



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

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

25 ноября 2021 г.

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

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Федеральный экологический оператор»

Информационный центр по атомной энергии Кирова

Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

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

Материалы
XIX Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

г. Киров, 25 ноября 2021 г.

Киров 2021

УДК 502.1(082)
Б632

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

Ответственный редактор:

Т. Я. Ашихмина, д-р техн. наук, профессор, зав. НИЛ биомониторинга ИБ ФИЦ 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, **А. С. Олькова**, с. н. с., д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, в. н. с., д-р биол. наук, **Т. А. Адамович**, доцент, канд. геогр. наук, **Е. В. Береснева**, профессор, канд. пед. 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, **В. М. Рябов**, старший преподаватель, **Е. В. Рябова**, доцент, канд. биол. наук, **С. Г. Скугорева**, доцент, канд. биол. наук, **Н. В. Сырчина**, доцент, канд. хим. наук, **А. С. Тимонов**, н. с., **Е. В. Товстик**, доцент, 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 XIX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Киров, 25 ноября 2021 г. – Киров: Вятский государственный университет, 2021. – 400 с.

ISBN 978-5-98228-248-4

В книгу вошли материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем», которые посвящены изучению экологического состояния природных сред и объектов. Особое внимание уделено применению методов биоиндикации и биотестирования в оценке качества окружающей среды. В сборнике представлены материалы по экологии микроорганизмов, животных и растений и значению данных групп организмов в оценке состояния окружающей среды. Рассмотрены особенности химии и экологии почв, методы почвенного мониторинга.

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.

Конференция проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» и Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

УДК 502.1(082)

ISBN 978-5-98228-248-4

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (ВятГУ), 2021

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

Сафонов А. И. Функциональная значимость меристем растений-индикаторов в биодиагностике природных сред	10
Турмухаметова Н. В. Оценка состояния среды по индексам флуктуирующей асимметрии листовой пластинки некоторых видов древесных растений в Республике Марий Эл.....	13
Канев В. А., Шубина Т. П., Железнова Г. В., Пыстина Т. Н., Семенова Н. А. Первые сведения о разнообразии растительного мира национального парка «Койгородский» (подзона южной тайги, Республика Коми).....	16
Канев В. А. Флора нижнего течения реки Торговая национального парка «Югид Ва» (Республика Коми).....	21
Канев В. А. Восстановление растительности на участке с нефтяным загрязнением при различных методах биологической рекультивации в подзоне крайнесеверной тайги	26
Косолапов Д. А. Биота афиллофороидных макромицетов лесных сообществ бассейна р. Торговая (национальный парк «Югид Ва», Республика Коми).....	32
Юрьева В. А., Мохонько Ю. М., Андриянова Ю. М. Оценка потенциала рекреационной системы Саратовского района Саратовской области	35
Гришина А. А., Сергеева И. В., Мохонько Ю. М., Андриянова Ю. М. Определение устойчивости особо охраняемых природных территорий к долговременным изменениям природной среды.....	39
Соловьев А. Н. Неправомерное использование научных терминов и понятий	43
Карпенко А. Ф. Зеленые технологии в Беларуси.....	47
Жилина В. В., Ашихмина Т. Я. Менделеевская экспедиция на Байкал – хороший урок для молодых исследователей	49
Ондар С. О., Кашкак Е. С. Анализ минерального источника «Шивилиг» Бай-Тайгинского района	56
Сизова Е. Н., Шмакова Л. Н. Экологический мониторинг сточных вод как метод оценки неблагополучия человеческой популяции	58
Шихова Т. Г., Павлов Д. Д., Калашников А. В. Мейзообентос малых водоемов бассейна Обской губы.....	62
Панюкова Е. В., Селиванова Н. П., Данилова Е. В. Перспективы исследований клещей рода <i>Ixodes</i> в Республике Коми	66

<i>Устюжанин И. А., Горностаева Е. А.</i> Оценка влияния автомобильного транспорта на загрязнение атмосферного воздуха на территории, прилегающей к студенческому городку Вятского государственного университета	69
--	----

СЕКЦИЯ 2
МЕТОДЫ БИОДИАГНОСТИКИ В ОЦЕНКЕ
КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<i>Чуракова С. А.</i> Связь параметров флуоресценции хлорофилла <i>a</i> с элементами структуры продуктивности растений ярового ячменя	73
<i>Григорьев Ю. С., Гусева Д. А., Артына Н. К.</i> Рост водоросли хлорелла как показатель «трофности» природных и сточных вод	77
<i>Богуцкая А. Э.</i> Опыт использования корреляционных плеяд в экологическом фитомониторинге	81
<i>Кутявина Т. И., Рутман В. В., Ашихмина Т. Я.</i> Оценка степени развития фитопланктона в крупных водохранилищах Кировской области по результатам расчета нормализованного относительного альгоиндекса	85
<i>Исаева И. В., Макарова В. Н.</i> Оценка состояния воздуха городской среды с использованием флуктуирующей асимметрии листьев березы плосколистной	88
<i>Ложкина Р. А., Томилина И. И., Олькова А. С., Чуйко Г. М.</i> Токсичность разноразмерных частиц диоксида церия для тест-организмов различной систематической принадлежности	93
<i>Ложкина Р. А., Гремячих В. А., Антипов И. А., Комов В. Т.</i> Ртуть в мышцах леща водохранилищ Волжского каскада	96
<i>Землянова В. Е., Кавеленова Л. М., Накрайникова Д. Д., Павлова Е. А., Помогайбин А. В., Рогулева Н. О., Родионова П. В., Розно С. А., Рузаева И. В., Янков Н. В.</i> К перспективам использования рентгенографической экспресс-оценки качества семян в биомониторинге и сохранении биоразнообразия	99
<i>Скугорева С. Г., Домрачева Л. И., Абдухаллилов О. М.</i> Влияние бенз[а]пирена на развитие почвенных микроорганизмов и рост проростков пелюшки	103
<i>Шакирова Л. Н., Ильясова А. Р.</i> Использование сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в биоиндикационной оценке состояния атмосферного воздуха урбанизированных территорий	108
<i>Пчелкин А. М., Макарова В. Н.</i> Биоиндикация в оценке уровня загрязнения атмосферного воздуха городской территории	112
<i>Сараева Д. М., Адамович Т. А.</i> Содержание микроэлементов в семенах маша	115

Зайнулгабидинов А. Э., Игнатъев Ю. А. Использование утилитарных макросов MS Excel для упрощения расчета хроматографических данных... 118

СЕКЦИЯ 3 ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

Переломов Л. В., Пинский Д. Л., Козак С. О., Атрощенко Ю. М. Особенности форм соединений тяжелых металлов в серых лесных почвах сельскохозяйственного использования	122
Дабах Е. В. Тяжелые металлы в почвах в окрестностях производственно-технического комплекса «Марадыковский»	126
Шумилова М. А., Петров В. Г. Адсорбционные модели поведения поллютантов в почве Удмуртии.....	130
Потапова И. А., Ниелина Е. В., Прохорова Н. В. Получение гуминовых и гиматомелановых кислот из отходов бурых углей и исследование их влияния на эффективность биodeградации нефтяного загрязнения почв.....	135
Южанин К. И., Сырчина Н. В. Влияние влажности торфа на электропроводность водной вытяжки	138
Стахурлова Л. Д., Бахтин А. М. Агрохимические свойства дерново-подзолистых почв под различными биоценозами	141
Фокина А. И., Скугорова С. Г., Загоскин М. А., Гущина П. И., Благодатских Я. Ю. Биохимические изменения <i>Melissa officinalis</i> L. под действием <i>Fusarium culmorum</i> и его антагонистов	144

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

Широких И. Г. Изменение антибиотикорезистентности актинобактерий в средах с некоторыми тяжелыми металлами	150
Широких И. Г., Огородникова С. Ю., Назарова Я. И., Шуплецова О. Н. Повышение солеустойчивости табака под влиянием гена <i>codA</i> из <i>Arthrobacter globiformis</i>	154
Бакулина А. В., Лундовских И. А. Применение молекулярно-генетического анализа для идентификации фитопатогенных грибов	158
Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Эргоалкалоиды гриба <i>Claviceps purpurea</i> (Fr.) Tul. как фактор токсичности склероций и биоэкологической опасности зерна ржи и пшеницы	162
Шешегова Т. К. Региональные микробно-растительные системы в условиях изменения экологии и климата	167
Широких А. А. Снижение видового разнообразия миксомицетов заповедника «Нургуш» в засушливый вегетационный период	172

Товстик Е. В., Олькова А. С. Реакция микробного сообщества почвы на солевой стресс	177
Молдован К. Е., Богдан Н. Ю., Бурцева С. А. Каталазная активность микромицетов, выделенных из озера «La Izvoig» г. Кишинев	180
Маркарова М. Ю., Ушакова О. В., Надежкин С. М., Маркарова А. Э. Влияние бактериально-дрожжевого консорциума на качество и урожайность листовой капусты при выращивании ее на почвах, загрязненных кадмием	183
Стариков П. А. Грибы рода <i>Trichoderma</i> как антагонисты фитопатогенов (обзор)	188
Миндубаев А. З., Бабынин Э. В., Акосах Й. А., Караева Ю. В. Адаптации <i>Asperillus niger</i> к белому фосфору	191
Иванов Ф. Д., Зинченко В. В., Горовцов А. В., Невидомская Д. Г., Минкина Т. М., Казарян К. А. Биодиагностика состояния почвенных конструкторов района складирования отходов угледобычи на территории Восточного Донбасса Ростовской области	195
Пуликова Е. П., Горовцов А. В., Невидомская Д. Г., Минкина Т. М., Казарян К. А. Процессы денитрификации в почвах территории породного отвала углеотходов округа г. Шахты (Ростовская область, Россия)	200
Хранилов Ю. П., Еремеева Т. В., Лобанова Л. Л., Юдинцев И. С. Особенности дезинфекции воды ионами меди	205
Безденежных К. А., Кондакова Л. В. Количественные показатели и анализ структуры фототрофных микробных сообществ	207
Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Сукцессия водорослей и цианобактерий почв техногенного ландшафта	210
Кондакова Л. В., Кислицына А. П. Влияние борщевика Сосновского (<i>Heraclium sosnowskyi</i> Manden.) на фототрофные микроорганизмы почвы	213
Гаевский Е. Е., Романюк А. С. Сравнительная оценка использования различных водных культур для выявления почвенных водорослей	216

СЕКЦИЯ 5
ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ
В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Белова К. Д. Анатомическая структура листовых пластинок <i>Eremogone saxatilis</i> (сем. Caryophyllaceae)	219
Душина Е. Э., Савиных Н. П. Некоторые особенности репродуктивной биологии ландыша майского в сосняках Медведского бора	223
Тишин Д. В., Искандиров П. Ю., Чижикова Н. А. Дендрохронологические исследования сосны обыкновенной, произрастающей в условиях олиготрофных болот	228

Бушуева Ю. О., Шитова А. И. Продуктивность пижмы обыкновенной (<i>Tanacetum vulgare</i> L.) на особо охраняемой природной территории «Заречный парк» (Кировская область).....	230
Фардеева М. Б. Биодиагностика популяционной структуры и репродуктивных органов <i>Juniperus communis</i> L. на южной границе ареала ..	233
Ильина В. Н. Состояние популяций эфедры двухколосковой после природных пожаров (Сокские яры, Самарская область)	239
Абдураимов О. С., Алламуратов А. Л., Маматкасимов О. Т. Онтогенетическая структура ценопопуляций <i>Tulipa greigii</i> Regel (Liliaceae) в Узбекистане	242
Булышева О. В., Пересторонина О. Н. Разнообразие лесов с наличием широколиственных пород памятника природы «Медведский бор»	245
Агафонова Е. И., Пересторонина О. Н. Разнообразие сосновых лесов с участием ели и березы на территории памятника природы «Медведский бор»	249
Зеленцов Р. А., Пересторонина О. Н. Березовые леса арендного участка ООО «Сорвижи-лес» (Кировская область)	254
Казакова Ю. В., Пересторонина О. Н. Сосновые леса арендного участка ООО «Сорвижи-лес» (Кировская область)	257
Золотарева А. А., Пересторонина О. Н. Разнообразие еловых лесов арендного участка ООО «Сорвижи-лес» (Кировская область)	262
Меркучева О. Н., Шабалкина С. В. О естественном возобновлении в лиственно-хвойных сообществах Медведского бора (Кировская область).....	265
Гремитских Я. Д., Шабалкина С. В. Особенности естественного возобновления в дендропарке лесоводов Кировской области.....	271
Дёгтева С. В. Гармонизация сети особо охраняемых природных территорий Республики Коми	275
Дюкова А. С., Марамохин Э. В., Бутенина С. А., Сосновикова Е. А. Характеристика фитопланктона малых рек государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына.....	279
Панюков А. А., Тетерюк Б. Ю. Таксономическая структура флоры водоемов выработанных песчаных карьеров юга Республики Коми	284
Шатунов Н. А., Адамович Т. А. Определение содержания микроэлементов в семенах чиа.....	287
Хохрякова И. А., Адамович Т. А. Исследование содержания аскорбиновой кислоты в хвое деревьев.....	289
Коротких А. И., Ковина А. Л., Трефилова Л. В., Скугорева С. Г., Забубенина Ю. С., Стариков П. А., Домрачева Л. И. Влияние мульчи лишайников на рост фасоли обыкновенной	291
Щеклеина Л. М. Биоэкологическая характеристика новых сортов озимой ржи	294

