыкновенный серый сорокопут. Большинство из них на исследуемой территории гнездятся или летуют, один вид (белая сова) была встречена во время кочевок [6]. Численность охраняемых видов в бассейне р. Кожым низка, встречи их единичны или редки.

Характер орнитофауны бассейна р. Кожым может быть определен как типично таежный (сибирский) с присутствием европейского и арктического элементов. Не наблюдается значительных изменений в составе фауны и структуре населения фоновых видов птиц в долинах с низкой (долина р. Лимбехаю) и более-менее интенсивной антропогенной нагрузкой (долина р. Балбанью). Однако, высокая рекреационная нагрузка в долине р. Балбанью (движение большегрузного транспорта, пребывание туристических групп и отдыхающих, факты браконьерства, выпас стад домашних оленей), особенно ярко выраженная в летний период, значительно снижает возможность гнездования на данной территории редких охраняемых видов птиц наиболее чувствительных к фактору беспокойства. В целом, в бассейне р. Кожым сохраняются типичные таежные и тундровые комплексы населения птиц, способствующие сохранению типичной горно-тундровой и горно-таежной фауны.

Работа выполнена в рамках комплексной программы исследований УрО РАН по направлению «Живая природа и климат» № АААА-А17-117112850234-5 (проект № 18-4-4-30 «Динамика разнообразия животного мира западного макросклона Урала и сопредельных территорий (равниной части европейского Северо-Востока России) в условиях изменения среды»).

Литература

1. Патова Е. Н., Куликова К. В., Стерлягова И. Н., Шубницына Е. И., Кулюгина Е. Е., Лаптева Е. М., Забоева И. В. Краткая характеристика района исследований // Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожым. Сыктывкар, 2010. С. 11–20.
2. Селиванова Н. П., Естафьев А. А. Население птиц типичных горно-таежных комплексов // Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожым. Сыктывкар, 2010. С. 157–168.
3. Равкин Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.

4. Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий. М., 2003. 808 с.
5. Штегман Б. К. Основы орнитологического деления Палеарктики // Фауна СССР. Птицы. М.-Л., 1938. Новая серия № 19. Т. 1. Вып. 2. 156 с.
6. Шутов С. В. Фауна птиц западных предгорий Приполярного Урала и влияние погодных условий весны на ее многогодичный состав // Распространение и фауна птиц Урала. Информационные материалы. Свердловск, 1989. С. 104–106.

ИЗУЧЕНИЕ ИХТИОФАУНЫ р. ЕНИСЕЙ

О. П. Сидорова, О. В. Масленникова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
olgasidorova22091998@mail.ru, olgamaslen@yandex.ru*

За последние десятилетия в ихтиофауне большинства водных объектов произошли существенные изменения, связанные с антропогенным воздействием. Наиболее значимыми факторами явились зарегулирование стока рек в результате гидростроительства и акклиматизации новых видов рыб.

Зарегулирование и создание крупных водохранилищ (общей площадью около 13 тыс. кв. км) на Енисее и его притоках привело к значимым нарушениям условий обитания и воспроизводства многих видов рыб, заметно изменило их ареалы, вызвало перестройки в структуре рыбных сообществ [1].

Основными факторами воздействия при строительстве водохранилищ на водные биоресурсы Енисея являются: изменение структуры и состава ихтиоценоза, снижение видового разнообразия гидробионтов, нарушение условий нагула, миграций и зимовки рыб, изменение или деградация нерестилищ, изменение структуры, состава и продуктивности кормовой базы рыб [2].

Исследование р. Енисей с точки зрения мониторинга условий обитания рыб, представляет интерес для изучения экологической пластичности видов, возникновения адаптаций, изменения их биологических характеристик, что, в свою очередь, дает возможность экологического прогнозирования развития ихтиоценоза при зарегулировании водоемов.

О состоянии запасов того или иного вида рыб в водоеме судят прежде всего по величине уловов за ряд последних лет, по количественному соотношению возрастных групп, возрасту наступления первой и массовой половозрелости, который зависит от темпа роста рыб [3].

Цель данной работы: охарактеризовать видовое разнообразие ихтиофауны и оценить их морфометрические показатели в реке Енисей и его притоках на территории заповедника «Центральносибирский».

Сбор материала осуществляли с начала июля по конец августа 2019 г. Вылов рыбы производился на р. Енисей, а так же в устьях рек Инзыревки и Лебедянки с помощью спиннинга и закидушки.

Согласно приказу № 260 от 26.05.2017 «Об утверждении положения о Государственном природном биосферном заповеднике «Центральносибирский» было получено специальное разрешение на научный отлов рыбы.

В научных целях выловлено 60 рыб, 39 экз. рыб предоставили инспектора заповедника (восемь щук, 2 стерляди и 29 тугунов были изъяты у браконьеров). Промеры сняты с 79 рыб (исключая ерша) для оценки морфометрических параметров каждой особи: абсолютная длина тела (L), промысловая длина тела (l), обхват тела (O), наибольшая высота тела (H), наибольшая толщина тела (T) и длина головы (C). Проводилось вскрытие рыб для определения пола, а также измеряли массу рыбы. На основании полученных промеров высчитывались основные рыбохозяйственные индексы: высокоспинность, широкоспинность, компактность, большеголовость [4]. Все полученные данные были статистически обработаны в программе Excel.

В р. Енисей нами было зарегистрировано 9 видов рыб из 5 отрядов:

- карпообразные (*Cypriniformes*) – лещ обыкновенный (*Abramis brama*), плотва (*Rutilus rutilus*), язь (*Leuciscus idus*);
- окунеобразные (*Perciformes*) – речной окунь (*Perca fluviatilis*), ёрш (*Gymnocephalus cernuus*) (был отпущен);
- щукообразные (*Esociformes*) – щука (*Esox lucius*);
- осетрообразные (*Acipenseriformes*) – стерлядь (*Acipenser ruthenus*);
- лососеобразные (*Salmoniformes*) – тугун (*Coregonus tugun*).

Процентное соотношение встреченных видов рыб представлено на рисунке.

В соответствии с рисунком доминирует тугун (30% встреч), щука (28% встреч), ёрш (20% встреч) и речной окунь (14% встреч). Остальные виды представлены от 1 до 3% встреч. Отчасти данный факт объясняется методами ловли ихтиофауны.

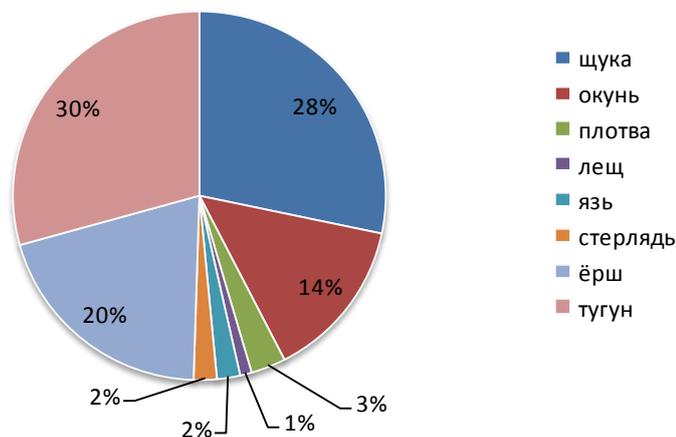


Рис. Процентное соотношение видов рыб р. Енисей

Доминируют виды из отрядов щукообразных, лососеобразных, окунеобразных – представителей бореального равнинного и арктического фаунистического комплексов. В составе ихтиофауны р. Енисей представлены бентофаги (стерлядь), эврифаги (плотва, лещ, язь, тугун), хищники и эвризоофаги (окунь речной, щука, ерш).

Также был выловлен инвазивный вид – лещ (*Abramis brama*), который

был успешно акклиматизирован в 1962–1970 гг. в Красноярском водохранилище, через 20 лет занял одно из ведущих мест в промысле. В Красноярском водохранилище произошла натурализация этой рыбы, промысел начат с 1972 г. (улов 0,4 т) а в 1985–1991 гг. вылов достигал 64,3–81,6 т. [5]. В последующем лещ проник в р. Енисей и другие реки Сибири. Лещ занял определенную экологическую нишу и вытесняет в водоемах наиболее ценные промысловые виды рыб из отряда лососеобразных.

Рыбное население р. Енисей представлено 52 видами. На территории заповедника «Центральносибирский» в реке Енисей водится 35 видов рыб из 7 отрядов (лососеобразные, осетрообразные, карпообразные, тресковые, миноговые, щукообразные, скорпенообразные). Наиболее ценными являются виды из отряда осетрообразные (стерлядь, осетр сибирский) и виды из отряда лососеобразные (ленок, таймень, нельма, омуль, ряпушка сибирская, муксун, сиг пыжьян, пелядь, чир, тугун, сибирский и восточносибирский хариусы) [5]. Соотношение отловленных нами видов рыб составляет лишь четвертую часть всех зарегистрированных видов в р. Енисей на территории заповедника – 25,7%.

В исследуемой пробе преобладали половозрелые особи (71 экз.), лишь 8 особей оказались неполовозрелыми. Статистически обработанные показатели экстерьера рыб представлены в таблице 1.

Таблица 1

Средние значения морфометрических показателей рыб

Промеры Вид	Абсолютная длина тела (L)	Промысловая длина тела (l)	Наибольшая высота тела (H)	Наибольшая толщина тела (Т)	Обхват тела (O)	Длина головы (С)
Щука	66,0±2,3	58,2±2,1	9,9±0,4	5,1±0,3	24,9±0,9	17,4±0,8
Окунь	30,5±1,6	26,9±1,5	8,2±0,5	3,4±0,3	18,2±1,1	8,2±0,5
Плотва	24,5±4,5	20,1±3,9	6,1±1,3	1,9±0,4	13,9±2,9	4,6±0,9
Стерлядь	53,1±0,1	44,8±0,4	6,3±0,3	5,8±0,3	19,6±0,2	10,5±0,4
Язь	46,7±0,0	39,8±0,6	12,9±0,3	5,8±0,3	27,4±0,1	9,6±0,1
Лещ	32,0	26,2	11,0	2,3	22,2	5,7
Тугун	13,1±0,2	11,1±0,1	2,4±0,1	1,0±0,0	6,3±0,1	2,3±0,0

Самой крупной рыбой в нашей выборке была щука. Среднее значение абсолютной и промысловой длины тела составило соответственно 66,0±2,3 см и 58,2±2,1 см с большими вариациями. Самая крупная щука имела массу 5,71 кг и абсолютную длину 94 см. Из 28 щук шесть имели на коже повреждения и язвы, нанесенные другими хищными рыбами, предположительно тайменем. Самая мелкая рыба из отряда лососеобразных – тугун. Абсолютная и промысловая длина его составила соответственно 13,1±0,2 и 11,1±0,1 см.

На основании морфометрических показателей были рассчитаны индексы, характеризующие экстерьер рыбы и ее хозяйственную ценность. Данные показатели учитываются при разведении рыб в рыбоводных хозяйствах при выборе производителей, а также для воспроизводства в аквакультуре ценных

и промысловых видов рыб. Показатели индексов, характеризующие экстерьер рыб представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Средние показатели индексов, характеризующих экстерьер рыб
в р. Енисей**

Вид	Индекс высоко- спинности	Индекс широко- спинности	Индекс ком- пактности	Индекс больше- головости
Щука	6,2±0,1	10,3±1,6	42,9±0,5	29,9±0,6
Окунь	3,3±0,1	12,4±0,4	67,3±1,2	30,5±0,9
Плотва	3,3±0,0	9,7±0,6	68,7±1,3	22,7±0,4
Стерлядь	7,2±0,2	12,8±0,4	43,8±0,8	23,3±0,6
Язь	3,1±0,0	15,3±0,9	68,7±0,9	23,5±0,5
Лещ	2,4	8,9	84,7	21,8
Тугун	4,7±0,1	9,2±0,1	56,9±0,6	20,8±0,1

При разведении рыб учитывают индексы высокоспинности, широко-спинности, компактности и большеголовости, которые индивидуальны для каждого вида рыб, обладающих определенными пропорциями.

В р. Енисей нами было зарегистрировано 9 видов рыб из 5 отрядов: карпообразные – лещ обыкновенный (*Abramis brama*) – инвазивный вид, плотва (*Rutilus rutilus*), язь (*Leuciscus idus*); окунеобразные – речной окунь (*Perca fluviatilis*), ёрш (*Gymnocephalus cernuus*); щукообразные – щука (*Esox lucius*); осетрообразные – стерлядь (*Acipenser ruthenus*); лососеобразные – тугун (*Coregonus tugun*).

Доминирующие виды: тугун (30%), щука (28%), ерш (20%) и речной окунь (14%).

Соотношение отловленных нами видов рыб составляет лишь четвертую часть всех зарегистрированных видов в реке Енисей на территории заповедника – 25,7%.

Литература

1. Заделенов В. А. Ресурсы и естественное воспроизводство осетровых рыб бассейна реки Енисей // Летопись природы государственного заповедника «Центральносибирский». 2011. Книга № 23. Архив ГПБЗ «Центральносибирский». 41 с.
2. Гадинов А. Н. Экологическое состояние фаунистического комплекса водотока р. Енисей под влиянием зарегулирования. Новосибирск, 2009.
3. Масленникова О. В. Методика биологического анализа рыб. Киров, 2012.
4. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М., 1966. 146 с.
5. Труды государственного заповедника «Центральносибирский» Красноярск: ООО «Поликор», 2012. Вып. 2(4). 288 с.

ЭКОЛОГИЯ *HIRUNDO RUSTICA* И *DELICHON URBICUM* ПРИ СОВМЕСТНОМ И РАЗДЕЛЬНОМ ОБИТАНИИ

Д. Р. Сиргалина, А. В. Аринина
Казанский (Приволжский) федеральный университет

На территории ареала городская и деревенская ласточки *Hirundo rustica* и *Delichon urbicum* относятся к наиболее обыкновенным видам. Данный статус сохраняется и в настоящее время, но нами было замечено снижение численности ласточек во многих городах европейской части России и в частности Европы. Причины многочисленны: голод и непогода, дневные хищные птицы, выступающие в качестве хищников врановые, кошки и собаки. Взрослым особям и птенцам досаждают внутренние (простейшие и глисты) и наружные (клещи и насекомые) паразиты. Но самым масштабным лимитирующим фактором является деятельность человека: коммунальные службы разрушают гнезда, так как считают их уродливыми, портящими внешний вид зданий и других искусственных сооружений, сокращение традиционных сельских зон, исчезновение старых сельских домов, удобных для размещения гнезд. Интенсивная агрокультура уничтожила большую часть лугов и открытых участков, служили ласточкам для охоты. Амбары и сеновалы становятся закрытыми, в результате чего остается мало места для гнездования [1]. Горожане считают, что большие колонии ласточек создают риски для здоровья. Например, сальмонелла может передаваться через фекалии ласточек. Это также создает угрозу для домашних животных, проживающих или выгуливаемых рядом с колониями ласточек. Поэтому люди преднамеренно избавляются от гнезд [2]. Также большой вред наносит ремонт фасадов зданий, остекление балконов. Увеличение численности автотранспорта также способствует сокращению вида. Но больше всего влияют на ласточек не действия отдельных людей, направленные прямо против этих птиц, а опосредованная деятельность человека. Ядохимикаты, направленные на вредителей сельского хозяйства, клещей и комаров, уничтожают и насекомых, составляющих основной рацион питания ласточек. Таким образом, численность городской ласточки снижается с каждым годом.

Наблюдения за распределением колоний вели линейным маршрутным учетом и точечным учетом в г. Казани, в г. Орске в летний период 2017–2018 гг. В Зеленчукском районе Карачаево-Черкессии наблюдения проводили в течение двух сезонов с 22 по 28 июня 2017 г. и с 20 по 28 июня 2018 г. Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с помощью программы Statistica 10.0. Количественные величины были представлены как среднее \pm стандартное отклонение. Для проверки статистических гипотез о виде распределения был применен критерий Shapiro-Wilk's. Во всех случаях распределение признаков не соответствовало закону нормального распределения. Выборки сравнивали непараметрическим тестом Краскелла-Уоллиса, апостериорный анализ провели тестом Ньюмана-Кейлса. Величину уровня

значимости p принимали равной 0,05. Сравнение пищевых спектров считали по индексу Жаккара.

В г. Казани в 80-е гг. XX века на улице Сибирский тракт в районе остановки общественного транспорта «8 марта» существовала колония городской ласточки. Гнезда находились под балконами вторых и третьих этажей жилых домов. Из-за резкого увеличения транспортных средств колония исчезла. В начале 80-х годов профессором И.И. Рахимовым на орнитологических маршрутах на территории города отмечались колонии городской ласточки. Большое число колоний в г. Казани были локализованы в районах со старой застройкой 50–80 гг. по улицам Павлюхина, Белинского, Декабристов, Восстания. Гнезда располагались под балконами домов первой линии. Но реконструкция зданий привела к тому, что к 2000 г. в Казани осталось лишь несколько колоний: на проспекте Ибрагимова, в речном порту, в районе старого автовокзала, в пос. Дербышки и Левченко.

Многочисленная колония *Delichon urbicum* много лет гнездилась на опорах моста Ленинской дамбы у Казанского Кремля. К 2013 г. накануне Универсиады мост подвергся полной реконструкции, воронок пропал на 4 года. В 2017 г. единичные пары были замечены над р. Казанка в районе нового моста. Осмотр в 2019 г. выявил около 20 гнезд, которые были построены на опорах моста. В начале 2019 г. в мае городская ласточка была замечена в районе моста Миллениум, расположенного чуть выше по течению р. Казанки. Позже при обследовании мы обнаружили 235 гнезд. С левой стороны (восточная экспозиция) было 162 гнезда, а с правой (западная экспозиция) – 73. Интересно, что несмотря на круглосуточный шум и интенсивный поток транспорта птицы не проявляют признаки тревоги.

Гнездование деревенской ласточки отмечалось в частном секторе Кировского и Московского районов и в ряде поселков, входящих в черту г. Казани: Кадышево, Савиново, Юдино. В 2018 году ни одной пары в г. Казани не было отмечено. Для деревенской ласточки характерно разреженное гнездование и возможны одиночные поселения. Так, в июле 2018 г. на территории аэродрома «Куркачи» под козырьком крыльца помещения для отдыха персонала было обнаружено гнездо касатки с тремя птенцами. Один из слетков выпал на землю, где успешно докармливался. Ближайшее поселение деревенской ласточки было в 1 км от аэродрома в деревне Ямашурма.

В исследуемый период в г. Орске ни городской, ни деревенской ласточек не было замечено. Однако, в 2017 г. небольшая колония деревенской ласточки гнездилась в окрестностях Орска, в гаражах п. Геологов. В 2018 г. ни одной пары в этом месте не осталось.

В литературных источниках на территории Кавказа ласточка упоминается в списках первой половины XVII века, во второй половине XVIII века [3]. В настоящее время в Карачаево-Черкессии деревенская ласточка гнездится во всех населенных пунктах от г. Невиномысска до п. Нижний Архыз. Отдельные пары деревенских ласточек гнездятся в заброшенных храмах памятника Архызское городище (в Северном храме – 38 гнезд, из которых 30 жи-

лых, в Среднем храме 3 жилых и 3 заброшенных). Нежилые гнезда расположены достаточно низко, можно дотянуться рукой. Храмы регулярно посещаются туристами. Также два жилых гнезда касатки расположены в комнатах второго этажа нежилого двухэтажного здания с выбитыми стеклами. Там же сохранилось несколько заброшенных гнезд.

Городская ласточка была замечена только в населенных пунктах с высотной застройкой (п. Зеленчук, п. Нижний Архыз). Гнезда расположены на оконных откосах, балконах всех жилых домов и административных зданий. Отмечен интересный случай многолетнего гнездования колонии городской ласточки вдали от жилых домов в естественном биотопе. На горе Семиродники (2070 м над уровнем моря) на высотной металлической конструкции, обслуживающей большой телескоп азимутальный, в 2019 г. с южной стороны насчитывалось 26 жилых гнезд, с северной – 18. По сравнению с 2017 г. колония увеличила численность: на южной было 13 гнезд, на северной – 9. В колонии отмечена 1 пара деревенской ласточки.