Емелев С. А., Савиных Е. Ю. Влияние биопрепаратов различного происхождения на яровой ячмень сорта Родник Прикамья.....	299
Кислицына А. П. Зерновая продуктивности сортов люпина узколистного в зависимости от погодных условий года.....	303
Пестов С. В., Софронов А. П., Шутова А. С., Харина Н. С., Огородникова С. Ю. Влияние фитофагов и фитопатогенов на биохимический статус листьев плодово-ягодных культур	307
Галкина А. А., Лукаткин А. С. Влияние стрессовых температур на активность каталазы в листьях кукурузы.....	313
Хомиченко А. А. Влияние пролонгированного γ -излучения в дозах до 1 гр на основные тест-системы <i>Tradescantia (clon 02)</i>	317
Елькина А. В., Чукина Н. В., Малева М. Г., Филимонова Е. И., Борисова Г. Г. Перекисное окисление липидов и содержание низкомолекулярных антиоксидантов в листьях <i>Epipactis atrorubens</i> на отвалах Анатольско-Шиловских месторождений асбеста	320
Дорофеева Ю. Д. Аномальные структуры мохообразных в зонах промышленного импакта.....	325
Дрожжина В. Н. Использование показателей генеративной сферы <i>Pinus sylvestris</i> L. для оценки загрязнения окружающей среды	328
Фрунзе О. В. Фиторемедиация загрязненных тяжелыми металлами почв с помощью древесных растений	332
Кравсун Т. И. Динамика проявления вегетативных стратегий растений-индикаторов в Донбассе.....	335
Медяник В. С. Сорно-рудеральные виды астровых в экологическом мониторинге Донбасса.....	338
Фесенко О. О. Палинологические атаки в городах Донбасса.....	341

СЕКЦИЯ 6

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Букина Л. А. Морфологические особенности личинок унцинарий и инвазированность ими беременных и лактирующих самок северного морского котика	345
Бушуева Ю. О., Оботнин С. И. Предварительные данные по кормовой деятельности кабана в южнотаежной подзоне Кировской области	349
Греков О. А. Внедрение геоинформационных технологий в практику охотничьего хозяйства.....	354
Климова А. С., Сиротина М. В. Особенности интерьерных признаков <i>Myodes glareolus</i> на территории Кологривского заповедника и Костромского лесничества	358
Кочурова Т. И. Зообентос в биоиндикации озер вблизи бывшего объекта уничтожения химического оружия	362

<i>Мазеева А. В., Кулакова О. И., Татаринов А. Г.</i> Видовое разнообразие булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera) заказника «Бушковский лес» (Кировская область).....	368
<i>Масленникова О. В., Шихова Т. Г., Панкратов А. П.,</i> <i>Лимендова С. А.</i> ТрEMATодофауна печени вятских лосей.....	373
<i>Соловьев А. Н.</i> Синантропизация птиц в современном городе.....	376
<i>Сурнина Т. А., Арина А. В.</i> Оценка антропогенно-трансформированных территорий структурой орнитоценоза.....	380
<i>Целищева Л. Г.</i> Мониторинг почвенной мезофауны городского газона.....	385
<i>Цепелева М. Л.</i> Зоопланктон реки Вятка в районе г. Котельнич.....	391
<i>Шадрина Я. А., Мурадова Л. В.</i> Оценка состояния популяций щуки обыкновенной и плотвы обыкновенной в р. Вочь на территории Павинского района Костромской области по комплексу показателей.....	396

СЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ МЕРИСТЕМ РАСТЕНИЙ-ИНДИКАТОРОВ В БИОДИАГНОСТИКЕ ПРИРОДНЫХ СРЕД

А. И. Сафонов

Донецкий национальный университет, andrey_safonov@mail.ru

Выделена значимость смещения фокуса внимания фитоиндикационных исследований в промышленном регионе на ткани тотипотентных характеристик в межфазных пограничных переходах и контакте растительного организма с преимущественно токсичной средой в локусах верхнего и нижнего концевых двигателя. Определена направляющая функция меристем для дальнейшего гистоструктурного и органного преобразования растения с индикаторными свойствами в неблагоприятных условиях существования.

Ключевые слова: фитоиндикация, фитодиагностика, Донбасс, экологический мониторинг.

Система фитоиндикационной значимости гетерогенна по своему целевому использованию, связана с особенностями экологических проблем на региональном уровне и традициями научных школ в конкретном исследовательском институте, например, в аспекте радиоактивного загрязнения [1], на урбанизированных территориях [2, 3], в структурной диагностике промышленных экотопов [4, 5], биотестировании [6], при загрязнении почв [7], с применением геоинформационных технологий [8], в широкой биоиндикации [9], экологическом мониторинге [10], для государственных программ фитоиндикационного назначения [11], что стратегически важно для территорий глубоких антропогенных трансформаций [12, 13].

Цель работы – выделить значимость меристематических совокупностей для фитоиндикационных исследований в промышленном регионе. При смещении фокуса внимания на ткани тотипотентных характеристик в межфазных пограничных переходах и контакте растительного организма с преимущественно токсичной средой для верхнего и нижнего концевых двигателя меняется методология биодиагностических мероприятий и актуализируется структурно-функциональный подход в экологическом мониторинге с помощью растительных организмов.

Межфазные или межграницные агрегатные переходы как правило характеризуются большим разнообразием систем и структур, чем типичные зо-

нальные области или гомогенные условия развития – этот эффект можно проследить как на уровне отдельных тканей и систем органов, так и на социорастительных группировках, например, так описан эффект экотона. Фитоиндикация методически связана с ординационными механизмами оценки среды по экологической валентности в шкалообразовании. В таких условиях исследователь имеет только форму конечного состояния или в лучшем случае может фиксировать динамику уже происходящих процессов. Но если есть возможность прогностически моделировать развитие фитоиндикационного признака задолго до системы его экспрессии, тогда вся программа имеет возможность перестроиться на качественно новые преобразования. В зонах функционирования меристем в большинстве случаев уже закладываются те признаки, которые проявятся через несколько дней, месяцев или даже лет; и абсолютно важно выделить реакцию этих тканей с тотипотентными характеристиками, это применяется в фитотестировании пригодности почв, при подсчете корневого индекса, при рассмотрении стадий формирования трихом на стеблях и листьях, при закладке процесса формирования соцветия, или отдельных листовых примордиев и(или) цветочных почек. Опыт фитоиндикационного мониторинга в Донбассе позволяет констатировать, что все регистрируемые соматические аномалии имеют генезис и критические этапы собственного проявления, однако исследователь в таких условиях (если проявляемый признак хозяйственно важен или уничижает систему выживания и репродукции) должен своевременно выделить существующие проявления и иметь возможность корректировать ситуацию в желательных для экологической гармонизации целях. Живая материя, занимая пространство на месте внешней среды, характеризуется отрицательной энтропией и преобразует определенный локус объема в закономерно происходящие процессы внутренней среды. Эти признаки таксоноспецифичны.

В некоторых экспериментах фитоиндикационного содержания было установлено, что от характера функционирования меристем зависит весь процесс выживания конкретной особи, если поставлен опыт по активному мониторингу с использованием тест-организмов, при трансплантационных мероприятиях, реализуемых также с целью биотестирования среды: для воздушной среды по лишенизированным грибам и мохообразным, для водных сред – по реакции точек роста многоклеточных водорослей, для эдафических субстратов – по корневому ответу.

Если степень токсического воздействия превышает пределы выносливости растительного организма, то весь эксперимент по биотестированию находится в условиях неосуществимого задания. В таких случаях первыми реагируют на контактные среды именно функциональные меристемы. В некоторых случаях формируются раневые или каллюсообразовательные инициали как результат срабатывания компенсаторного механизма, обеспечивающего выживание. В дальнейшем, если не произойдет преобразования клеток раневой меристемы в требуемые системы органов верхнего или нижнего концевого двигателя, то фитотест-организм также не проявит своих индикационных

признаков по причине гибели. В качестве примеров важности меристематических изучений доказательны случаи: вектор системы прорастания; разрыв защитных тканей семени, плода; уникальность реализации листовых примордиев и генеративных почек; запуск фотосинтетического аппарата; архитектура побегообразования; тактика настиль, листовых и стеблевых мозаик; разнообразие форм ветвления и расположения в водном или воздушном пространстве – архитектоники.

Меристемы, которые в целевом смысле и рассматриваются в качестве совокупности стволовых клеток, формируют варианты преобразования, которые случайным образом могут иметь преимущества в борьбе за существование и получить временный приоритет в доступе к ресурсу с его средообеспечивающими жизнь функциями во всегда меняющихся экологических условиях.

Следовательно, возрастает функциональный интерес к изучению меристематических образований в фитоиндикационных и биомониторинговых исследованиях в целях своевременной коррекции, построении прогнозных сценариев и успешной реализации экологического эксперимента.

Библиографический список

1. Pozolotina V. N., Antonova E. V. Temporal variability of the quality of *Taraxacum officinale* seed progeny from the East-Ural radioactive trace: is there an interaction between low level radiation and weather conditions? // Intern. J. of Radiation Biology. 2017. Vol. 93. No. 3. P. 330–339. doi: 10.1080/09553002.2016.1254835
2. Zipperer W. C., Wu J., Pouyat R. V. The application of ecological principles to urban and urbanizing landscapes // Ecological Applications. 2000. Vol. 10. No. 3. P. 685–688. doi: 10.2307/2641038
3. Hiremath R. B., Balachandra P., Kumar B. Indicator-based urban sustainability. A review // Energy for Sustainable Development. 2013. Vol. 17. No. 6. P. 555–563.
4. Сафонов А. И. Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2019. № 1 (1). С. 4–16. doi: 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16
5. Сафонов А. И. Гистологические маркеры эмбрионального аппарата фитоиндикаторов Донбасса // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2020. С. 86–89.
6. Зыкова Ю. Н., Скугорева С. Г., Ашихмина Т. Я. Подходы к оценке состояния городских почв методами биотестирования с использованием организмов различной систематической принадлежности и данных химического анализа // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 38–46. doi: 10.25750/1995-4301-2017-3-038-046
7. Montgomery J. A., Klimas C. A., Arcus J. Soil quality assessment is a necessary first step for designing urban green infrastructure // Journal of Environmental Quality. 2016. Vol. 45 (1). P. 18–25. doi: 10.2134/jeq2015.04.0192
8. Yeprintsev S. A. Technologies for creating geographic information resources for monitoring the socio-ecological conditions of cities // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Electronic edition. 2019. P. 012012.
9. Bespalova S. V. Conceptual approaches to standardization in system of environmental biomonitoring // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2013. № 1. С. 8–15.

10. Safonov A. I. Approbation of botanical expertise method in ecological monitoring // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. № 2. С. 219–221.

11. The criteria of assessment of ecological state of environment on thresholds of sensitivity of bioindicators / S. V. Besspalova, O. S. Goretsky, A. I. Safonov, A. D. Shtirts // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2011. № 1. С. 25–43.

12. 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 : ВятГУ, 2019. С. 13–16.

13. Гермонова Е. А. Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. Донецк : ДонНУ, 2019. С. 202–204.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ПО ИНДЕКСАМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

Н. В. Турмухаметова

Марийский государственный университет, bonid@mail.ru

В статье на примере города Йошкар-Олы и некоторых районов Республики Марий Эл показано, что с помощью индекса флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* можно провести оценку качества среды обитания. ИФА листьев *Tilia cordata* и *Quercus robur* дали неоднозначную биоиндикационную оценку.

Ключевые слова: биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, стабильность развития, *Betula pendula* Roth, *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L.