При анализе горизонтальной структуры кормовых участков выяснилось, что территория, на которой ласточки охотятся, представляет собой открытые, лишенные древесной растительности участки. Радиус кормовой территории городской ласточки – 350 м. Радиус кормовой территории деревенской довольно небольшой: птицы отлетают не дальше 160 м от гнезд. На вертикальную структуру кормовых участков влияет наличие или отсутствие пищевых конкурентов. При совместном обитании деревенской и городской ласточек, городская ласточка занимает ярус выше деревенской. В отсутствие городской ласточки деревенская охотится выше.

При сравнении активности кормления птенцов наблюдали межвидовые отличия. Частота кормления городской ласточки составляет 0,17 раз в мин. (n=210), деревенской – 0,22 раза в мин. (n=30).

Выводы. 1. Поселение городской ласточки всегда колониально, тогда как деревенская живет микроколониями и единично.

2. Городская ласточка образует моновидовые колонии. Деревенская ласточка может гнездиться рядом и внутри колонии городской ласточки.

3. Активность кормления птенцов значимо выше у деревенской ласточки: у деревенской составляет 0,22 раза в минуту, а у городской – 0,167 раз в минуту.

Рекомендации по привлечению ласточек. Необходимы различные природоохранные мероприятия, направленные на борьбу с загрязнением окружающей среды, сохранение и увеличение площадей, занятых растительностью, охрана фауны насекомых, все это является важным звеном в охране ласточек. Развешивание искусственных гнездовий для данных видов также способствует увеличению их численности.

Материал собран при поддержке Казанского (Приволжского) федерального университета.

Литература

1. Moore P. Dairy declines hard to swallow. *Nature*. 411. 2001. P. 904–905.
2. Brown C., Brown B. Barn swallow (*Hirundo rustica*) // *The birds of North America* / in A. Poole, F. Gill, eds. Philadelphia, PA: 1999. Vol. 452. P. 1–32.
3. Рахилин В. К. Орнитогеография России. М.: Полиграфия, 1997. 252 с.

СУТОЧНАЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ СИЗОГО ГОЛУБЯ В УСЛОВИЯХ ЙОШКАР-ОЛЫ

Н. В. Турмухаметова, М. Б. Ильина

Марийский государственный университет, bonid@mail.ru

В настоящее время много внимания уделяется изучению синантропизации животных и их поведенческих адаптаций. Одним из синантропных видов является сизый голубь – *Columba livia* (Gmelin, 1789). Становление популяций сизого голубя в городах неразрывно связано с человеком. Голуби заселяют городской ландшафт повсеместно от центра до окраин. Обитая в урбанизированной среде, они используют ресурсы, создаваемые городской средой, поэтому прямо зависят от процессов, происходящих в социальной структуре общества [1–3]. Численность популяции сизого голубя в г. Йошкар-Олы изучена недостаточно, что и определило интерес к данной теме.

Целью настоящей работы является проанализировать суточную и сезонную динамику численности сизых голубей в условиях г. Йошкар-Олы.

Сезонную динамику численности голубей изучали в 2018–2019 гг. Учет проводили маршрутным методом на улицах города. Маршрут пролегал в центральной части Йошкар-Олы по бульварам Победы и Чавайна. В центральной части города отсутствуют крупные промышленные предприятия. Основным загрязнителем атмосферного воздуха является автотранспорт. Бульвары достаточно густо озеленены, являются любимым местом отдыха горожан, а также привлекательны для многих синантропных птиц, в том числе, и сизых голубей. На бульварах учет птиц проводили методом использования трансекты с фиксированной шириной, максимально обозреваемой с линии хода учетчика. В пределах центрального парка города и пешеходного моста птиц учитывали без ограничения расстояния до них и ширины учетных полос. Пересчет на площадь делается в этом случае по средней дальности обнаружения раздельно-групповым (интервальным) методом [4]. В результате данные наблюдений за птицами, полученные по всему маршруту, разными методами, суммировались. Протяженность проходимого во время учетов маршрута составляла 4,5 км. За год было проведено 17 учетов птиц. Суммарная длина маршрута составила 76,5 км. Учет проводили постоянно в одно и то же время – с 10.00 по 12.00. Были зарегистрированы все встреченные голуби, сидящие на земле и зданиях, летающие особи.

Сбор данных по суточной динамике численности *C. livia* проводился в июне–июле 2018 г. Использовали методику точечных учетов численности птиц в антропогенном ландшафте [5]. Были выбраны 5 площадок в разных

частях города, которые представляли собой места сбора бытовых и пищевых отходов от близлежащих зданий, а также места подкармливания голубей населением. Сбор данных осуществляли каждые 4 часа в течение дня [6]. При изучении суточной динамики голубей также учитывали пол птиц. У голубей значительно меньше, чем у других видов птиц, развит половой диморфизм. Обычно самцы несколько крупнее самок, голова у них больше, клюв толще и тупее, зона металлического блеска выражена ярче и интенсивнее окрашена. Отличить самца от самки можно и по поведению [2, 7].

Сезонные явления в жизни птиц имеют огромное значение. Общая тенденция сезонной динамики численности птиц в городе состоит в максимальном возрастании количества птиц в летний сезон, что связано с размножением голубей и постепенном её уменьшении в зимний период. Снижение численности в холодное время может быть связано с недоучетом голубей в наиболее морозные дни, когда пернатые не покидают свои гнезда в течение дня [5].

Средняя плотность населения *C. livia* изученного маршрута в Йошкар-Оле изменяется по сезонам года в 2018 г.: лето – 821,95 особей на 1 км², осень – 849,97; зима 2018–2019 г.г. – 857,66; в 2019 г.: весна – 859,14. Однако полученные данные по сезонной динамике численности особей сизого голубя показывают ее незначительное колебание в зависимости от времени года – разница статистически незначима ($P > 0,05$). Сохранение относительно постоянной численности особей *C. livia* изученного маршрута в течение года (в среднем 846,93 особей на 1 км²) может свидетельствовать о благоприятности данного местообитания для птиц: наличие стабильной кормовой базы, мест гнездования и укрытий на крышах мало- и многоэтажных домов. В тёплое время года голуби могут питаться семенами растений «зеленой» зоны бульваров. Неизменными источниками пропитания птиц остаются мусорные баки, расположенные во дворах домов, граничащих с бульварами. Начиная с поздней осени и заканчивая ранней весной, птицы, повинаясь инстинкту самосохранения, отправляются поближе к местам проживания людей и охотно принимают от них корм. Следует отметить, что на бульварах в течение многих лет формировались локации, на которых население постоянно подкармливает голубей.

В результате исследования суточной динамики численности особей сизого голубя были получены следующие данные: в местах постоянного питания численность голубей относительно одинакова в одно и то же время на разных площадках ($P > 0,05$). По результатам статистической обработки данных были выявлены достоверные различия между показателями вечерней и утренней численности особей *C. livia* ($P < 0,05$). Наибольшая активность голубей наблюдалась в дневное время суток (12:00–16:00), менее активны птицы к вечеру (20:00). В утренние часы (8:00) численность птиц была невелика. На территории площадок № 2 и № 5 происходил вывоз мусора с помощью тяжёлой техники, которая своим появлением и шумом отпугивала птиц, и они еще длительное время после этого не возвращались к прикормленным местам.

Следовательно, распределение голубей на изученных площадках в разное время одинаковое, то есть они встречаются с одинаковой частотой в определенное время суток.

Суточная динамика колебания численности голубей разного пола на различных площадках имеет сходные тенденции, статистически значимой разницы не выявлено ($P > 0,05$). Это согласуется с общеизвестным фактом вторичного соотношения полов.

Таким образом, активность особей сизого голубя в течение суток статистически значимо выше в дневное время на всех изученных площадках в г. Йошкар-Оле. Плотность населения *C. livia* в центральной части города изменяется по сезонам года от 820,95 особей на 1 км² в летний период 2018 г. до 859,14 особей на 1 км² весной 2019 г. Статистически значимой разницы по изменению численности голубей по сезонам года не выявлено.

Следует отметить, что такая немалая численность голубей в рекреационной части города, является небезопасной для населения, т.к. особи *Columba livia* известны как переносчики различных заболеваний. Как в некоторых городах России, в Йошкар-Оле в местах скопления птиц необходимо развешивать предупредительные или ограничивающие подкармливание населением голубей таблички.

Литература

1. Кочанов С. К. Антропогенные и географические факторы в формировании орнитофауны крупных городов европейского Северо-Востока России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2000. 19 с.
2. Арина А. В., Рахимов И. И. Экология сизого голубя (*Columba livia*) в условиях урбанизированной среды города Казани: монография. Казань, Олитех, 2013. 183 с.
3. Гармс О. Я. О городском сизом голубе *Columba domestica livia* в Барнауле // Русский орнитологический журнал. Т. 27. 2018. С. 3445–3462.
4. Равкин Ю. С. К методике учёта птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.
5. Романов В. В., Мальцев И. В. Методы исследований экологии наземных позвоночных животных: количественные учёты: учеб. пособ. Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2005. 79 с.
6. Ильина М. Б., Турмухаметова Н. В. Некоторые особенности экологии сизого голубя в условиях г. Йошкар-Олы // Современные проблемы медицины и естественных наук: Сб. статей Междунар. науч. конф. Вып. 8. (15–19 апреля 2019 г.) Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2019. С. 141–142.
7. Бондаренко С. П. Все о голубях. Донецк, 2002. 656 с.

МАТЕРИАЛЫ ПО ФАУНЕ ПЛАСТИНЧАТОУСЫХ ЖУКОВ (COLEOPTERA, SCARABAEIDAE) ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

Л. Г. Целищева, Г. И. Юферев

Государственный природный заповедник «Нургуш», *tselishchevalg@mail.ru*

Пластинчатоусые жуки играют большую роль в наземных экосистемах. Они участвуют в почвообразовательных процессах и в круговороте веществ, своей жизнедеятельностью ускоряя гумификацию и минерализацию растительных и животных остатков. Могут выступать в качестве объектов питания различных позвоночных и беспозвоночных животных, участвовать в расселении некоторых видов клещей, быть промежуточными хозяевами гельминтов. Пластинчатоусые-фитофаги оказывают немалое влияние на естественные и антропогенные растительные сообщества. С хозяйственной точки зрения среди них имеются виды, повреждающие листья и корни сельскохозяйственных растений и лесных культур.