Изучение состояния и адаптаций растений к условиям городской среды, выявление оптимальных признаков-маркеров антропогенного пресса представляет научный интерес. Одним из наиболее удобных биоиндикационных подходов описания качества среды обитания является оценка индекса флуктуирующей асимметрии (ИФА) морфологических структур объектов с билатеральной симметрией, например, листа растения. Часто для такого анализа используют листья разных видов *Betula* [1–3]. Оценка флуктуирующей асимметрии на примере других видов древесных растений проводится реже [4–6].

Целью настоящей работы является выявление индекса флуктуирующей асимметрии листовой пластинки трех видов древесных растений для оценки качества среды обитания некоторых природных и антропогенных территорий Республики Марий Эл.

Исследования проводили в 2000–2019 гг. в различных районах Республики Марий Эл (РМЭ). В г. Йошкар-Оле участки расположены в градиенте загрязнения среды промышленно-транспортными выбросами [7]: № 1 –

ООПТ «Сосновая роща» (зона наименьшего загрязнения), № 2 – микрорайон «Дубки» (зона слабого загрязнения), № 3 – Парк культуры и отдыха имени 30-летия ВЛКСМ, № 4 – окрестности фармацевтического завода ОАО «Марбиофарм» (зона умеренного загрязнения). Участки № 5-7 были выбраны в условиях естественных лесных массивов Юринского, Звениговского, Сернурского районов, соответственно. Объектами исследования являются береза повислая (*Betula pendula* Roth), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.).

Листья *B. pendula* собирали по 10 штук с укороченных побегов 10 генеративных деревьев, *T. cordata* и *Q. robur* – с 5 деревьев. ФА листовой пластинки *B. pendula* и *T. cordata* оценивали по 5 признакам с левой и правой половинок [1, 5, 6], *Q. robur* – по 4 признакам [4]. Рассчитывали интегральный показатель стабильности развития – относительное различие между сторонами листа, осредненного по совокупности признаков, ИФА всех листьев дерева как среднее арифметическое значений асимметрии всех измеренных листьев с этого дерева [1].

Проанализировав данные, было выявлено, что характер изменения показателя ФА листовой пластинки носит разнообразный характер. Выявлена зависимость возрастания ИФА *B. pendula* с повышением степени антропогенного пресса, данная тенденция сохранилась за 20 лет исследования у замаркированных деревьев в г. Йошкар-Оле ($p < 0,01$). В условиях природного биотопа охраняемой территории ИФА составил в среднем 0,37, что соответствует условной норме (балл I) по пятибалльной шкале стабильности развития [1]. В одном из микрорайонов города при слабой автотранспортной нагрузке и в удалении 1 км от предприятия по производству строительных материалов ИФА=0,040, балл II – незначительные нарушения в развитии. ИФА листьев березы экотопа № 3 зоны умеренного загрязнения среды относятся к баллу III – средние нарушения в развитии, № 4 – существенные нарушения (балл IV) [8, 9]. Полученный максимальный ИФА, возможно, свидетельствует о постоянных влияниях не только выбросов химического предприятия, но и автотранспорта.

На участке № 5 (Юринский район, д. Подлесная) ИФА = 0,034, что соответствует I баллу по шкале оценки отклонений. Показатель ФА на участке № 6 (Звениговский район, п. Суслонгер) равен 0,054, что соответствует IV баллу, хотя поселок отличается относительно благоприятной экологической обстановкой. Выяснили, что в этом экотопе регулярно сливали мазут, что и подтверждают существенные нарушения стабильности развития листовых пластинок *B. pendula*.

ИФА листьев *T. cordata*, собранных в городе, а также в лесном фитоценозе Сернурского района РМЭ, выявил критическое состояние растений. Однако листовая пластинка липы сердцевидной изначально обладает некой асимметрией, следовательно, для таких оценок, возможно, следует дополнительно продумать шкалу.

Полученные данные по местообитаниям № 2 и № 7 показали, что ИФА листовой пластинки дуба черешчатого менялся в среднем от 0,090 до 0,094. Показатели значений ИФА для *Q. robur* в обоих случаях соответствуют V баллу по шкале стабильности, что является критическим показателем [4].

Таким образом, ИФА листовой пластинки березы повислой увеличивается в градиенте возрастания степени антропогенной нагрузки. Оценка стабильности развития на примере индекса флуктуирующей асимметрии листовой пластинки еще раз доказала оптимальность использования для целей биоиндикации традиционного для этих исследований древесного вида *Betula pendula*. Применение для подобных работ в качестве тест-объектов *Tilia cordata* и *Quercus robur* требует сбора новых эмпирических данных и дальнейших уточнений.

Выражаю благодарность магистрантам М. В. Сухоруковой и Т. С. Герасимовой за помощь в сборе материала в районах республики.

Библиографический список

1. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов, А. В. Валецкий, Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова, А. Т. Чубинишвили. М. : ЦЭПР, 2000. 66 с.
2. Шадрина Е. Е., Вольперт Я. Л. Опыт применения показателей флуктуирующей асимметрии растений и животных для оценки качества среды в наземных экосистемах: результаты 20-летних исследований природных и антропогенно трансформированных территорий // Онтогенез. 2018. Т. 49, № 1. С. 27–40.
3. Оценка состояния растений по стабильности развития в естественных и антропогенных условиях (флуктуирующая асимметрия признаков листа березы повислой *Betula pendula* Roth) / В. М. Захаров, Е. Г. Шадрина, Н. В. Турмухаметова, Е. Н. Иванцова, Е. А. Шикалова, В. Ю. Солдатова, Н. А. Шарова, И. Е. Трофимов // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 2 С. 191–196. doi: 10.1134/S1062359020020119
4. Гераськина Н. П. Оценка стабильности развития дуба черешчатого на территории национального парка «Орловское полесье» // Самарская лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2009. Т. 18, № 3. С. 240–244.
5. Федорова Т. А. Флуктуирующая асимметрия листа липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) как биоиндикационный параметр оценки качества среды // Вестник КГУ. 2013. № 3. С. 41–43.
6. Зыков И. Е., Федорова Л. В., Баранов С. Г. Оценка биоиндикационного значения уровня изменчивости параметров листовых пластинок липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill) в условиях города Орехово-Зуево и Орехово-Зуевского района // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. 2015. № 1. С. 15–21.
7. Доклад об экологической ситуации в Республике Марий Эл за 2020 г. Ижевск : ООО «Принт», 2021. 180 с.
8. Турмухаметова Н. В. Оценка состояния среды Йошкар-Олы по морфометрическим показателям *Betula pendula* Roth. // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 197–204. doi: 10.1134/S1062359020020090
9. Турмухаметова Н. В., Филиппова А. А. Использование показателей флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth и *Pyrrhocoris apterus* L. в оценке качества среды обитания // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Вятский государственный университет, 2020. С. 106–108.

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗНООБРАЗИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КОЙГОРОДСКИЙ» (ПОДЗОНА ЮЖНОЙ ТАЙГИ, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

***В. А. Канев, Т. П. Шубина, Г. В. Железнова, Т. Н. Пыстина,
Н. А. Семенова***

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, kanev@ib.komisc.ru*

Получены первые данные о флоре мхов, высших сосудистых растений и биоте лишайников национального парка «Койгородский», который в ботаническом отношении пока не изучен. Выявлены новые для Республики Коми местообитания редких видов растений и лишайников, охраняемых на федеральном и республиканском уровнях.

Ключевые слова: национальный парк, биоразнообразие, лишайники, мхи, сосудистые растения, охраняемые растения.

Исследование и мониторинг биоты особо охраняемых природных территорий (ООПТ), которые имеют ключевое значение для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия как основы биосферы, рассматриваются в мире в качестве важнейшего приоритета. Республика Коми, где ландшафты мало трансформированы деятельностью человека, представляет собой уникальный полигон для сохранения и изучения биологического разнообразия. В регионе созданы 234 ООПТ, четыре из которых – Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник, национальный парк «Югыд ва», национальный парк «Койгородский», государственный природный заказник «Параськины озера» имеют федеральный статус, остальные – региональное (республиканское) подчинение. Общая площадь природно-заповедного фонда составляет свыше 5,4 млн га, что составляет 13% от площади республики [1–3].

Создание национального парка «Койгородский» утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 07.12.2019 г. Площадь – 56,7 тыс. га. Леса национального парка, расположенного в Койгородском и Прилузском районах Республики Коми, и примыкающие к границам заповедника «Нургуш», расположенного на севере Кировской области, являются самым крупным не затронутым деятельностью человека массивом девственных южнотаежных лесов в Европе.

Данные о разнообразии растительного мира национального парка «Койгородский» практически отсутствуют. Самые ближние территории, где проводились ботанические исследования, – бассейн р. Летка, окрестности дер. Кобра и с. Койгородок [4]. Цель работы – составление предварительных аннотированных списков видов лишайников, мхов и высших сосудистых растений, выявление местообитания редких охраняемых видов.

Детальное обследование видового разнообразия лишайников выполнено в северной части парка, в окрестностях кордона «Матвей шор». Здесь преобладают старовозрастные осиновые и смешанные осиново-еловые леса пирогенного происхождения, присутствуют участки средневозрастных березняков, сформировавшиеся на месте вырубок, а также небольшой по площади массив старого ельника лога, расположенного в долине ручья, являющегося притоком второго порядка р. Мытец.

Собранная коллекция лишайников насчитывает порядка 400 образцов, в настоящее время находится в стадии обработки. По предварительным данным список лишайников насчитывает около 230 видов, и по мере определения материала будет расширен.

Во время натурного обследования особое внимание уделяли выявлению мест произрастания и концентрации редких и охраняемых видов лишайников в Республике Коми. На территории резервата выявлены новые местообитания восьми лишайников, включенных в Красную книгу Республики Коми [5]: *Cetrelia olivetorum* (Nyl.) W. L. Culb. et C. F. Culb., *Coenogonium luteum* (Dicks.) Kalb & Lücking, *Dendrioscistica wrightii* (Tuck.) B. Moncada & Lücking, *Heterodermia speciosa* (Wulfen) Trevis., *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Pertusaria hemisphaerica* (Florke) Erichsen, *Tuckneraria laureri* (Kremp.) Randle & Thell, *Usnea longissima* Ach. Редкие лишайники представлены в основном неморальными реликтовыми видами, обитающими в старовозрастных тенистых и влажных лесах в южных районах республики. Только один вид *Lobaria pulmonaria* встречался повсеместно в обследованном районе, образуя многочисленные субпопуляции на стволах деревьев. Другие виды редки и не образуют больших популяций, встречаются редко или спорадично.

Самой ценной стала находка дендрискостикты Райта (*Dendrioscistica wrightii*) – одного из редчайших лишайников в мире. Вид исчез в Карелии и Вологодской области, считается вымершим в Центральной Европе. В европейской части России сохранился в Костромской области (заповедник «Кологривский лес»), Республике Коми и в Пермском крае (в пределах горной части Северного Урала в верхней части бассейна р. Вишера). Это одиннадцатое известное в Республике Коми место произрастания лишайника. В настоящее время два местообитания, расположенные на самом юге республики в Прилузском районе, в результате рубки леса были утрачены. Всего в окрестностях кордона «Матвей шор» найдено 12 деревьев с заселяющим их лишайником – 11 в еловых и пихтово-еловых древостоях в долине ручья и одно на плакоре в старом осиннике. Основной форофит – стволы старых древовидных рябин. Была оценена площадь, занимаемая популяцией этого вида, число талломов, их размеры, высота поднятия по стволу, жизненное состояние, наличие органов размножения и другие параметры, характеризующие популяцию вида.

Предварительный список мхов изученной территории, составленный на основе идентификации части бриологических коллекций (более 200 шт. образцов), собранных Д. И. Кудрявцевой и М. В. Дулиным, включает 49 видов,

относящихся к 33 родам, 20 семействам и 4 классам. Объем и названия семейств, родов и видов даны согласно списку бриофитов Европы, Макаронезии и Кипра [6].

В растительных сообществах национального парка широко распространены типично бореальные мохообразные, обычные для зоны тайги – *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Dicranum scoparium* Hedw., *Polytrichum commune* Hedw., *Hylocomiadelphus triquetrus* (Hedw.) Ochyra & Stebel, *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske.

На изученной территории отмечены два редких вида мха, занесенных в Красную книгу Республики Коми [5] и имеющих категорию статуса редкости 3, – *Neckera pennata* Hedw. и *Schistostega pennata* (Hedw.) F. Weber et D. Mohr.