В настоящее время в фауне России известно 435 видов жуков этого семейства [1]. В Кировской области их зарегистрировано 64 вида [2–5]. По фауне пластинчатоусых жуков заповедника «Нургуш» в литературе имеются сведения об обитании трёх «краснокнижных» видов [6–8] и *Aphodius ivanovi* Leb., нового вида для Кировской области [5]. Обобщенные сводки по скарабеидофауне заповедника отсутствуют.

Материалом для исследования послужили результаты сборов и наблюдений авторов (2003–2019 гг.). Жуки в основном собраны методом почвенных ловушек в семи биоценозах экологического профиля поймы р. Вятки с 2008–2017 гг., применялись также метод кошения в травостое, ручной сбор: с цветущих растений, под камнями и в помете животных. В общей сложности собрано и определено около 400 экз. скарабеид. Материалы хранятся в фондах государственного природного заповедника «Нургуш» (г. Киров), отдельные экземпляры редких видов – в коллекции Зоологического музея МГУ (г. Москва). Обилие видов оценивалось по следующей шкале: редкий (нерегулярные встречи единичных особей), обычный (встречи немногочисленных особей на большинстве маршрутов), многочисленный (встречи большого числа особей на большинстве маршрутов). В настоящее время нет единого взгляда на систематику семейства Scarabaeidae, мы придерживались традиционной систематики [9], видовые названия приведены в алфавитном порядке.

В результате исследований для заповедника «Нургуш» было выявлено 22 вида пластинчатоусых жуков, что составляет третью часть от скарабеидофауны региона. Два вида приводятся впервые для фауны Кировской области (табл.).

Видовой состав пластинчатоусых жуков на исследуемой территории выявлен неравномерно, наиболее изучена фауна на участке «Нургуш», где отмечено 22 вида; на участке «Тулашор» пока известно об обитании 7 видов. В дальнейшем в заповеднике можно ожидать находки не менее 15 видов.

**Видовой состав, встречаемость и обилие пластинчатоусых жуков
(Coleoptera, Scarabaeidae) на территории заповедника «Нургуш»
и его охранной зоны**

№ п/п	Вид	Встречаемость и обилие**			
		участок «Нургуш»		участок «Тулашор»	
		заповедник	охранная зона	заповедник	охранная зона
1	2	3	4	5	6
1	<i>Aegialia (Psammoporus) sabuleti</i> (Panzer, 1797)	+	–	–	–
2	<i>Amphimallon solstitialis</i> (Linnaeus, 1758) – Хрущ июньский	–	++	–	–
3	<i>Anomala dubia</i> Scop – Кузька зеленый	–	+	–	–
4	<i>Aphodius ater</i> (De Geer, 1774) – Афодий черный	–	+	–	–
5	<i>Aphodius ivanovi</i> Lebedev, 1912 – Навозничек Иванова	+	–	–	–
6	<i>Aphodius linearis</i> Reiche et Saulcy, 1856	+	–	–	–
7	<i>Aphodius (Acrossus) rufipes</i> (Linnaeus 1758) – Афодий ржавоногий	–	+	–	–
8	<i>Cetonia aurata</i> (Linnaeus, 1761) – Бронзовка золотистая	+	+	–	+
9	<i>Geotrupes stercorarius</i> (Linnaeus, 1758) – Навозник обыкновенный	+	–	–	–
10	<i>Geotrupes stercorosus</i> (Scriba, 1791) – Навозник лесной	+++	+++	++	++
11	<i>Hoplia parvula</i> Krynicki, 1832 – Гоплия-крошка (Цветоройка малая)	+	++	–	–
12	<i>Melolontha hippocastani</i> Fabricius, 1801 – Хрущ майский восточный	+	++	–	+
13	<i>Oryctes nasicornis</i> (Linnaeus, 1758) – Жук-носорог	–	+	–	–
14	<i>Osmoderma eremita</i> (Scopoli, 1763) – Восковик-отшельник пахучий	+	–	–	–
15	<i>Oxythyrea funesta</i> (Poda 1761) – Бронзовка вонючая	++	++	–	+
16	<i>Potosia lugubris</i> (Herbst 1786) (= <i>Liocola marmorata</i> (Fabricius, 1792) – Бронзовка мраморная	++	+	–	+
17	<i>Potosia fieberi</i> (Kraatz, 1880) – Бронзовка Фибера (Бронзовка сомнительная)	+	–	–	–
18	<i>Potosia metallica</i> (Herbst, 1782) – Бронзовка металлическая (Бронзовка медная)	+	++	–	+

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
19	* <i>Psammobius sulcicollis</i> (Fabricius, 1775)	+	–	–	–
20	* <i>Rhyssenus germanus</i> (Linnaeus, 1767)	+	–	–	–
21	<i>Serica brunnea</i> (Linnaeus 1758) – Хрущик рыжий	++	++	–	–
22	<i>Trichius fasciatus</i> (Linnaeus 1758) – Восковик перевязанный	+	+	–	+
	Итого, видов на участке	22		7	

Примечание: * – новый вид для фауны Кировской области; ** – обилие: + редкий; ++ обычный; +++ многочисленный вид.

Наиболее многочислен в лесах заповедника навозник лесной (*Geotrupes stercorosus*). Обычны восковик перевязанный (*Trichius fasciatus*), хрущик рыжий (*Serica brunnea*) и бронзовки: золотистая, металлическая и вонючая (*Cetonia aurata*, *Potosia metallica* и *Oxythyrea funesta*).

На территории участка «Нургуш» обитает три вида, занесенных в Красные книги Российской Федерации и Кировской области [7, 10]. У воскови́ка-отшельника [7, 10] и бронзовки Фибера [7] единичные особи регулярно встречаются только на заповедной территории. Бронзовка мраморная [7] – обычный вид в заповеднике и редкий в охранной зоне. Личинки этих видов развиваются в гниющей древесине. Наличие большого числа дуплистых деревьев широколиственных пород способствует стабильному существованию их популяций на территории заповедника.

Личинки выявленных видов скарабейд живут не только в гниющей древесине, но и в почве, навозе и, даже, муравейниках (*Potosia metallica*). Имаго могут встречаться на цветах, в кронах деревьев, в почве и навозе.

Благоприятные микроклиматические условия для обитания находят на открытых песчаных берегах южной экспозиции реки Вятки лесостепные виды *Aphodius ivanovi* Leb., *Rhyssenus germanus* (L.), *Psammobius sulcicollis* (F.), у которых, вероятно, на территории заповедника проходит северная граница ареала вида. Предпочитают песчаные и супесчаные почвы речных террас *Anomala dubia* и *Hoplia parvula*.

Широка трофическая специализация обнаруженных на территории заповедника «Нургуш» пластинчатоусых жуков: детритофаги (7 видов), копрофаги (9), фитофаги (6). Есть виды, имаго у которых не питаются (жук-носорог и хрущ июньский). Из фитофагов следует отметить виды (майский хрущ восточный, июньский хрущ), повреждающие корни деревьев, но на охраняемой территории они не образуют очагов массового размножения, существенного влияния на лесные породы не оказывают.

Пластинчатоусые жуки важнейшее звено общего биоразнообразия, они играют большую роль в экосистемах заповедника «Нургуш», требуют дальнейшего изучения в фаунистическом и экологическом отношении.

Литература

1. Кабаков О. Н. Пластинчатоусые жуки подсемейства Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) фауны России и сопредельных стран. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 374 с.
2. Шернин А. И. Отряд Жесткокрылые // Животный мир Кировской области. Киров, 1974. Т. 2. С. 111–227.
3. Юферев Г. И. Отряд Coleoptera – Жесткокрылые // Животный мир Кировской области (беспозвоночные животные). Киров: Изд-во ВГПУ, 2001. Т. 5. С. 120–180.
4. Юферев Г. И. Бронзовка сомнительная *Potosia fieberi* (Kraatz, 1880) // Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. С. 104.
5. Юферев Г. И., Целищева Л. Г. Необычные находки жуков в заповеднике «Нургуш» // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедника «Нургуш»: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 25-летию госуд. природ. заповедника «Нургуш». Киров: ООО «Полиграфовна», 2019. Вып. 3. С. 152–153.
6. Ходырев Н. Н., Шубин С. Е. Новый редкий вид жуков в фауне заповедника «Нургуш» // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников и заказников: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2009. С. 172–173.
7. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
8. Целищева Л. Г., Тарасова Е. М., Лачоха Е. П., Кондрухова С. В., Шубин С. Е. Редкие виды участка «Нургуш» заповедника «Нургуш» // Труды государственного природного заповедника «Нургуш». Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2013. Т. 2. С. 141–163.
9. Медведев С. И. Scarabaeidae – Пластинчатоусые // Определитель насекомых европейской части СССР. М.-Л., 1965. Т. 2. С. 166–208.
10. Красная книга Российской Федерации. Животные. М.: Астрель, 2001. Т. 1. 862 с.

СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА РЕК КУМУШТАК И ШИРАЛДЖИН (ТАЛАССКАЯ ОБЛАСТЬ)

М. В. Чернявская

*Институт биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,
mari27.09@mail.ru*

Реки Киргизии питаются в основном талыми водами сезонных снегов, образующих весеннее половодье, и талыми водами высокогорных снегов и ледников, которые дают основной сток во второй половине лета. По характеру внутригодового распределения стока реки принадлежат к так называемому «тянь-шаньскому» типу, так как имеют половодье в теплый (вегетационный) период года и межень – в холодное время.

Исследуемые реки быстрые. Дно их каменистое, изобилует порогами. В исследуемых реках и ручьях вода прозрачная до дна.

Все текучие водоемы имеют экологическое значение как места обитания своеобразной нагорно-азиатской фауны рыб и многих беспозвоночных животных. Исследуемые реки населены сообществами растений (перифитон)

и животных, исключительно устойчивых к суровым и постоянно меняющимся внешним факторам [1].

Обитающие здесь организмы являются либо широко распространенными, либо являющиеся эндемиками и субэндемиками Центральноазиатского региона.

Все исследуемые реки (Кумуштак и Ширалджин) относятся к бассейну реки Талас. При этом р. Кумуштак является достаточно полноводным притоком р. Талас.

Характеристика мест сбора гидробионтов.

Река Ширалджин. Точка 1 – N 42°21'14,7'', E 71°46'31,44'', высота над уровнем моря 1880 м. Мелкая речушка, на своем протяжении течет то под землей, то местами выходит наружу. Перед впадением в р. Кумуштак разливается по нескольким мелким потокам. Вода прозрачная, дно каменистое. На данной точке был произведен смыв с камней донных беспозвоночных, поскольку взять гидробиологическую пробу рамкой Жадина не представилось возможным.

Река Кумуштак. Поток мощный, скорость течения довольно большая. Вода прозрачная. По берегам наблюдается высшая ратсительность. Дно устлано булыжниками и обломками скал, камнями средней и крупной величины. В данной реке было взято 2 пробы.

Точка 2 – N 42°21'03,5'', E 71°46'25,5'', высота над уровнем моря 1925 м – до впадения р. Ширалджин;

Точка 3 – N 42°21'18,7'', E 71°46'41,4'', высота над уровнем моря 1820 м – после впадения р. Ширалджин.

Наблюдения и сбор материала осуществлялись в августе 2018 г. на 3 станциях, установленных на 2 водотоках – р. Ширалджин и р. Кумуштак.

Сбор организмов осуществлялся при помощи количественной рамки Жадина, модифицированной нами для сбора в быстротекущих водотоках [2, 3]. Этот прибор представляет собой равностороннюю рамку с пришитым к ней мешком из мельничного газа № 48. Одна сторона рамки равна 25 см. С ограниченной рамкой площади дна в мешок смывались прикрепленные к камням и закопавшиеся в подстилающий грунт организмы. В точках, где не представилось возможным использовать рамку Жадина для отбора проб, был произведен смыв с камней донных организмов в таз. Далее отловленные организмы переносились после промывки в емкости с 4% формалином, снабжались этикетками и доставлялись в лабораторию ихтиологии и гидробиологии Биолого-почвенного института НАН КР для дальнейшей обработки. В лаборатории фиксированные организмы выбирались из пробы при помощи микроскопа МБС-10, классифицировались по группам и идентифицировались по возможности до вида [4–8]. В некоторых случаях такую идентификацию не удавалось провести из-за недостаточной систематической изученности отдельных семейств и родов беспозвоночных, населяющих водотоки Центрально-Азиатского региона.

Всего было отобрано 3 гидробиологических пробы: 1 проба в р. Ширалджин, 2 пробы в р. Кумуштак.

Зоопланктон и фитопланктон в данных водоемах как организменные сообщества отсутствуют.

Фауна беспозвоночных исследуемых водотоков представлена личинками амфибиотических насекомых – поденок, веснянок, ручейников, двукрылых, ракообразными и истинно водными организмами – червями.

Ниже приводятся данные по численности отдельных групп и видов из различных точек отбора проб, а именно река Ширалджин (точка 1), река Кумуштак (точки 2, 3).

Таблица

Зообентос рек Ширалджин и Кумуштак (август, 2018 г.)

Видовой состав	Точка 1	Точка 2	Точка 3
1	2	3	4
Тип Vermes – черви			
Класс Plathelminths			
Отряд Turbellaria			
<i>Polycelis</i> sp.	-	+	+
Класс Oligochaeta			
<i>Nais</i> sp.	-	+	+
<i>Eiseniella tetraedra</i> Savigny	-	+	+
Тип Arthropoda – членистоногие			
Класс Crustacea – ракообразные			
Отряд Amphipoda			
<i>Gammarus</i> sp.	+	+	+
Класс Insecta – насекомые			
Отряд Diptera – двукрылые			
<i>Diamesa pseudostylata</i> Tshernovskij, 1949	-	+	+
<i>Diamesa longipes</i> Tshernovskij, 1949	-	+	-
<i>Orthocladius</i> sp.	-	+	-
<i>Orthocladius thienemanni</i> Kieffer, 1906	-	-	+
<i>Orthocladius saxicola</i> Kieffer, 1911	-	-	+
<i>Eukiefferiella brevicar</i> Kieffer, 1911	-	+	+
<i>Eukiefferiella alpestris</i> Goetghebuer, 1934	+	+	-
<i>Eukiefferiella quadridentata</i> Tshernovskij, 1949	+	+	+
<i>Eukiefferiella clypeata</i> Kieffer, 1922	-	-	+
<i>Corynoneura celeripes</i> Winner, 1852	-	-	+
<i>Thienemannimyia</i> sp.	-	+	-
<i>Tanytarsus longipes</i> Achrorov, 1967	-	+	-
<i>Wihelmia</i> sp.	+	-	+
<i>Prosimulium macropyga</i> Lundstrom, 1911	+	-	-
<i>Eusimulium</i> sp.	+	-	-
<i>Simulium (Tetisimulium)</i> sp.	+	+	+
<i>Anthocha</i> sp.	-	+	-
<i>Atherix ibis</i> F., 1798	-	+	-
<i>Atherix basilica</i> Nagatomi, 1979	-	+	+
<i>Tianshanella monstrosa</i> Brodskij, 1930	-	-	+
<i>Platypalpus annulatus</i> Fallen	-	+	-

Окончание таблицы

1	2	3	4
<i>Tipula (Yamatotipula) sp.</i>	-	+	+
Отряд Trichoptera – ручейники			
<i>Brachycentrus subnubilus</i> Curtis, 1834	-	+	+
<i>Micrasema sp.</i>	+	-	-
<i>Limnophilus fuscicornis</i> Rambur, 1842	-	+	-
<i>Hydropsyche guttata</i> Pictet	-	+	+
Отряд Ephemeroptera – поденки			
<i>Epeorus (Iron)</i> из группы <i>montanus</i>	+	+	+
<i>Epeorus (Ironopsis) rheophilus</i> Brodsky, 1930	-	+	+
<i>Rhithrogena tianshanica</i> Brod.	-	+	-
<i>Ephemerella (Drunella) submontana</i> Brodsky, 1930	-	+	-
<i>Baetis sp.</i>	+	-	-
<i>Baetis venustulus</i> Eaton, 1885	+	-	-
<i>Baetis kulindrophthalmus</i> Bogoescu, 1933	+	+	+
Отряд Plecoptera – веснянки			
<i>Filchneria mongolica</i> Klapalek, 1921	-	-	+
<i>Mesonemoura thianshanica</i> Zhiltzova, 1971	-	-	+
Отряд Coleoptera – жуки			
<i>Stenelmis sp.</i>	-	-	+
Всего видов: 40	12	26	24

Как видно из таблицы, видовой состав донных беспозвоночных рек Ширалджин и Кумуштак несколько отличен. Это связано с различными условиями водной среды. Так река Ширалджин представляет собой небольшую речушку достаточно не постоянного характера, на всем своем протяжении данный водоток то течет под землей, то выходит наружу. В данном водотоке был произведен смыв с камней.

Самыми распространенными видами являются: из личинок поденок – *Epeorus (Ironopsis) rheophilus* и *Baetis kulindrophthalmus*, из личинок симулиид – *Simulium (Tetisimulium) sp.*, из личинок хирономид – *Eukiefferiella quadridentata*, которые встречаются во всех гидробиологических пробах, также во всех пробах встречаются гамарусы.

Анализируя вышеуказанный материал, можно сделать вывод, что как в качественном, так и в количественном отношении состав зообентоса в исследуемых водотоках сравнительно богат. Это во многом зависит от периода исследований.

В функциональном отношении макрозообентос является важным компонентом водных экосистем. Различные виды беспозвоночных, населяющие определенный биотоп, образуют популяции, которые в свою очередь формируют сообщества донных животных или биоценозы.

Зообентос для быстротекучих водотоков, особенно в горных экосистемах, имеет информативную значимость для характеристики качества воды, так как виды обладают высокой стенобионтностью, приуроченностью к определенным субстратам, относительной малоподвижностью и неустойчивостью

к повышенной мутности воды и количеству твердых взвесей, чувствительностью к воздействию как органического, так и токсического загрязнения.

Водные стадии таких групп беспозвоночных, как поденки (Ephemeroptera), веснянки (Plecoptera), ручейники (Trichoptera), двукрылые (Orthocladinae) находятся в водной среде от 1 до 3 лет. Поэтому такие изменения в гидрологическом режиме водотока, как осушение ложа, промерзание грунта, поступление загрязнений проявляются в состоянии и функционировании его биоценозов.

Водные беспозвоночные представлены только донными организмами. Зообентос представлен двумя типами, четырьмя классами, 8 отрядами, 20 семействами, 30 родом и 40 видами.

Обнаруженные бентосные виды в своем большинстве широко распространены в водоемах Центрально-Азиатского региона.

На видовое разнообразие и количественное развитие зообентоса влияет количество влекомых наносов, температурный режим, загрязнение воды, суточные и сезонные колебания уровня воды и др.

Литература

1. Бродский К. А. Горный поток Тянь-Шаня. Эколого-фаунистический очерк. Ленинград. 1975. 244 с.
2. Жадин В. И. Методы гидробиологических исследований. М.-Л. 1960.
3. Жадин В. И. Методика изучения фауны водоемов и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. 1956. Т. 4. Ч. 1. С. 279–382.
4. Кустарева Л. А., Лемзина Л. В. Жизнь в водоемах Кыргызстана. Бишкек. 1997. 225 с.
5. Лепнева С. Г. Ручейники. Личинки и куколки подотряда кольчато-щупиковых. Фауна СССР. М.-Л., 1964. Т. 2.
6. Лепнева С. Г. Ручейники. Личинки и куколки подотряда цельно-щупиковых. Фауна СССР. М.-Л., 1966. Т. 2.
7. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб., Т. 1, 1994; Т. 2, 1995; Т. 3, 1997; Т. 4, 1999; Т. 5, 2001.
8. Панкратова В. Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthocladinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae= Tendipedidae). Л. 1970.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНСЕКТИЦИДОВ НА ВРЕДИТЕЛЕЙ И РАСТЕНИЯ ЯЧМЕНЯ СОРТА ИЗУМРУД

*М. В. Черемисинов, С. А. Емелев, Н. П. Юрачева,
А. А. Клешина, А. А. Веретенникова
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
cheremisinov.mv@yandex.ru*

Ячмень – важная сельскохозяйственная культура, одно из древнейших культурных растений в истории человечества.