Neckera pennata – вид, охраняемый во многих странах Европы [7], и 52 регионах России, включая Республику Коми [5], обнаружен в пойменных ельниках и осинниках травяных на коре осины и ольхи, на комлях осины, рябины и на гниющей древесине. Этот вид характерен для зоны широколиственных и хвойно-широколиственных лесов, где до середины XX века не являлся редким. Однако начиная со второй половины XX века численность его существенно сократилась. В Республике Коми *Neckera pennata* находится на северном пределе распространения в Европе. Произрастает, преимущественно, в старовозрастных осиновых лесах с повышенной относительной влажностью воздуха, и может представлять интерес как индикатор тех участков осинников, которые в течение достаточно длительного времени не подвергались вырубкам или пожарам. Мох приурочен в большинстве случаев к коре старых осин, растет на стволах выше уровня снегового покрова.

Schistostega pennata, или светящийся мох, найден в облесенной пойме ручья на мелкозем, под корнями упавшего дерева. Этот мелкий однолетний мох приспособлен к росту в условиях низкой освещенности. Его долгоживущая нитевидная протонема способна фотосинтезировать при слабом освещении и светиться мягким золотисто-зелёным светом. В России *Schistostega pennata* присутствует в европейской части, в Сибири и на Дальнем Востоке. В Республике Коми известно 19 находок этого вида в северной и средней тайге, а также на Северном Урале. Вид занесен в Красные книги 19 регионов России.

Помимо перечисленных редких охраняемых видов, интересна также находка *Polytrichum pallidisetum* Funck, sporadически встречающегося на территории Республики Коми. Ближайшие местонахождения *Polytrichum pallidisetum* к территории национального парка «Койгородский» – это заказник «Былина» в Кировской обл., заказники «Юил» и «Важъелью» Сыктывдинского района Республики Коми. *Polytrichum pallidisetum* имеет голарктическое распространение. В России встречается в европейской части (тундровая и лесные зоны), на юге Сибири, на Урале, Дальнем Востоке. Довольно редкий в пределах всего ареала вид, но более обычный в южных районах тайги. Охраняется на территориях Вологодской, Новгородской, Псковской и Ро-

стовской областях. В Республике Коми отмечены 22 местонахождения *Polytrichum pallidisetum*.

В пойме р. Суран на сухом сильно разложившемся органическом субстрате в разнотравном сообществе найден гипоарктогорный ксеромезофитный мох – *Tetraplodon angustatus* (Hedw.) Bruch & Schimp. В России этот копрофитный вид, имеющий строгую приуроченность к определенным субстратам, распространен в основном в южных районах Арктики, а также на севере европейской части, спорадически встречается на Урале и восточнее, значительно реже – в подзоне южной тайги. Растет на останках животных, экскрементах, реже на валежнике или на богатой гумусом почве. Находится под охраной в Архангельской и Вологодской областях и в Удмуртии. В Республике Коми известно 20 местонахождений этого вида.

Концентрация редких и спорадически встречающихся видов мхов отмечена в основном в местах, связанных со старовозрастными лесами и пойменными экотопами. Дальнейшие ботанические исследования, особенно в массивах старовозрастных осиновых лесов, долинных папоротниковых ельниках, на болотах, пойменных и суходольных лугах, в кустарниковых сообществах, несомненно, позволят расширить список мхов еще на 30-40 %.

Флористические исследования высших сосудистых растений были проведены в июне и сентябре 2021 г. в окрестностях кордона «Федоровка» и в июле 2021 г. в окрестностях кордона «Матвей шор» в северной части национального парка. Флора высших сосудистых растений национального парка «Койгородский» насчитывает примерно 200 видов растений, из которых более трех четвертей относится к бореальным видам. Участие видов северных широтных групп незначительное. В связи с тем, что данная территория находится на юге Республики Коми, увеличивается доля представителей южных широтных групп: неморальных и неморально-бореальных видов.

В результате исследований на территории национального парка было выявлено семь видов высших сосудистых растений, занесенных в Красную Книгу Республики Коми [5] и три вида, нуждающихся в биологическом надзоре и включенных в приложение к ней. Все семь охраняемых видов имеют категорию статуса редкости 3: *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Cinna latifolia* (Trev.) Griseb, *Anemonoides ranunculoides* (L.) Holub, *Ficaria verna* Huds., *Thalictrum aquilegifolium* L., *Tilia cordata* Mill., *Viola selkirkii* Purs ex Goldie. Среди видов, нуждающихся в биологическом надзоре, отмечены *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo, *Viola mirabilis* L. Наиболее интересная находка *Thalictrum aquilegifolium* L. из семейства *Ranunculaceae* Juss. Это третье местонахождение вида в Республике Коми, которое подтверждает произрастание его на территории нашего региона. За последние 40 лет данный вид не фиксировался в гербарных сборах, а его экземпляры, хранящиеся в научном гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO), представлены вегетативными экземплярами. Вид обнаружен в пойме р. Суран, на границе разнотравно-злакового луга и разнотравной опушки пойменного смешанного леса. Популяция представлена примерно 300 экземплярами

растений, произрастающими узкой длинной полосой (более 1 км) вдоль русла реки. *Anemonoides ranunculoides* и *Ficaria verna* из семейства *Ranunculaceae* зарегистрированы также в пойме реки, в злаково-осоковых влажных сообществах, в мочажинах, свободных от осок и злаков, на заиленном грунте. Популяции многочисленные, включающие более 500 экземпляров каждого вида, также расположены узкой длинной полосой более 1 км вдоль русла р. Суран. Последние два вида обнаружены в бассейнах р. Летка и Луза, являются раннецветущими видами, поэтому летом их обнаружение затруднительно. Все эти три вида найдены в окрестностях кордона «Федоровка».

Лесной папоротник *Dryopteris filix-mas* из семейства *Dryopteridaceae* Ching, изредка встречающийся на Северном и Приполярном Урале в горнолесном поясе в темнохвойных лесах и в подзоне южной тайги в старовозрастных смешанных лесах, найден нами в подобном типе леса в окрестностях кордона «Матвей шор» в количестве 50 экземпляров. *Tilia cordata* из семейства *Tiliaceae* Juss. также отмечена около кордона «Матвей шор» в виде небольшого куста высотой до 3 м, на склоне к ручью в смешанном пойменном лесу. В дальнейшем возможно еще выявление нескольких местообитаний данного вида в лесных сообществах, не только как подроста, но и в виде отдельных деревьев. *Cinna latifolia* из семейства *Poaceae* Varnhart. отмечена в лесном ручье во влажной эутрофной мочажине в еловом приручьевом лесу около кордона «Матвей шор» в небольшом количестве (около 30 экземпляров). Данный вид спорадически встречается по всей республике и является редкой находкой. В старовозрастных смешанных разнотравно-зеленомошных лесах найдены достаточно большие популяции *Viola selkirkii* из семейства *Violaceae* Batsch. Все выше перечисленные виды охраняемых растений, кроме *Cinna latifolia* и *Viola selkirkii*, являются представителями широколиственных лесов, то есть неморальными видами.

В 2021 г. изучение флоры было сосредоточено в основном в северной более доступной части национального парка «Койгородский». Дальнейшие ботанические исследования, охватывающие другие части резервата, позволят дополнить данные о разнообразии растительного мира и выявить новые местообитания редких охраняемых видов.

Собранные образцы растений и лишайников хранятся в УНУ «Научный гербарий Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO)».

Библиографический список

1. Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми / под ред. С. В. Дегтевой, В.И. Пономарева. Сыктывкар, 2014. 428 с.
2. Состояние изученности природных ресурсов Республики Коми. Сыктывкар, 1997. 200 с.
3. Особо охраняемые природные территории Республики Коми: итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар, 2011. 256 с.
4. Мартыненко В. А., Груздев Б. И., Канев В. А. Локальные флоры таежной зоны Республики Коми. Сыктывкар, 2008. 76 с.
5. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар : ООО «Коми республиканская типография», 2019. 768 с.

6. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus / N. G. Hodgetts, L. Söderström, T. L. Blockeel, S. Caspari, M. S. Ignatov, N. A. Konstantinova, N. Lockhart, B. Papp, C. Schröck, M. Sim-Sim, D. Bell, N. E. Bell, H. H. Blom, M. A. Bruggeman-Nannenga, M. Brugués, J. Enroth, K. I. Flatberg, R. Garilleti, L. Hedenäs, D. T. Holyoak, V. Hugonnot, I. Kariyawasam, H. Köckinger, J. Kučera, F. Lara, R. D. Porley // *Journal of Bryology*. 2020. Vol. 42, No. 1. P. 1–116. doi: 10.1080/03736687.2019.1694329
7. Red Data Book of European Bryophytes. Trondheim, 1995. 291 p.

ФЛОРА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ТОРГОВАЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЮГЫД ВА» (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

В. А. Канев

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, kanev@ib.komisc.ru*

Была впервые исследована флора нижнего течения реки Торговая (бассейн р. Щугор) Национального парка «Югыд Ва» (Республика Коми) расположенная на Приполярном Урале, которая в ботаническом отношении не изучена. Выявлена систематическая, таксономическая и географическая структура флоры. В результате исследования выявлены местообитания редких охраняемых видов растений.

Ключевые слова: флора, сосудистые растения, национальный парк, Приполярный Урал, охраняемые растения.

Исследование и мониторинг биоты особо охраняемых природных территорий (ООПТ), которые имеют ключевое значение для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия как основы биосферы, рассматриваются в мире в качестве важнейшего приоритета. Республика Коми, где ландшафты мало трансформированы деятельностью человека, представляет собой уникальный полигон для сохранения и изучения биологического разнообразия. В регионе созданы 232 ООПТ, три из которых – Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник, Национальный парк «Югыд ва» и Национальный парк «Койгородский» – имеют федеральный статус, остальные – региональное (республиканское) подчинение. Общая площадь природно-заповедного фонда составляет 5443122,56 га – примерно 13% от общей площади республики [1–4].

Национальный парк «Югыд ва», расположенный в Республике Коми – один из крупнейших природоохранных объектов федерального значения, утвержденный Постановлением Правительства Российской Федерации в 1994 г. Сосредоточенный здесь крупнейший в Европе массив ненарушенных таежных лесов играет важную роль в сохранении естественного хода природных процессов и поддержании разнообразия таежного биома. Резерват занимает площадь около 20 тыс. км² и расположен на западном склоне Уральского хребта, охватывая горную, предгорную и равнинную орографические зоны.

Протяженность парка с севера на юг составляет 280 км, с запада на восток – от 50 до 100 км [1, 4].

Несмотря на то, что в последние десятилетия специалистами Института биологии Коми НЦ УрО РАН проведено углубленное изучение растительности, флор сосудистых и споровых растений национального парка, биот лишайников и грибов, выявлены новые, в том числе редкие виды и изучена структура их популяций, многие труднодоступные участки этого крупного резервата и западного макросклона Приполярного Урала в целом до настоящего времени не обследованы или обследованы не в полной мере [2–4].

В период 2019–2021 гг. продолжено изучение разнообразия растительного мира ключевых участков, расположенных на Приполярном Урале в центральной и северной частях Национального парка «Югыд ва». В 2020 г. проведены полевые исследования на ключевом участке, расположенном в нижнем течении р. Торговая (бассейн. р. Щугор). Изучение флоры сосудистых растений нижнего течения р. Торговой выполняли маршрутным методом с обследованием всех встречающихся местообитаний и типов растительности. Протяженность радиальных маршрутов составляла до 7 км. Кроме того, при составлении списка локальной флоры использованы данные геоботанических описаний. Списки видового состава локальной флоры документированы гербарными сборами, хранящимися в гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO). Определение растений выполнено с использованием монографии «Флора Северо-Востока европейской части СССР» [5]. Данная сводка использована и при отнесении вида к географическим группам ареалов. Названия растений и расположение семейств приводятся по сводке С. К. Черепанова [6].

Проведен таксономический, систематический, географический, экологический и биологический анализ флоры. При географическом анализе использован метод биогеографических координат Б. А. Юрцева [7], согласно которому для каждого вида определен широтный и долготный типы ареалов.

Согласно геоботаническому районированию бассейн Щугора и его крупного притока – Торговой относится к Восточноуральско-Западносибирской подпровинции Урало-Западносибирской таежной провинции Евразийской таежной области и располагается в северной подзоне тайги [8]. По схеме районирования, принятой для Республики Коми, он входит в округ пармовых и горных еловых, пихтовых и пихтово-еловых лесов с участием кедра и лиственницы на Северном и Приполярном Урале [9].

Флора нижнего течения реки Торговая насчитывает 267 видов сосудистых растений, относящихся к 156 родам и 59 семействам. Пропорция флоры (среднее число родов и видов в одном семействе) составляет 1:2,6:4.5.