Зерно ячменя широко используют для продовольственных, технических и кормовых целей.

Для повышения урожайности зерновых культур особое внимание уделяют защите зерновых от вредителей и болезней, которые в свою очередь приводят к значительному понижению сбора зерна и его качества. Проблема усиливается при внедрении ресурсосберегающих технологий и увеличении доли зерновых в севооборотах. В системах защиты растений значительно существенна роль устойчивых сортов, возделывание которых рассматривается на современном этапе как основополагающий метод борьбы с болезнями.

Цель работы: изучить влияние инсектицидов на вредителей и растения ячменя сорта Изумруд.

Актуальность исследований заключается в изучении действия на растения ярового ячменя инсектицидов применяемых для обработки посевов от злаковых мух и почвообитающих вредителей. Что может приводить к потере хозяйственно-полезных признаков сорта и вести к засорению сорта [1–3].

Впервые изучено влияние инсектицидов на вредителей и растения ячменя сорта Изумруд.

На растения ячменя первого поколения M_1 сорта Изумруд воздействовали инсектицидами, применяемыми в период вегетации: децис эксперт, димет с разными нормами расхода.

Такие препараты были выбраны на основании ранее проведенных исследований рядом авторов, в том числе на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА [1, 4–6].

Обработка семян проводилась перед посевом. Расход рабочей жидкости 10 л/т.

Расположение делянок с вариантами опыта систематическое в два яруса, со смещением, повторность четырехкратная. Учетная площадь делянки 1 м^2 . Норма высева семян 500 шт/ м^2 .

Для изучения пестицидов децис эксперт и димет схема опыта включала следующие варианты. Контроль (обработка водой 10 л/т). Димет – 15%. Димет – 20%. Димет – 25%. Децис эксперт – 15%. Децис эксперт – 20%. Децис эксперт – 25%.

В каждом варианте обрабатывали и высевали 500 семян (по 125 зерен на делянку при 4-х кратной повторности). Посев проводили вручную, расстояние между рядками 15 см, между семенами в рядке 4 см, площадь делянки 1 м^2 . Размещение делянок систематическое в два яруса со смещением на 7 номеров.

Для оценки изменчивости количественных признаков определяли основные статистические характеристики: среднюю арифметическую количественных показателей (\bar{x}), ошибку средней арифметической (S_x), коэффициент вариации (C_v) и другие. При оценке показателей альтернативной (качественной) изменчивости определяли долю признака (P_1, P_2 и т.д.) и стандартную ошибку доли (S_p).

Данные, полученные в опыте, варианты (выборки), которые связаны количеством повторений, обрабатывали с помощью дисперсионного анализа для однофакторных экспериментов. По критерию Фишера (F) устанавливали

наличие вариантов, существенно отличающихся от остальных, а критерий наименьшей существенной разницы $HCP=t_{st}$ показывал предельную ошибку разности двух выборочных средних.

Наибольшая повреждаемость шведской мухой была отмечена в контрольном варианте (обработка водой), а именно 72%, максимальная поражаемость шведской мухой наблюдается в варианте с препаратом димет 15%, а именно 51% (табл. 1).

Таблица 1

Поврежденность ячменя шведской мухой после обработки препаратами в первом поколении (в фазу кущения на естественном фоне)

Вариант	Поврежденность ячменя шведской мухой, %
1. Контроль (вода 10л/т)	72,0
2. Димет 15%	51,0
3. Димет 20%	0,5
4. Димет 25%	2,5
5. Децис эксперт 15%	12,0
6. Децис эксперт 20%	1,2
7. Децис эксперт 25%	3,4

Наименьшая поражаемость шведской мухой наблюдается в варианте с обработкой препаратом димет 20%, поражаемость составила 0,5%.

Обработка семян инсектицидами, а именно были использованы препараты: димет и децис эксперт, способствует разной всхожести и выживаемости растений.

Из таблицы 2, видно, максимальный процент всхожести наблюдается при обработке препаратом децис эксперт 25% (58,8%) от высеванных семян, а минимальный процент взошедших семян наблюдается при обработке препаратом децис эксперт 15% (51,4%). Максимальный процент выживших семян наблюдается при обработке препаратом димет 15% (98,8%), а минимальный процент выживших семян наблюдается при обработке препаратом децис эксперт 20% (79,8%) от взошедших семян.

Таблица 2

Всхожесть семян и выживаемость растений в первом поколении

Варианты	Количество			
	взошедших семян		выживших растений	
	абс.	% от высеванных	абс.	% к взошедшим
1. Контроль (вода 10л/т)	264	52,8	258	97,7
2. Димет 15%	271	54,2	268	98,8
3. Димет 20%	286	57,2	247	86,3
4. Димет 25%	260	52,0	254	97,6
5. Децис эксперт 15%	257	51,4	247	96,1
6. Децис эксперт 20%	268	53,6	214	79,8
7. Децис эксперт 25%	294	58,8	277	94,2
HCP_{05}	35,3		31,2	

Под действием препаратов наблюдалось увеличение общей кустистости

от 0,18 до 0,91, за исключением вариантов с обработкой препаратом димет 20% и 25%.

Общая кустистость уменьшилась под действием препарата димет 20% и 25%.

Наименьшая продуктивная кустистость наблюдалась у варианта с обработкой димет 25% 3,78, в контроле – 3,75. Наибольшая продуктивная кустистость отмечена при обработке препаратом децис эксперт 15%.

Достоверное снижение длины стебля наблюдалось в варианте с обработкой димет 25%– 47,88 см, а существенное увеличение длины стебля произошло в варианте с обработкой децис эксперт 20% 51,65 см в контроле 53,31 см.

На снижение массы зерна с колоса повлияла обработка препаратом димет на 0,17, а обработка препаратом децис эксперт привела к повышению массы зерна на 0,01.

При обработке растений ячменя в вариантах опыта с децис эксперт отмечалось только стимулирующее действие за счет увеличения продуктивной кустистости на 0,73, длины колоса 1,71.

При обработке препаратом растений ячменя димет наблюдается депрессирующее действие. Снижалась длина колоса на 0,7.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

Максимальный процент всхожести в полевом опыте наблюдается при обработке препаратом децис эксперт 25% (58,8%) от высеянных семян, а минимальный процент взошедших семян при обработке препаратом децис эксперт 15% (51,4%).

Наибольшая повреждаемость шведской мухой была отмечена в контрольном варианте (обработка водой), а именно 72%. Наименьшая поражаемость шведской мухой наблюдается в варианте с обработкой препаратом димет 20% она составила 0,5%.

При обработке растений ячменя в вариантах опыта с децис эксперт отмечалось только стимулирующее действие за счет увеличения продуктивной кустистости и длины колоса.

При обработке препаратом растений ячменя препаратом димет наблюдается депрессирующее действие.

Литература

1. Дудин Г. П., Лысиков В. Н. Индуцированный мутагенез и использование его в селекции растений: Монография. Киров. Вятская ГСХА, 2009. 208 с.
2. Черемисинов М. В., Помелов А. В., Дудин Г. П. Влияние химических и биологических препаратов на рост и развитие растений ячменя в М1 // Науке нового века: Тезисы докладов 2-ой науч. конф. аспирантов и соискателей. 2002. С. 34–36.
3. Черемисинов М. В. Морфофизиологические и хлорофилльные изменения ярового ячменя под влиянием протравителей семян/ Современные аспекты селекции, семеноводства, технологии, переработки ячменя и овса: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Киров: НИСХ Северо-Востока, 2004. С. 121–123.

4. Помелов А. В. Эффективность протравителей семян яровых зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2009. № 5. С. 21–26.

5. Дудин Г. П., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Емелев С. А. Оценка мутагенной активности химических факторов на яровом ячмене // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 6. С. 32–37.

6. Калам Ю. И., Орав Т. А. Хлорофилльная мутация. Таллин: Валгус, 1974. 59 с.

К ВОПРОСУ О РАСШИРЕНИИ ТЕРРИТОРИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «УЛЬСКОЕ БОЛОТО»

Е. В. Рябова¹, В. М. Рябов¹, С. В. Пестов^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, atylotus@mail.ru*

В настоящее время в мире остро стоит решение глобальной экологической проблемы – сохранения биологического разнообразия. Для этого создаются вновь или расширяются современные границы особо охраняемых природных территорий [1].

В ходе реализации научно-исследовательской работы «Проведение комплексного экологического обследования и подготовка обоснования расширения территории памятника природы регионального значения «Ульское болото» (Государственный контракт 632_19 (ГК 03402000033190032050001) от 26.04.2019) нами проведены исследования по оценке биоразнообразия и состояния экосистем данной особо охраняемой природной территории (ООПТ). Полевые работы проводили в июне и июле 2019 г. Обследуемая территория включает в себя памятник природы регионального значения «Ульское болото» (площадь ООПТ – 3024,9 га), не имеющее охранного статуса Худышевское (Худышинское) болото и примыкающие к ним лесные массивы, в том числе лесной массив в междуречье рр. Ула и Ильина. Территория расположена на северо-западе Кировской области у границы с Республикой Коми в пределах трех административных районов Кировской области: Лузского, Подосиновского, Опаринского.

В результате проведенных работ по обследованию территории, предлагаемой к расширению границ ООПТ регионального значения памятник природы «Ульское болото» (далее – «Ульское болото»), были определены границы будущей перспективной ООПТ. Границы расширенной территории ООПТ «Ульское болото» должны обеспечивать целостность природно-территориального комплекса и достижения максимально возможного для данных условий биотопического разнообразия. Предлагаемые границы создают условия для сохранности территориальной связи болотных экосистем и прилегающих к ним лесных массивов, в том числе лесов, расположенных в междуречье рр. Ула и Ильина, представляющих по сути, единый природно-территориальный комплекс. В целях обеспечения оптимального контроля за функционированием ООПТ, ее транспортной доступности, возможности маркировки на местности ее территории, границы имеют привязку к уже существ-

вующим на местности объектам (квартальным просекам (визирам) дорогам, водотокам). Создание охранной (буферной) зоны вокруг расширенной ООПТ «Ульское болото» считаем не целесообразным.