К высшим споровым сосудистым растениям, которые представлены папоротниками, хвощами, плаунами, относятся 20 видов (7,5%). Семь видов принадлежат к папоротниковидным: *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt, *Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *Cryptogramma crispa* (L.) R. Br. и др.

Разнообразие хвощевидных и плауновидных примерно такое же (шесть и семь видов соответственно), как и папоротниковидных. Шесть видов принадлежат к голосеменным растениям, которые представлены хвойными: *Abies sibirica* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour, *Juniperus communis* L. и *J. sibirica* Burgsd. Первые четыре из перечисленных видов принадлежат к числу эдификаторов лесных сообществ.

Остальные виды (241) относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 77 – однодольные, а 164 – двудольные. Соотношение однодольных и двудольных составляет 1:2.1. Однодольные растения представлены семействами *Sparganiaceae* Rudolphi, *Potamogetonaceae* Dumort., *Scheuchzeriaceae* Rudolphi, *Poaceae* Barnhart, *Cyperaceae* Juss., *Juncaceae* Juss., *Melanthiaceae* Batsch, *Alliaceae* J. Agardh, *Trilliaceae* Lindl., *Liliaceae* Juss., *Convallariaceae* Horan., *Orchidaceae* Juss. Двудольные принадлежат к семействам *Salicaceae* Mirb., *Betulaceae* S.F. Gray, *Polygonaceae* Juss., *Caryophyllaceae* Juss., *Ranunculaceae* Juss., *Paeoniaceae* Rudolphi, *Brassicaceae* Burnett, *Crassulaceae* DC., *Saxifragaceae* Juss., *Parnassiaceae* S.F. Gray, *Grossulariaceae* DC., *Rosaceae* Juss., *Fabaceae* Lindl., *Geraniaceae* Juss., *Oxalidaceae* R.Br., *Callitrichaceae* Link, *Empetraceae* S.F. Gray, *Hypericaceae* Juss., *Violaceae* Batsch, *Onagraceae* Juss., *Apiaceae* Lindl., *Pyrolaceae* Dumort., *Ericaceae* Juss., *Primulaceae* Vent., *Menyanthaceae* Dumort., *Polemoniaceae* Juss., *Boraginaceae* Juss., *Lamiaceae* Lindl., *Scrophulariaceae* Juss., *Lentibulariaceae* Rich., *Rubiaceae* Juss., *Caprifoliaceae* Juss., *Adoxaceae* Trautv., *Valerianaceae* Batsch, *Campanulaceae* Juss., *Asteraceae* Dumort.

Наибольшим числом видов отличаются семейства *Poaceae* (31), *Asteraceae* (26), *Cyperaceae* (25), *Rosaceae* (18), *Ranunculaceae* (14), *Caryophyllaceae* (13), *Ericaceae* (11), *Salicaceae* (10), *Scrophulariaceae* и *Juncaceae* (по 8). Остальные семейства включают от шести до одного вида. Доля видов в 10 ведущих семействах составляет 61,4%.

Среди родов наибольшим числом видов представлен род *Carex* L. (19). Второе место по численности занимает род *Salix* L. (10). Заметным разнообразием видов также отличаются роды *Stellaria* (7), *Hieracium* L. (6), *Equisetum* L. (6), *Poa* L. (6), *Rubus* L. (5), *Lusula* DC. (5), *Eriophorum* L. (4), *Viola* L. (4), *Lycopodium* L. (4). Остальные роды включают от трех до одного вида. Родовая насыщенность составляет 1.7. Родовой коэффициент составляет 58,4%.

Растения, произрастающие в нижнем течении р. Торговой, относятся к разным географическим элементам. Географический анализ флоры по составу широтных групп показал преобладание бореальных видов, которых больше половины от общего числа выявленных сосудистых растений – 156 видов или 58,4%. Среди бореальных видов такие эдификаторы и доминанты растительных сообществ, как *Abies sibirica*, *Larix sibirica*, *Picea obovata*, *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin., *Carex rostrata* Stokes, *Aconitum septentrionale* Koelle, *Bistorta major* S.F. Gray, *Crepis sibirica* L. Намного меньше таксонов (91 вид или 34,2%) принадлежат к северным широтным группам: арктической, арктоальпийской и гипоарктической. Арктических видов, характерных для тундро-

вой зоны, 12 или 4,5%: *Carex rariflora* (Wahlenb.) Smith, *C. rotundata* Wahlenb., *Luzula wahlenbergii* Rupr., *Salix lanata* L., *Ranunculus sulphureus* C.J. Phipps, *Hedysarum arcticum* B. Fedtsch., *Harrimanella hypnoides* (L.) Cov., *Taraxacum nivale* Lange ex Kihlm. и др. Аркто-альпийских видов 42 или 15,8%: *Cryptogramma crispa* (L.) R. Br., *Poa alpina* L., *Eriophorum scheuchzeri* Hoppe, *Salix nummularia* Anderss., *Oxyria dygyna* (L.) Hill, *Potentilla crantzii* (Crantz) G. Beck ex Fritsch, *Omalotheca supina* (L.) DC., *Pachypleurum alpinum* Ledeb. и др. Гипоарктических видов отмечено 37 видов или 13,9%: *Equisetum scirpoides* Michx., *Juniperus sibirica* Burgsd., *Calamagrostis lapponica* (Wahlenb.) C. Hartm., *Betula tortuosa* Ledeb., *Pinguicula vulgaris* L., *Polemonium acutiflorum* Willd. ex Roem. et Schult., *Chamaepericlymenum suecicum* (L.) Aschers. et Graebn., *Tephrosieris integrifolia* (L.) Holub и др.

Суммарное участие южных широтных групп (10 видов) составило 3,7%. Лесостепных видов не отмечено. Неморально-бореальных видов зарегистрировано 9 или 3,4%: *Dryopteris dilatata*, *Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt, *Melica nutans* L., *Milium effusum* L., *Poa nemoralis* L., *Paris quadrifolia* L., *Padus avium* Mill., *Lamium album* L., *Crepis paludosa* (L.) Moench; они произрастают в смешанных лесах разнотравных в долине реки. Неморальный вид один (0,3%) – *Stellaria holostea* L.; произрастает в пойме реки под пологом леса. Десять видов (3,7%) имеют полизональное распространение: *Equisetum arvense* L., *E. fluviatile* L., *E. palustre* L., *Potamogeton alpinus* Dumort., *Sparganium emersum* Rehm., *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, *Cerastium holosteoides* Fries, *Sagina procumbens* L., *Callitriche cophocarpa* Sendtner, *Hieracium hypoglaucum* (Litv. et Zahn) Juxip; большинство из них произрастает во влажных, водных и болотных сообществах.

Среди долготных групп преобладают виды с широкими голарктическими – *Phegopteris connectilis*, *Juniperus communis*, *Poa palustris* L., *Alopecurus aequalis* Sobol., *Carex pauciflora* Lightf., и евразийскими ареалами – *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G.Kunze) Kurata, *Agrostis gigantea* Roth, *Carex juncella* (Fries) Th. Fries, *Veratrum lobelianum* Bernh., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Veronica longifolia* L., *Senecio nemorensis* L. Их доли составляют соответственно 43,1 и 33,3% от общего числа видов. Это типичная черта флоры таежной зоны Голарктики.

Европейских видов 30 или 11,2% от общего числа таксонов – *Anthoxanthum odoratum* L., *Nardus stricta* L., *Trollius europaeus* L., *Euphrasia frigida* Pugsl., *Solidago virgaurea* L. К азиатским видам относятся 28 видов или 10,5%: *Abies sibirica*, *Larix sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Juniperus sibirica*, *Trisetum sibiricum* Rupr., *Salix jenisseensis* (Fr.Schmidt) B. Floder., *Cerastium davuricum* Fisch. ex Spreng., *Ribes hispidulum* (Jancz.) Pojark., *Sorbus sibirica* Hedl. и другие. Соотношение европейских и азиатских (сибирских) видов закономерно отражает положение изученной территории на границе двух частей света – Европы и Азии. Космополитных видов три (1,3%) – *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Sagina procumbens*, *Callitriche cophocarpa*. Два вида (0,8%) являются эндемиками Северного и Приполярного Урала – *Gagea*

samojedorum Grossh., ветреница пермская (*Anemonastrum biarmense*) (Juz.) Holub.

Во флоре нижнего течения реки Торговая произрастают 11 видов, занесенных в Красную книгу Республики Коми [10]. Два вида – *Cryptogramma crispa*, *Pinus sibirica*, отнесены к группе таксонов с категорией статуса редкости 2. Девять видов классифицированы как редкие (категория статуса 3) – *Anemonastrum biarmiense*, *Rhodiola rosea* L., *Paeonia anomala* L., *Gagea samojedorum*, *Ranunculus sulphureus*, *Lagotis uralensis* Schischk., *Cirsium helenioides* (L.) Hill, *Artemisia norvegica* Fries., *Tephrosieris atropurpurea* (Ledeb.) Holub. Семь видов нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение 1 к региональной Красной книге: *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo, *Oxyria dygyna*, *Hedysarum arcticum*, *Harrimanella hypnoides*, *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv., *Phyllodoce caerulea* (L.) Bab., *Veronica alpina* L. Все флористические находки редких и охраняемых видов для данного района являются новыми.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН № гос. регистрации АААА-А19-119011790022. Собранные образцы хранятся в УНУ «Научный гербарий Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO)».

Библиографический список

1. Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми / под ред. С. В. Дегтевой, В. И. Пономарева. Сыктывкар, 2014. 428 с.
2. Состояние изученности природных ресурсов Республики Коми. Сыктывкар, 1997. 200 с.
3. Особо охраняемые природные территории Республики Коми: итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар, 2011. 256 с.
4. Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва») / под ред. С. В. Дегтевой. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2016. 483 с.
5. 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.
6. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / под ред. Г. С. Розенберга, С. В. Саксонова. СПб. : Мир и семья, 1995. 990 с.
7. Юрцев Б. А. Флора Сунтар-Хаята. Проблемы истории высокогорных ландшафтов Северо-Востока Сибири. Л.: Наука, 1968. 235 с.
8. Исаченко Т. И., Лавренко Е. М. Ботанико-географическое районирование // Растительность Европейской части СССР. Л. : Наука, 1980. С. 10–20.
9. Леса Республики Коми / под ред. Г. М. Козубова, А. И. Таскаева. М. : Дизайн. Информация. Картография, 1999. 332 с.
10. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар : ООО «Коми республиканская типография», 2019. 768 с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УЧАСТКЕ С НЕФТЯНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ В ПОДЗОНЕ КРАЙНЕСЕВЕРНОЙ ТАЙГИ

В. А. Канев

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, kanev@ib.komisc.ru*

Проведено наблюдение восстановления растительности на нефтезагрязненном участке при проведении биорекультивации с применением различных биопрепаратов и агротехнических приемов в течение 19 лет на девяти пробных площадях. Восстановление растительности, близкой к фоновой, произошло на опытной площадке, которая была оставлена на самовосстановление без применения биопрепаратов и агротехнических приемов биорекультивации.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, восстановление растительности, крайнесеверная тайга, биорекультивация.

Изучение закономерностей восстановительных сукцессий почвенных сообществ, нарушенных в результате антропогенной деятельности, определение комплекса абиотических и биотических параметров – маркеров определенных этапов восстановления имеет важность для диагностики состояния почв и оценки эффективности применяемых методов рекультивации. Комплексных исследований демулационных сукцессий почвенных сообществ после нефтяного загрязнения немного. Особенно важны такие работы в районах промышленной добычи нефти на Крайнем Севере, где в результате аварийных разливов нефти происходит загрязнение природных экосистем.

Восстановительные сукцессии растительности изучали на территории Усинского района Республики Коми. Район исследований расположен в бассейне нижнего и среднего течения р. Колва в Усинско-Колвинском еловолесотундровом геоботаническом округе в подзонах лесотундры и крайнесеверной тайги Печорско-Уральской подпровинции [1]. Целью проводимой работы было сравнить эффективность некоторых отечественных и зарубежных технологий с применением биопрепаратов, сорбентов и агротехнических приемов для обоснования параметров регламента по проведению биорекультивации в условиях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Сбор материала проводили на опытном участке 20 (Возейское нефтяное месторождение), расположенном в зоне деятельности ТПП “Лукойл-Усинскнефтегаз”. Почва участка торфяная. Разлив нефти произошел в 1996 г.; торфяная залежь была пропитана нефтью на глубину 1,0–1,5 м. К началу рекультивации, проведенной в 2002 г., содержание нефти в почве составляло от 87 до 465 мг/г [2]. В июне 2002 г. заложили опыт по изучению эффективности различных

методов биорекультивации. Предварительно провели техническую рекультивацию: осушение участка, сбор нефти с поверхности почвы, фрезерование на глубину 30–40 см [2–5].

В данном материале представлены краткие результаты мониторинга растительности в рамках комплексного мониторинга на участке 20 за почти двадцатилетний период наблюдения (2002–2021 гг.) [5–7]. Проведение геоботанических описаний с целью мониторинга динамики растительности было проведено в августе 2021 г. до этого описания проводились в августе 2006, августе 2014 и июне 2019 годов [5–7]. Геоботанические описания проводили с помощью стандартных методик, которые приняты в геоботанике, на опытных площадках 0,2 га, для проведения описания закладывали площадки 1x1 м. В случае сильной мозаичности фитоценоза (на ранних стадиях) иногда описания проводились в двух-трехкратной повторности на каждой опытной площадке. При характеристике фитоценозов учитывали древесный состав сообществ, видовой состав травянистых растений, участие видов в травостое и общее проективное покрытие травянистого яруса (ОПП), участие лишайниково-мохового покрова. В августе 2021 г. было проведено 9 геоботанических описаний на пробных площадях.

Опыт 1. В начале опыта был внесен биопрепарат «Петролан» на торфоносителе, обработка почвы минеральными удобрениями и микроэлементами. В начале опыта на данном участке были высеяны *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, *Agrostis gigantea* Roth, *Phleum pratense* L., *Trifolium pratense* L., *Avena sativa* L., из данных видов травянистых растений только *Phalaroides arundinacea* смогла закрепиться и остаться в доминантах. *Avena sativa* сразу выпал из фитоценоза, *Trifolium pratense* в единичных экземплярах фиксировался только на начальных этапах, позже он тоже выпал из фитоценоза. *Agrostis gigantea* и *Phleum pratense* присутствуют в данном опыте на всех этапах развития, но никогда ни играли какой-то роли в данном фитоценозе. На начальном этапе развития также было много сорных и «пионерных» растений, которые в дальнейшем выпали из фитоценоза. Древесная растительность представлена *Betula pubescens* Ehrh. и несколькими видами ив, которые увеличивают свое участие в данном фитоценозе. Мохового покрова на начальных этапах восстановления не было, в дальнейшем он появился и сейчас его доля участия тоже увеличивается, также как и некоторых болотных травянистых растений – *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin., *Eriophorum vaginatum* L., *Carex limosa* L., *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb. Сообщество: разнотравно-канареечниковое травянистое.

Контроль (опыт 2). Данная площадка была оставлена на самовосстановление. В 2006 г. естественной растительности не обнаружено, за прошедшее время произошло самовосстановление до разнотравно-пушищьевого сообщества в основном видами естественной растительности из местной флоры – луговыми и болотными травянистыми растениями из родов *Carex* L. и *Eriophorum* L., болотными кустарничками: *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Ledum palustre* L., *Empetrum hermaphroditum* Hagerup, большин-

ство этих видов растений на других участках не отмечены. Также на этом участке довольно много различных молодых кустарников и деревьев. Сорные «пионерные» виды отсутствовали. Сообщество: разнотравно-пушищевое.

Опыт 3. В данном опыте были внесены компост и биопрепараты «Ини-поль ЕАР 22» и биопрепарат “ДЕКОНТАМ-3”. Высеяны *Phleum pratense*, *Agrostis gigantea*, *Phalaroides arundinacea*, *Avena sativa*. На данном участке структура травянистого растительного сообщества мозаичная. Из сеянных трав осталась *Phleum pratense* в виде одиночных экземпляров. Общее участие травянистыми многолетними растениями не изменилось, произошло изменение среди доминирующих видов, вместо *Agrostis gigantea* и ранее посеянной *Phleum pratense* стала доминировать *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., кроме того стало заметно участие в травостое болотных растений из родов *Carex* и *Eriophorum*. Также продолжается увеличение доли участия мохового покрова и велико участие древесных растений. Сообщество: злаково-разнотравное ивовое.

Опыт 4. На данный участок был внесен биопрепарат «Универсал» и были высеяны *Agrostis gigantea*, *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Phleum pratense*, *Avena sativa*. *Bromopsis inermis* не закрепился на данном участке, уже на 4 году опыта он не был обнаружен, *Phleum pratense* выпала позже и сейчас не фиксируется. Из этих видов в фитоценозе осталась только *Agrostis gigantea*, но она на всех стадиях никогда не являлась доминантом или содоминантом. Так как вначале опыта на этом участке много было мест, свободных от растительности (ОПП около 50%), на такие участки заселилась *Deschampsia cespitosa*, которая стала монодоминантом на данном опыте. На начальных этапах развития в данном сообществе было много сорных и пионерных видов растений, которые на третьем этапе развития полностью выпали из сообщества и заменились на щучку дернистую и местные болотные осоки и злаки. На 2021 г. здесь отмечены щучковые травянистые сообщества, с преобладанием *Deschampsia cespitosa*, также отмечено 2 вида из рода *Eriophorum*, которые преобладают в сырых мочажинах. Отмечено увеличение общего числа древесных растений и доли мохового покрова. Сообщество: щучковое травянистое.

Опыт 5. В первый год проведена обработка площадки биопрепаратом на основе птичьего помета «Омуг», обработка комплексным минеральным удобрением. Высеяны многолетние травосмеси (*Phleum pratense*, *Avena sativa*).

В начале рекультивации были высеяны *Phleum pratense*, *Avena sativa*, из которых *Avena sativa* сразу выпал из фитоценоза, а *Phleum pratense* вначале был доминирующим видом, а позже остался в виде единичных экземпляров. На следующем этапе доминирующий *Phleum pratense* заменился на *Agrostis gigantea*, а позже она в свою очередь на *Deschampsia cespitosa*, который занимает территорию больше 50–60%. На начальном этапе было много сорных и пионерных видов, которые также выпали и заменились на болотные травянистые растения – злаки и осоки. Данный участок зарастает древесными расте-

ниями *Betula pubescens* и различными видами из рода *Salix* L. По сравнению с другими участками участие мохового покрова меньше – 20–25%. Сообщество: разнотравно-щучковое травянистое.

Опыт 6. В первый год опыта на участок внесли лигносорбент с нанесенным на него биопрепаратом «Универсал», *Deschampsia caespitosa* в составе биологически-активного гранулированного удобрительно-посевного материала (БАГ). На данной площадке был произведен посев *Deschampsia caespitosa*, вида который в местной флоре часто доминирует на пойменных лугах, где обычно преобладает выпас скота. В первое время кроме щучки на участке также были пионерные виды, которые вскоре выпали из травостоя. За годы наблюдений проективное покрытие данного участка практически не менялось и практически не менялся видовой состав (исключая начальный этап), т. к. за все годы доминировала *Deschampsia caespitosa*, которая в фитоценозах не дает заселяться другим видам растений в виду мощной плотной дерновины куста. Древесных растений на этом участке немного, по сравнению с другими участками. В последние годы появились болотные злаки и другие травянистые растения – *Calamagrostis purpurea*, *Calamagrostis neglecta* и *Comarum palustre* L. с небольшим проективным покрытием, что говорит о вероятном заболачивании территории. Сообщество: щучковое травянистое.

Опыт 7. На данном опыте было применение методов агробиологического стимулирования очищения почвы (внесение раскислителей, минеральных удобрений), высев травосмесей разного состава. Посадка лиственных и хвойных пород деревьев и кустарников. При закладке данного опыта была высеяна травосмесь разного состава, которая включала также *Phleum pratense*. В начале опыта кроме *Phleum pratense* в травостое было много сорных и «пионерных» видов, *Phleum pratense* после несколько лет опыта выпала и заменилась вначале на *Agrostis gigantea*, позже на *Phalaroides arundinacea* и *Deschampsia cespitosa*. Сорные и пионерные виды в дальнейшем полностью выпали из древостоя (на 2014 г.), в 2021 г. были отмечены болотные и лесные виды из местной флоры. Также при закладке опыта были высажены деревья и кустарники из местной флоры, которые на первом этапе не прижились – выпали из-за присутствия нефти в почве, позже произошло внедрение естественным путем с помощью семян. Сообщество: разнотравно-злаковое моховое.

Опыт 8. Были высеяны *Phleum pratense* и *Avena sativa*, внесены биопрепарат «ДЕКОНТАМ-3», компост и минеральное удобрение. Имеются участки с битумом около 10% от общей поверхности. В связи с тем, что это был самый загрязненный нефтью участок, общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса было самое небольшое – 50–55%, и изменения общего проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса не выявлено, но произошло изменение доминирующих видов. На первом этапе на данном участке был доминирующий вид сеяный злак *Phleum pratense*, позже он заменился на *Agrostis gigantea*, сейчас кроме *Agrostis gigantea* содоминантом является *Calamagrostis purpurea*. Также отмечено увеличение доли участия мохового

покрова. В связи с тем, что участие травянистых многолетних не высокое, не более 50%, на данном участке велико участие древесных растений. Сообщество: разнотравно-злаковое ивовое.

Опыт 9. В данном опыте были высеяны *Phalaroides arundinacea*, *Phleum pratense*, *Avena sativa*, внесены биопрепарат «Родер» и минеральные удобрения. На первом этапе восстановления доминировали *Phleum pratense* и *Phalaroides arundinacea*, позже *Phleum pratense* перестала быть доминантом, резко снизила свое участие в опыте с 35–40% до 1–3%. На втором этапе вместо *Phleum pratense* доминировали вместе с *Phalaroides arundinacea* также *Agrostis gigantea* и *Deschampsia cespitosa*. В данный момент *Agrostis gigantea* уменьшил свое участие с 15–20% до 5–7%, а *Deschampsia cespitosa* наоборот увеличил свое участие с 5–7% до 20%. Кроме того, на данный момент в сообществе стала существенная доля участия болотных видов из местной флоры – *Calamagrostis purpurea*, *Calamagrostis neglecta*, *Comarum palustre*, *Eriophorum vaginatum*, *Carex limosa*. Общее проективное покрытие за все годы наблюдений почти не менялось – 70–80%. Произошло увеличение доли участия мохового покрова с 5 до 30%. Сообщество: канареечниково-щучковое травянисто.

Общая динамика. При закладке эксперимента высевался ряд трав – многолетних (*Phleum pratense*, *Phalaroides arundinacea*, *Deschampsia caespitosa*, *Bromopsis inermis*, *Agrostis gigantea*, *Trifolium pratense*) и однолетних (*Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl & C. Presl, *Avena sativa*). Однолетние виды не производили семян и поэтому в дальнейшем не фиксировались на опытных площадках. Из многолетних трав сразу выпал *Bromopsis inermis*. *Phleum pratense* и *Trifolium pratense* в начале опыта имели небольшое участие на пробных площадях, но в дальнейшем их роль в травостоях сильно уменьшилась и сейчас виды отмечены в единичных экземплярах. Из сеяных трав в травостое остались *Agrostis gigantea*, *Phalaroides arundinacea* и *Deschampsia caespitosa*, которые на некоторых опытах являются доминантами, а *Deschampsia caespitosa* иногда является почти монодоминантом. В ранние годы эксперимента на опытных участках было относительно много сорных и пионерных видов растений, которые теперь не отмечаются (*Anthemis tinctoria* L., *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Lainz, *Plantago major* L., *Lapsana communis* L., *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt., *Polygonum aviculare* L. На тех участках, где участие травянистых растений очень высокое (ОПП более 70–80%) и доминирует *Deschampsia caespitosa*, участие древесных растений почти минимальное, т. к. плотность травянистого яруса препятствовала проникновению древесных растений. И наоборот, при разреженном травостое или небольшом участии *Deschampsia caespitosa*, число древесных растений увеличивается. На большинстве площадок (кроме опыта 2) видовой состав очень схожий, обычно это злаки – *Phalaroides arundinacea*, *Deschampsia caespitosa*, *Agrostis gigantea*, *Calamagrostis purpurea*, влаголюбивые представители семейства *Cyperaceae* Juss. – *Eriophorum polystachion* L., *Eriophorum vaginatum*, *Carex rostrata* Stokes, которые проникли на территорию из местной

флоры с помощью семян. В начале эксперимента, представители осоковых не отмечались. Из других травянистых растений чаще всего отмечается *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Galium mollugo* L., *Epilobium palustre* L. На многих участках участие древесных растений большое и может достигать свыше 100 экз. на пробную площадь. При закладке опытов на всех участках отсутствовал моховой покров, который стал появляться через 4 года, и на данный момент проективное покрытие выросло до 40% на большинстве участков. Кустарнички (*Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre*, *Betula nana*), которые характерны для фоновых территорий (болота, торфяники, заболоченные леса) были отмечены только на контрольном участке (опыт 2), но в данный момент стали отмечаться и на других участках.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-29-05028 мк.