Предлагаемые границы будут способствовать созданию и обеспечению условий для сохранения болотных массивов и сохранения и восстановления лесных экосистем, поддержания биологического разнообразия, сохранения и воспроизводства редких, охраняемых и хозяйственно значимых объектов животного и растительного мира. Основными причинами для расширения границ «Ульского болота» являются:

1. Наличие значительных площадей нетронутых болотных массивов и уникальных фрагментов старовозрастных лесов (сосняки, ельники с примесью осины).

2. Высокая концентрация биологического разнообразия. На исследуемой территории выявлено 229 видов сосудистых растений из 64 семейств 5 отделов и 5 классов, 149 видов членистоногих, относящихся к 55 семействам и 8 отрядам. Отмечено обитание 186 видов позвоночных животных. Из них: 3 вида рыб, 5 видов из класса Земноводные, 1 вид из класса Пресмыкающиеся, 143 представителей класса Птицы и 34 вида из класса Млекопитающие.

3. На исследуемой территории выявлено обитание 5 видов позвоночных животных, 2 видов сосудистых растений, 1 вида лишайника, внесенных в Красную книгу Российской Федерации [2]. В Красную книгу Кировской области [3] включено 8 видов позвоночных животных, 8 видов сосудистых растений, 1 вид лишайника, 1 вид мха. В Приложение № 2 к Красной книге Российской Федерации в «Перечень объектов животного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде» [2] внесены 3 вида насекомых. В Приложение № 2 к Красной книге Кировской области в «Список редких и уязвимых видов животных, растений и грибов, не внесенных в Красную книгу Кировской области, но нуждающихся на территории области в постоянном контроле и наблюдении» [3] внесен 1 вид позвоночных животных, 4 вида сосудистых растений, 3 вида членистоногих.

4. Наличие на исследуемой территории мест концентрации водных и околоводных птиц в период пролета и на местах гнездования.

5. Болото «Ульское» является одним из крупнейших по площади верховых болот Кировской области и значительная часть его входит в состав ключевой орнитологической территории России международного значения (КОТР) «КОТР Европейской России: КИ – 006 EU – RU – 439», расположенной на территории Опаринского и Подосиновского районов, с общей площадью 46 430 га [4].

6. Часть территории, в пределах Опаринского района является участком общедоступных охотничьих угодий с запретом охоты, созданным для поддержания, воспроизводства и увеличения численности ресурсных охотничьих животных и редких видов [5].

Однако, ныне существующий статус ООПТ «Памятник природы регионального значения «Ульское болото» не позволяет в полной мере устранить или снизить существующие и потенциально возможные негативные антропогенные воздействия как на природные комплексы в целом, так и на отдельные виды (сообщества, экологические группы) в частности. Для данной территории, в предложенных нами границах, целесообразно инициировать процесс по приданию статуса «Государственный природный заказник регионального значения». Возможные названия перспективной ООПТ: Государственный природный заказник «Ульский», или «Ульско-Худышевский таежно-болотный комплекс».

Придание территории статуса природного заказника создаст условия для организованного рекреационного использования территории, в том числе развития экстремального и экологического туризма, что, несомненно, должно отразиться на экономическом развитии и положительном социальном имидже Подосиновского, Опаринского и Лузского районов Кировской области. Обследуемая территория имеет важное значение в ресурсосбережении и средообразовании всего природного комплекса северо-западной части Кировской области.

В качестве мер, ограничивающих хозяйственную деятельность, влекущую за собой нарушения сохранности природных комплексов и объектов и оказывающую заметное негативное антропогенное воздействие предлагаем:

– рассмотреть вопрос об ограничении (запрете) весенней охоты в южной части Ульского болота в пределах участка № 1 общедоступных охотничьих угодий Подосиновского района;

– рассмотреть вопрос об ограничении лесохозяйственной деятельности путем исключения 2–7 кварталов Пушемского участкового лесничества Пинюгского лесничества и 28 Пинюгского участкового лесничества Пинюгского лесничества из перечня перспективных участков для формирования инвестиционных проектов, 23–25 кварталов Пушемского участкового лесничества Пинюгского лесничества из перечня планируемых кварталов для предоставления в долгосрочное использование в целях заготовки древесины по видам конкурсных процедур;

– продолжить изучение природных комплексов и объектов обследуемой (перспективной для создания заказника) территории в различные сезоны, включая комплекс работ по инвентаризации объектов растительного и животного мира и разработке с последующей реализацией программы ведения фонового экологического мониторинга.

Литература

1. Распоряжение правительства Кировской области №109 от 26.04.2013 «Об утверждении Концепции развития особо охраняемых природных территорий Кировской области на период до 2020 года и Перспективной схемы развития особо охраняемых природных территорий регионального значения Кировской области». URL: <http://docs.cntd.ru/document/973039243> (Дата обращения: 26.08.2018).

2. Красная книга Российской Федерации. Животные. М.: Астрель, 2001. 863 с.

3. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы / Под ред. О. Г. Барановой, Е. П. Лачохи, В. М. Рябова, В. Н. Сотникова, Е. М. Тарасовой, Л. Г. Целищевой. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

4. Бакка С. В., Киселева Н. Ю. Новые ключевые орнитологические территории в Кировской области и республике Марий Эл. Ключевые орнитологические территории в России // Информационный бюллетень. № 2. (18). 2003. С. 2–7.

5. Указ Губернатора Кировской области № 160 от 14.12.2012 «Об определении видов разрешенной охоты и параметров осуществления охоты в охотничьих угодьях на территории Кировской области» (с изменениями на 23 января 2015 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/973037214/> (Дата обращения: 26.08.2019).

О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИНЯТИЯ ЗАКОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ «О БОРТЕВОМ ПЧЕЛОВОДСТВЕ»

К. В. Глазырин

Вятский государственный университет, Felix43@list.ru

Бортевое пчеловодство – это старейшая форма пчеловодства, при которой пчелы живут в дуплах деревьев. Дупла могут быть естественными или искусственно выдолбленными в стволе дерева.

К несомненным достоинствам бортевого меда относится его то, что это экологически чистый продукт, обладающий высокой пищевой ценностью. Кроме того, важна экономическая составляющая в занятии бортевым пчеловодством. В настоящее время цена обычного меда колеблется в районе 400–700 руб./кг цена фальсификатов – 150–300 руб./кг. Официальная цена бортевого меда из заповедника Шульган-Таш составляет 4500 руб./кг.

Отсутствие правового регулирования на владение бортевыми деревьями в современном законодательстве не позволяет широким слоям населения законно заниматься этой деятельностью.

Целью настоящей работы является обоснование необходимости принятия законодательного акта регионального значения о бортевом пчеловодстве. При выполнении исследования использовался историко-архивный метод. Также было проведено исследование юридических документов разных эпох, связанных с бортевым пчеловодством.

В результате исследования было выявлено отсутствие юридического обоснования занятия бортевым пчеловодством в лесах расположенных на землях лесного фонда.

В настоящее время в Российском законодательстве никаким образом не урегулированы правоотношения в сфере бортевого пчеловодства. Бортевым пчеловодством в нашей стране занимается незначительное число пчеловодов. Проследим, каким образом развивалось законодательство в отношении бортевого пчеловодства на территории России с древних времен до настоящего времени.

Наши предки добывали мед, забирая его от диких пчел. В тот период в первобытном (присваивающем) хозяйстве отечественными учеными выделя-

ется общественная форма собственности на добытые ресурсы [1]. В тот доисторический период не было оговорено право собственности на дуплистые деревья с поселившимися там пчелами. Каждый, кто первый нашел такое дерево, мог забрать оттуда мед. Этот период называется диким пчеловодством [2]. К концу этого периода, с распространением понятий о собственности, появилось обыкновение делать на деревьях отметки, «знамения», указывающие на принадлежность дерева с пчелами определенному лицу.

На сегодняшний день «живые» свидетельства тех времен сохранились в Башкирии. В музее государственного природного биосферного заповедника «Шульган-Таш» Республики Башкортостан, имеется коллекция таких знаков. Родовой знак – тамга наносился на вещи, деревья и камни. Тамга имела определенное традиционное значение, в какой-то степени законное основание владения. По утверждению ученых-эпиграфистов, эти знаки имели первые черты письменности [3].

Следующий этап пчеловодства после добывания меда, от диких пчел – бортничество. Бортники (стар.) – пчельники, занимались разведением и содержанием пчел, сбором меда, варкой воска [4]. Трудно сказать, когда и как человек впервые занялся бортничеством, но очевидно, что дорабатывать естественные дупла и изготавливать в древесных стволах искусственные дупла для пчел он научился с появлением качественных инструментов из железа [5].

Спустя время, у восточно-славянских племен распались старые родоплеменные связи. Родовая община сменилась на территориальную, образовались большие объединения племен, во главе которых стояли обладавшие значительной властью вожди. Древнерусская государственность происходила за счет военного присоединения племен и распространения на них систем сбора основных налогов – дани (подати).

Само право на бортевые деревья и соответственно доход от них длительное время не было выражено письменно, а сохранялось в памяти людей и являлось обычным правом. В дальнейшем правовые обычаи были закреплены государством в письменных источниках; первый известный на нашей территории – «Русская правда».

В «Русской правде» правоотношения в области бортничества закреплены в ст. 71–75 [6]. Например: «Если кто уничтожит знак собственности на борти, то 12 гривен. Если борть подрубит, то 3 гривны штрафа князю, а за дерево — полгривны. Если украдет рой пчел, то 3 гривны штрафа князю; а за мед, если пчелы не приготовлены на зимовку, то 10 кун».

В других странах восточной Европы, например, в Польше источником обычного права, определявшим порядок пчелиного хозяйства в лесах было «Бортное право». Бортный суд ввел строгие наказания за бортные преступления: достаточно сказать, что похищение пчел наказывалось смертью на виселице. Право это никогда не было утверждено сеймом, поэтому до конца оставалось обычным правом и только некоторые из его пунктов вошли в общие «статуты», т. е. законники [7].

В крупнейших правовых документах Руси – «Судебнике 1497» (эпоха правления Ивана III) и «Судебнике 1550» (Ивана IV) не идет речи о правах владельцев бортовых деревьев. Возможно, потому что это ранее было оговорено в «Русской правде».

Следующий письменный источник – Соборное уложение 1649 г. В главе 17 в статьях 21–24, 35, 218, 219, 223, 239, 240, 243 подробно излагаются наказания за порчу бортовых деревьев, кражу пчел и порядок проведения следствия по таким делам. Кроме того, что не менее важно, оговариваются права помещиков и вотчинников на леса, в которых находятся бортовые угодья и порядок уплаты бортевиками платы (оброка) за пользование бортевыми деревьями [8]. Например: «А будет кто в чюжом же угодье испортит бортное дерево, корень подсечет или подожжет, или каким нибудь обычаем какую поруху учинит нарочно, и в том на него будут челобитчики, и сыщется про то допряма, что он такое дело учинил, и за насильство на нем по суду и по сыску доправить за бортное дерево со пчелами три рубли, а безо пчел, в котором дереве напереть того пчелы были, полтора рубли, а в котором дереве борть была зделана, а пчел не бывало, и за то дватцет пять алтын, за кряжь невыделаной по двенатцати алтын по три денги, сколько их ни испортит».

Мы видим, что законодательство того времени защищает права как владельцев бортовых деревьев, так и владельцев лесов.

В XVIII в. владение бортными деревьями постепенно входит в противоречие с формирующимся правом собственности на лесные участки, носящим абсолютный характер, несовместимый с наличием у других лиц каких-либо прав эксплуатации природных ресурсов на этой территории. К концу XVIII в. значительно возрастают потребности государства в лесоматериалах, для внутреннего потребления: нужды военных и торговых флотов, а также торговля за границу. К началу XIX в. предписания лесохозяйственной науки, ориентированной на получение максимального дохода за счет эксплуатации лесных материалов, подталкивали ведомства Российской империи, к ликвидации традиционных практик лесопользования, в том числе бортничества. В XVIII–XIX в. происходит постепенное изменение правительственной политики по отношению к бортничеству: – от защиты владельческих прав на бортные деревья к прямой борьбе с этим промыслом. Кульминацией борьбы с бортничеством в Российской империи стал циркуляр Министерства государственного имущества 1862 г., поставивший под запрет этот промысел в казенных лесах. В результате этих процессов, уже ко второй трети XIX в. бортничество сохранилось в сравнительно немногих губерниях [9].

В советское время правовые основания для ведения бортевого пчеловодства были только в период действия первого лесного кодекса. С августа 1923 г. на территории РСФСР был введен Лесной кодекс. Он был очень кратким по содержанию. Но вместе с тем предусматривал издание Народным комиссариатом земледелия (НКЗ) многочисленных инструкций и правил в развитие отдельных его статей. Поэтому в 1924 г. юрисконсульт Управления

лесами РСФСР В. С. Колонтаевым был составлен и опубликован Лесной кодекс РСФСР с объяснениями и толкованиями. Приведем выдержки из данного документа касающиеся пчеловодства и в частности интересующего нас бортевого пчеловодства.

В главе 3 «Побочные пользования в лесах» сказано: «К лесным побочным пользованиям относятся: пастьба скота, сенокошение, охота, сбор орехов, сбор лесной подстилки и мха, рыбная ловля в лесных озерах и речках, а равно добыча на территории лесничеств торфа, глины, песку и камня».

Лесные побочные пользования, установленные инструкцией НКЗ 1923 г., виды их, размер и порядок осуществления устанавливаются губернскими земельными управлениями в соответствии с местными условиями и требованиями лесного хозяйства. «Плата за пользование бортевыми и для подвески ульев деревьями устанавливается годовая».

Пчеловодство в лесных дачах. В государственных лесах на основании особых правил допускается устройство и ведение пчеловодства: а) пасечного; б) бортевого; в) стойлового. Далее автор дает свои комментарии о видах пчеловодства, в том числе о бортевом: в настоящее время сохранилось по Каме, на Урале, в Оренбургском крае и в некоторых других местах. Пользование бортевыми деревьями в лесных дачах предоставляется сельским обществам, разного рода трудовым объединениям и отдельным лицам.

В последующих лесных кодексах в СССР уже речи не шло о бортевом пчеловодстве.

В Лесном кодексе РСФСР 1979 г. определен только порядок предоставления участков под пасечное пчеловодство. «В лесах и на землях государственного лесного фонда, не покрытых лесом, колхозам, совхозам, другим предприятиям, учреждениям, организациям и гражданам могут предоставляться участки для размещения пасек и ульев...» [10].

На сегодняшний день единственное место в России, где занимаются бортевым пчеловодством на законном основании с правовой точки зрения это Государственный природный биосферный заповедник «Шульган-Таш». Он расположен в западных предгорьях Южного Урала, в Бурзянском административном районе Республики Башкортостан, в широтной излучине реки Белой. Заповедник был образован в 1958 г., является природоохранным, научно-исследовательским и эколого-просветительским учреждением. Одно из основных направлений деятельности – сохранение и изучение бурзянской бортовой пчелы и бортевого пчеловодства.

В 2012 г. был учрежден комплексный биосферный резерват «Башкирский Урал». Целью образования резервата является сохранение чистопородности бурзянских бортовых пчел, бортевого пчеловодства, как уникальной культурной традиции. Резерват развивается в рамках программы «Человек и биосфера» ЮНЕСКО.

В последнее время на фоне загрязнения окружающей среды многие люди стали проявлять интерес к «экологически чистым» продуктам, полученным без применения современных технологий. К данным продуктам относит-

ся бортовой мед. Он создается бортевыми пчелами – (*Apis mellifera mellifera* L.) без вмешательства человека, без применения подкормок, искусственной вошины и лекарственных препаратов. Собирается с растений, произрастающих в лесу, не подверженных воздействию пестицидов.

Лесистость территории Кировской области составляет 62,7% и климат безусловно позволяют заниматься бортевым пчеловодством. Единственное чего не хватает – это правового обоснования. Для занятия необходимо иметь в собственности или аренде отдельные деревья на обширной территории. Современное законодательство этого не предусматривает. Рассмотрим, что позволяет закон.

В «Лесном кодексе РФ» (2006 г.) в статье 83 есть пункт 1 о предоставлении лесных участков, расположенных в границах земель лесного фонда, в постоянное (бессрочное) пользование, аренду, безвозмездное пользование [11].

В «Приказе Минприроды России» (2017 г.) отмечается, что «Правилами использования лесов для ведения сельского хозяйства» Пункт 4. Леса могут использоваться для ведения сельского хозяйства (...пчеловодства, ... и иной сельскохозяйственной деятельности) [12].

В пункте 14. Написано, что «в качестве кормовой базы для медоносных пчел должны использоваться лесные участки, на которых в составе древесного, кустарникового или травяно-кустарничкового яруса имеются медоносные растения» [13].

Таким образом, существует необходимость скорейшего принятия законодательного акта на уровне субъекта, в котором будет дана правовая основа владения и пользования бортевыми деревьями, вопросы охраны данных деревьев. Данный документ также должен предусмотреть вопросы налоговых поступлений от продажи продуктов бортевого пчеловодства или эксплуатации участков леса (бортевых деревьев) в местные бюджеты или бюджет области. Безусловно, бортовой мед в отличие от обычных медов-конкурентов значительно превосходит их по качеству, ценности и, возможно, себестоимости. Бортовой мед может стать неплохим брендом области. Возрождение бортевого пчеловодства будет иметь и большое рекреационное значение для жителей городов, а также может привлечь туристов из других регионов, что положительно скажется на экономике области.

Развитие бортевого пчеловодства в регионе может помочь создать новые рабочие места по нескольким направлениям: первое – это непосредственно сами бортевики, второе – преподавательский состав (дело это новое, необычное) необходимо создать учебный центр, в котором смогут обучаться не только жители области, но, в перспективе, – и из других регионов.

В данной отрасли практически отсутствует конкуренция, что даст возможность повысить экономику региона. Таким образом, мы обосновали необходимость принятия закона области «О бортевом пчеловодстве».

Литература

1. Тарандо Е. Е. Первобытная собственность: единство труда и собственности // Вестник СПбГУ. Серия 12. 2014. Вып. 4. С. 146–152.
2. Каратыгин Е. С. Пчеловодство // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. Том 25 А. СПб.: Типо-Литография И. А. Ефрона, 1898.
3. О бортовых знаках [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://shulgan-tash-zarovednik.narod.ru/index/0-10> (Дата обращения: 06.11.19).
4. Бортник // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. Т. 4 А. СПб.: Типо-Литография И. А. Ефрона, 1891.
5. Хабибуллин А. Определение качества и полезности бортового меда. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://educontest.net/ru/1793029> (Дата обращения: 06.11.19).
6. Русская правда пространной редакции Суд Ярослава Владимировича. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://flatik.ru/russkaya-pravda-prostranno-j-redakcii-sud-yaroslava-vladimirovi> (Дата обращения: 06.11.19).
7. Бортное право // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. Том 4 А. СПб.: Типо-Литография И. А. Ефрона, 1891.
8. Соборное уложение 1649 г. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://hist.msu.ru/ER/Etext/1649/17.htm> (Дата обращения: 05.11.19).
9. Лоскутова М. В., Федотова А. А. Правительственная политика в отношении бортного пчеловодства в Российской империи XVIII—XIX вв. // Изв. РГО. 2019. Т. 151. Вып. 2. С. 78–95.
10. Лесной кодекс РСФСР 1979 г. (в редакции Указов Президиума Верховного Совета РСФСР от 3 декабря 1979 г.). Статья 74.
11. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 27.12.2018). Статья 83. Пункт 1.
12. Приказ Минприроды России от 21.06.2017 N 314. Гл. 1. Статья 4.
13. Приказ Минприроды России от 21.06.2017 N 314. Гл. 3. Статья 14.

Научное издание

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ
И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Материалы XVII Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием
5 декабря 2019 г.

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова

Дизайн обложки: В. В. Рутман

Подписано в печать 26.11.2019 г. Печать цифровая.

Бумага для офисной техники.

Усл. печ. л. 23. Тираж 100 экз. Заказ № 6075.

Отпечатано с готового оригинал-макета

в центре полиграфических услуг

Вятского государственного университета

610000, г. Киров, ул. Московская, 36.