Библиографический список

1. Исаченко Т. И., Лавренко Е. М. Ботанико-географическое районирование // Растительность Европейской части СССР. Л. : Наука, 1980. С.10–20.
2. Природоохранные работы на предприятиях нефтегазового комплекса. Ч. 1. Рекультивация загрязненных нефтью земель в Усинском районе Республики Коми. Сыктывкар, 2006. 208 с.
3. Маркарова М. Ю., Мелехина Е. Н. Динамика разнообразия почвенной биоты при восстановлении нефтезагрязненных земель Крайнего Севера как индикационный показатель состояния почвенных экосистем // Междунар. форум по сохранению местообитаний в Баренцевом регионе. Сыктывкар, 2006. С. 135–139.
4. Восстановительные сукцессии биоты в торфяной почве с нефтяным загрязнением при различных методах биологической рекультивации / Е. Н. Мелехина, М. Ю. Маркарова, Т. Н. Щемелинина, Е. М. Анчугова, В. А. Канев // Почвоведение. 2015. № 6. С. 740–750.
5. Оценка состояния загрязнённых нефтью экосистем Европейской Субарктики: мультидисциплинарный подход / Е. Н. Мелехина, В. А. Канев, М. Ю. Маркарова, С. М. Надежкин, А. Б. Новаковский, А. А. Таскаева, Д. В. Тарабукин, И. О. Велегжанинов, Е. Е. Расова // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 123–129. doi: 10.25750/1995-4301-2020-2-123-129
6. Novakovskiy A. V., Kanev V. A., Markarova M. Y. Long-term dynamics of plant communities after biological remediation of oil-contaminated soils in far north // Scientific Reports. 2021. No. 11. 4888. doi: 10.1038/s41598-021-84226-5
7. Канев В. А. Мониторинг динамики восстановления растительности на участках с нефтяным загрязнением при различных методах биологической рекультивации в подзоне крайнесеверной тайги // Стационарные исследования лесных и болотных биогеоценозов: экология, продукционный процесс, динамика : тезисы докладов Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН 2016. С. 67–69.

БИОТА АФИЛЛОФОРОИДНЫХ МАКРОМИЦЕТОВ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ БАССЕЙНА Р. ТОРГОВАЯ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ЮГЫД ВА», РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Д. А. Косолапов

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, kosolapov@ib.komisc.ru

В результате проведенных микологических исследований на территории Национального парка «Югид ва» в лесных сообществах нижнего течения р. Торговая, было найдено 77 видов афиллофороидных грибов. Впервые для территории Национального парка «Югид ва» отмечено 14 видов грибов, из которых четыре вида являются новыми для территории Республики Коми.

Ключевые слова: афиллофороидные грибы, биота, Национальный парк «Югид ва», индикаторные виды.

Одним из важнейших компонентов лесных биоценозов являются дереворазрушающие грибы, которые способствуют усилению круговорота минеральных веществ, энергии, разлагая естественный отпад, превращая органические вещества в минеральные, которые затем используются зелеными растениями. Существенный интерес представляет изучение микобиоты особо охраняемых природных территорий, которые практически не затронуты деятельностью человека. При изучении антропогенно нарушенных местообитаний заметно, что видовой состав афиллофороидных макромицетов в них сильно обеднен, в отличие от старовозрастных и девственных лесов, широко представленных на территории Национального парка «Югид ва» (в том числе и исследованный район), где наблюдается значительное разнообразие видов этой группы грибов. Данный факт связан с наличием в коренных лесах большого количества находящейся на различной стадии разложения мертвой древесины, которая является основным субстратом для развития дереворазрушающих грибов [1, 2].

Исследование биоты афиллофороидных грибов Национального парка «Югид ва» было начато в 2005 г. [3] и продолжается в настоящее время. В июле 2020 г. был осуществлен экспедиционный выезд на территорию Национального парка «Югид ва» в нижнее течение р. Торговой, в результате которого получены первые сведения об афиллофороидных макромицетах для данного ключевого участка.

В результате проведенных исследований на данной территории выявлено 77 видов афиллофороидных грибов, относящихся к 17 порядкам, 27 семействам и 47 родам. Впервые для территории Национального парка «Югид ва» отмечено 14 видов грибов: *Botryobasidium medium* J. Erikss., *Ischnoderma benzoinum* (Wahlenb.: Fr.) P.Karst., *Laxitextum bicolor* (Pers.: Fr.) Lentz, *Leptosporomyces galzinii* (Bourdot) Jülich, *Leptosporomyces montanus* (Jülich) Ginns et

M.N. L. Lefebvre, *Phanerochaete raduloides* J. Erikss. et Ryvar den, *Polyporus melanopus* (Pers.) Fr., *Postia sericeomollis* (Romell) Jülich, *Scytinostroma praestans* (H.S. Jacks.) Donk, *Steccherinum pseudozilingianum* (Parmasto) Vesterholt, *Tomentella ellisii* (Sacc.) Jülich et Stalpers, *Tomentella ferruginea* (Pers.: Fr.) Pat., *Tyromyces fumidiceps* G.F. Atk. и *Vararia racemosa* (Burt) D.P. Rogers et H.S. Jacks. Четыре вида являются новыми для территории Республики Коми: *Leptosporomyces montanus*, *Scytinostroma praestans*, *Tomentella ferruginea* и *Tyromyces fumidiceps*. Названия и систематическое положение таксонов приведены в соответствии со сводкой «Nordic Macromycetes» [4] с небольшими изменениями.

Таксономический анализ биоты афиллофороидных макромицетов выявил, что наиболее крупными порядками на исследованной территории являются порядки Fomitopsidales (13 видов) Hymenochaetales (11) и Hyphodermatales (10). Ведущими семейства – Fomitopsidaceae (8 видов), Phellinaceae (7) и Phaeolaceae (5). Средняя видовая насыщенность семейств видами составляет 2,9, родовая насыщенность – 1,6. Наибольшее число видов насчитывают роды *Phellinus* (7 видов), *Polyporus* (4), *Antrodia*, *Botryobasidium*, *Fomitopsis*, *Hymenochaete*, *Leptosporomyces*, *Phanerochaete* и *Trichaptum* (по 3). Невысокое видовое разнообразие объясняется погодными условиями года, что сказывается на условиях роста и образования плодовых тел грибов, а также сроками проведения полевых исследований.

Одной из важнейших задач является выявление особенностей географического распространения видов, которые составляют биоту, определяют ее позиции в ряду зональных и региональных биот. На исследованной территории среди афиллофороидных макромицетов наиболее полно представлены виды мультizonального географического элемента – 49 (64%). Представители бореального географического элемента включают 27 видов или 35%. Один вид (1%) – *Laxitextum bicolor*, относится к неморальному географическому элементу. Распределение по долготно-региональному признаку показало, что большинство видов имеют обширные типы ареалов. Так, в пределах Голарктического флористического царства встречаются 33 вида (43% общего видового состава). Мультирегиональных таксонов, распространенных и за пределами Голарктики, насчитывается 37 видов или 48%. Видов с евроазиатским распространением пять (7%). Два вида (2%) имеют европейский ареал. Таким образом, биоту афиллофороидных макромицетов исследованного ключевого участка в нижнем течении р. Торговая в основном составляют виды мультizonального географического элемента с мультирегиональным типом ареала (34 вида) и бореальные виды с голарктическим типом ареала (17).

Одним из основных факторов, которые определяют присутствие и смену видов афиллофороидных макромицетов в конкретном биогеоценозе, является субстрат. Основная часть афиллофороидных грибов, выявленных на исследованной территории, относится к ксилотрофам, то есть основным субстратом для них является древесина в различных ее состояниях (живое дерево, сухостой, валежные стволы и ветви и др.). Большая часть афиллофороид-

ных грибов обладает широкой специализацией к определенным группам деревьев, узкоспециализированных и всеядных видов сравнительно немного. На исследованной территории из 76 видов, связанных в своем развитии с древесиной, только четыре вида относятся к категории всеядных (*Fomitopsis pinicola*, *Hymenochaete tabacina*, *Phanerochaete sordida* и *Piloderma bicolor*); они способны расти как на хвойных, так и на лиственных деревьях. Исключительно на хвойных отмечено 35 видов афиллофороидных грибов, только на лиственных – 16 видов. Максимальное количество видов связано с основными лесообразующими породами, такими как ель (33 вида), лиственница (18), ива (16), береза (14). Значительно меньше их найдено на кедре (6 видов), пихте (5) и можжевельнике (1). Наибольшей специфичностью видового состава афиллофороидных макромицетов отличается ель, на древесине которой зафиксированы 23 вида, не найденные на других деревьях (*Antrodia sinuosa*, *Ceraceomyces borealis*, *Ischnoderma benzoinum*, *Phellinus chrysoloma*, *Tubulicrinis borealis*, *Veluticeps abietina* и др.). Из лиственных наибольшей видовой специфичностью обладают ива – 12 таксонов, не отмеченных на других породах (*Chondrostereum purpureum*, *Cytidia salicina*, *Gloeocystidiellum leucoxanthum*, *Polyporus varius*, *Tubulicrinis gracillimus* и др.), и береза – 11 видов (*Bjerkandera adusta*, *Fomes fomentarius*, *Inonotus obliquus*, *Piptoporus betulinus* и др.). Число специфических видов, обитающих на других породах, незначительно. Один вид – *Piloderma byssinum* найден на лесной подстилке, и два вида – *Botryobasidium medium* и *Steccherinum pseudozilingianum* были обнаружены на старых плодовых телах трутовиков.

По типу вызываемой гнили афиллофороидные грибы исследованного района распределились следующим образом: 70% вызывают белую гниль, а 30% относятся к грибам бурой гнили. Полученные результаты практически совпадают с данными, полученными ранее для среднетаежных лесов Республики Коми, Ленинградской области и Республики Карелия [5], незначительное увеличение доли грибов бурой гнили объясняется тем, что на исследованной территории хорошо представлены грибы порядка Fomitopsidales. Это также подтверждает, что по процентному соотношению афиллофороидных грибов, вызывающих различные типы гнили, исследованная биота типична для таежной зоны.

В ходе полевых исследований сезона 2020 г. было найдено несколько локаций лиственничной губки – *Fomitopsis officinalis* (Vill.) Bondartsev et Singer, занесенной в Красную книгу Республики Коми [6] с категорией статуса редкости 3. Впервые для территории Национального парка «Югыд ва» выявлен редкий вид кавиния бело-зеленая – *Kavinia alboviridis* (Morgan) Gilb. & Budington, который также включен в Красную книгу Республики Коми [6] с категорией статуса редкости 3.

В настоящее время при исследовании состояния ландшафтов большое внимание уделяют индикаторным видам лишайников, грибов, насекомых и других организмов, которые показывают степень нарушенности лесных экосистем [5, 7]. Особую группу индикаторов составляют виды, которые обита-

ют только в девственных и старовозрастных лесах или являются характерными для них. Среди афиллофороидных макромицетов, которые были найдены на исследованной территории, присутствуют индикаторы девственных лесов (*Amylocystis lapponica*, *Antrodia albobrunnea*, *Laurilia sulcata* и *Phlebia centrifuga*). Кроме того, были выявлены и наиболее значимые виды старовозрастных лесов (*Fomitopsis rosea*, *Gloeoporus taxicola*, *Phellinus chrysoloma*, *Ph. ferrugineofuscus*, *Ph. nigrolimitatus*, *Postia sericeomollis* и *Skeletocutis odora*), которые существенно страдают от практики ведения лесного хозяйства. Следует особо отметить, что многие из перечисленных видов встречались на ключевом участке довольно часто. Таким образом, можно заключить, что все исследованные лесные массивы испытывают минимальное влияние антропогенного фактора и развиваются в режиме естественной динамики.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН № гос. регистрации АААА-А19-119011790022.

Библиографический список

1. Мухин В. А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург, 1993. 479 с.
2. Бондарцева М. А., Крутов В. И., Лосицкая В. М. Афиллофороидные грибы особо охраняемых природных территорий Республики Карелия // Грибные сообщества лесных экосистем : материалы координационных исследований. М. : Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2000. С. 42–75.
3. Бассейн реки Малый Паток: дикая природа / под ред. В. И Пономарева. Сыктывкар, 2007. 215 с.
4. Nordic Macromycetes. Vol. 3: heterobasidioid, aphyllorphoroid and gastromycetoid Basidiomycetes / L. Hansen, H. Knudsen (eds.). Copenhagen : Nordsvamp, 1997. 445 p.
5. Косолапов Д. А. Афиллофороидные грибы среднетаежных лесов Европейского Северо-Востока России. Екатеринбург : УрО РАН, 2008. 232 с.
6. Красная книга Республики Коми / под общей ред. С. В. Дёгтевой. Сыктывкар : Коми республиканская типография, 2019. 768 с.
7. Kotiranta H., Niemelä T. Uhanalaiset käävät Suomessa. Tonien, uudistettu painos. Helsinki : S. Y. E., 1996. 184 p.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА РЕКРЕАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ САРАТОВСКОГО РАЙОНА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*В. А. Юрьева, Ю. М. Мохонько, Ю. М. Андриянова
Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова, mohonko78@mail.ru*

В статье представлены результаты экологической оценки потенциала рекреационной системы памятников природы («Буркинский лес», «Поповские сосняки», «Будовкин буерак») Саратовского района Саратовской области.

Ключевые слова: рекреационный потенциал, рекреационная система, памятник природы, особо охраняемые природные территории, рекреационная нагрузка.

В настоящее время, в связи с растущей популярностью экотуризма, проблемам организации рекреационного природопользования на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) уделяется все большее внимание. В связи с чем, особо актуальными становятся экологические исследования, направленные на поиск компромиссных решений между обеспечением сохранности природных комплексов и осуществлением их рекреационного использования.

Оценка состояния природного рекреационного потенциала позволит выявить, какие особо охраняемые природные территории Саратовского района Саратовской области являются наиболее привлекательными для экологического туризма, а также определить степень воздействия рекреации на лесные ландшафты объектов исследования.

Проведение оценки природных рекреационных ресурсов позволит составить рекомендации по распределению отдыхающих на особо охраняемых природных территориях в соответствии с уровнями допустимых для данного природного ландшафта рекреационных нагрузок [1–5].

Наши исследования проводились на территории трех памятников природы (Буркинский лес; Урочище «Поповские сосняки»; Урочище «Пудовкин Буерак») Саратовского района Саратовской области.

Для оценки природных рекреационных ресурсов Саратовского района Саратовской области были использованы следующие методики: методика определения интенсивности и активности посещения рекреационной территории по А. И. Тарасову [6]; методика определения мощности, давления и агрессивности по А. И. Тарасову [6]; методика расчета рекреационной емкости территории по С. Л. Рысину [7]; методика рекреационной оценки территории по А.И. Тарасову [6].

В ряду эффективных способов предотвращения отрицательных последствий рекреационного воздействия одно из первых мест традиционно занимает распределение отдыхающих по территории в соответствии с уровнями допустимых для данного природного ландшафта рекреационных нагрузок. Поэтому определение рекреационной емкости на природном объекте было и остается одним из важнейших этапов в проектировании рекреационных ландшафтов.

В ходе исследований было установлено, что показатель суммарного времени посещения рекреантами памятника природы «Буркинский лес» выше среднего, что обусловлено наибольшей, по сравнению с другими объектами исследования, площадью, но не выходит за пределы нормы. Памятники природы «Поповские сосняки» и «Будовкин буерак» обладают низким показателем суммарного времени посещения, поскольку имеют меньшую площадь.

Показатели интенсивности посещения рекреантами исследуемых территорий, не смотря на различную площадь, у всех памятников природы находятся на среднем уровне, не выходящем за пределы допустимого.

Самым высоким показателем лесорекреационной активности обладает памятник природы «Буркинский лес».

Выявлено, что рекреанты осуществляют на территориях памятников природы сбор грибов, ягод, плодов, цветов, лекарственных растений, а также устанавливают в лесу палатки и разжигают костры. Следовательно, на всех объектах исследования наблюдается бивачная форма рекреации, из чего следует, что коэффициент экологического воздействия равен 1,5.

Наибольшими показателями мощности воздействия, давления и агрессивности рекреантов обладает памятник природы «Буркинский лес», это определяется длительным пребыванием рекреантов на территории памятника природы ввиду наличия развитой транспортной и рекреационной инфраструктуры.

Памятники природы «Поповские сосняки» и «Пудовкин буерак» подвергаются самой низкой мощности воздействия рекреации и агрессивности рекреантов из исследуемых территорий рекреации ввиду недостаточно развитой инфраструктуры.

В процессе исследований было установлено, что рекреационная нагрузка на исследуемые объекты не превышает допустимую рекреационную емкость на данных территориях и, как следствие, не приводит к деградации лесных экосистем (рис.).

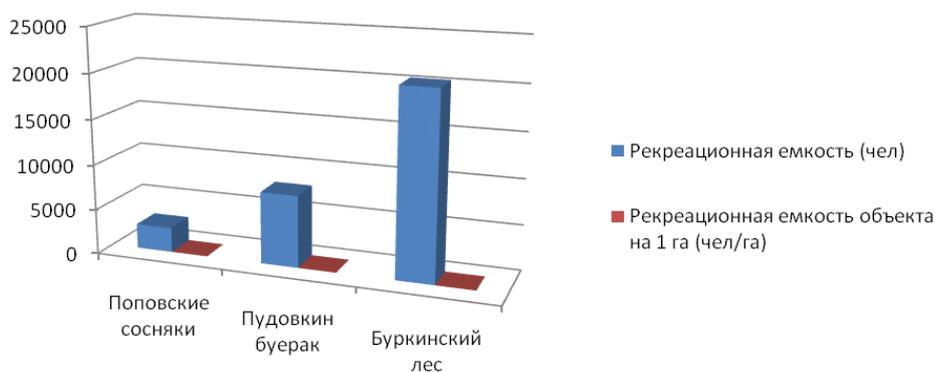


Рис. Результаты расчета рекреационной емкости

Изучение рекреационной емкости объектов исследований показало, что в рекреационных целях наиболее интенсивно используется рекреантами памятник природы «Буркинский лес». Памятники природы «Поповские сосняки» и «Пудовкин буерак» менее интенсивно используются рекреантами в связи с ограниченными территориальными возможностями, поскольку значительная доля участков относится к категории труднодоступных для рекреации.

Установлено, что величины фактических рекреационных нагрузок на особо охраняемые территории памятники природы «Поповские сосняки»,

«Пудовкин буерак» и «Буркинский лес» в целом не превышают допустимых значений, что предоставляет потенциальную возможность использования их, как объектов рекреации и экологического туризма.

Была проведена комплексная (интегральная) рекреационная оценка лесных ландшафтов памятников природы «Поповские сосняки», «Пудовкин буерак», «Буркинский лес» (табл.).

Таблица

Комплексная (интегральная) рекреационная оценка лесных ландшафтов

Факторы оценки	Показатель	Оценка, балл		
		Памятник природы «Поповские сосняки»	Памятник природы «Пудовкин буерак»	Памятник природы «Буркинский лес»
Состав и форма насаждений	Лес восхищает разнообразием пород, многоярусный, наличие вековых деревьев	10	5	10
Преобладающая порода	Сосна, дуб, экзоты	10	1	10
Поляны, опушки	Живописные с богатым травостоем, удаленность опушек	10	10	10
Водные объекты	Небольшие	5	1	10
Рельеф	Слабопересеченный	5	10	5
Памятники природы и культуры	Имеют место	5	5	5
Проходимость	Тропиночная сеть развита	5	5	10
Близость к городу	1 час	5	1	5
Благоустройство	Сравнительно благоустроенный лес	5	1	10
Загрязнение	Отсутствует	10	10	10
Дефицитность лесов	Менее 10%	10	10	10
Итого		80	59	95

Установлено, что памятники природы «Поповские сосняки» и «Буркинский лес» обладают очень высоким (отличным) рекреационным качеством (80 и 95 баллов соответственно), памятник природы «Пудовкин буерак» характеризуется высоким (хорошим) рекреационным качеством (59 баллов), т.е. являются пригодными и привлекательными для туристической и рекреационной деятельности.

Следовательно, можно говорить о том, что данные особо охраняемые природные территории играют важную роль в природно-рекреационном потенциале Саратовского района Саратовской области.

Библиографический список

1. Определение природоохранной ценности особо охраняемых природных территорий Саратовской области / Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, В. А. Фе-

дукина // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Вятский государственный университет, 2020. С. 45–49.

2. Оценка рекреационной устойчивости ландшафтов особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области / Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, А. А. Гришина, Ю. С. Носкова // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов: материалы Междунар. науч. конф. Киров : ВятГУ, 2019. С. 281–285.

3. Оценка эколого-рекреационного потенциала особо охраняемых природных территорий Саратовской области / Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, В. А. Федюкина, А. М. Демисова // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. трудов XX Междунар. конф. М. : РУДН, 2019. С. 34–42.

4. Оценка рекреационного использования особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области / Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, Н. Н. Гусакова // Вестник Российского университета дружбы народов. 2019. Т. 27. № 2. С. 117–127. doi:10.22363/2313-2310-2019-27-2-117-127

5. Assessment of environmental value of specially protected natural territories of Saratov region / I. V. Sergeeva, Yu. M. Andriianova, Yu. M. Mokhonko, N. N. Gusakova // ESCHIP 2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 579. 012057. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012057>

6. Тарасов А. И. Рекреационное лесопользование. М. : Агропромиздат, 1986. 176 с.

7. Рысин С. Л. Рекреационный потенциал лесопарковых ландшафтов и методика его изучения // Лесохозяйственная информация. 2003. № 1. С. 17–27.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ К ДОЛГОВРЕМЕННЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

*А. А. Гришина, И. В. Сергеева,
Ю. М. Мохонько, Ю. М. Андриянова*

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова,
anastasiya_grishina_98@mail.ru*

В статье представлена оценка устойчивости национального парка «Хвалынский» Хвалынского района Саратовской области к долгосрочным изменениям природной среды. В условиях значимых глобальных изменений среды, без каких-либо оптимизационных мер, природоохранная эффективность национального парка может понизиться до 68,0%, а при реализации всех возможных действий по оптимизации значение перспективной эффективности достигнет 100,0%.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, природная среда, устойчивость, национальный парк, климат, ландшафт, биота, природоохранная эффективность.

Устойчивость особо охраняемой природной территории (ООПТ) к долгосрочным глобальным изменениям природной среды, прежде всего, изме-

нениям климата и непосредственно связанным с ним явлениям, включает два аспекта. Первый – консервационная устойчивость, под которой следует понимать возможности территории по сохранению ее природных комплексов и их компонентов в современном виде. Второй – динамическая устойчивость, определяемая как возможность обеспечения естественного характера географических смен биоты и биоценотического покрова в связи с обозначенными изменениями среды [1–4].

Консервационная устойчивость ООПТ к глобальным изменениям природной среды определяется ее географическим положением, площадью и ландшафтным разнообразием территории, а также устойчивостью литогенной основы ландшафтов к климатическим изменениям.

Наши исследования проводились на территории национального парка «Хвалынский» Хвалынского района Саратовской области.

В ходе исследований было установлено, что почти все параметры консервационной устойчивости территории национального парка к долговременным изменениям среды характеризуются достаточно высокими оценками и, соответственно, максимальной потенциальной благоприятностью для сохранения существующих природных комплексов (94,3%).

Исключение представляет лишь положение по отношению к областям умеренного климата, являющееся вполне благоприятным (рис. 1).

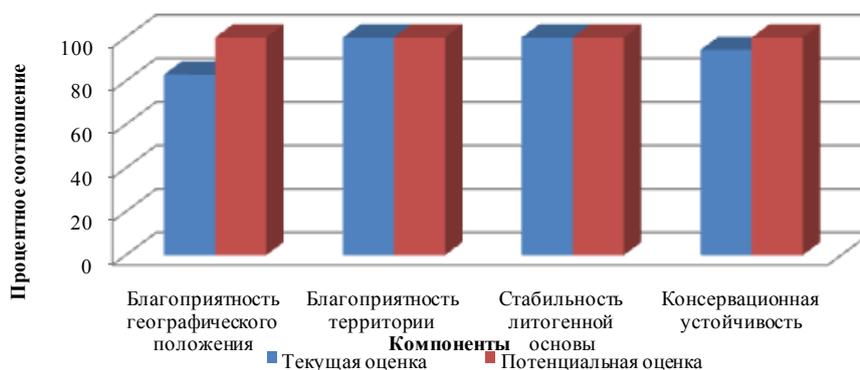


Рис. 1. Итоговые показатели консервационной устойчивости национального парка «Хвалынский» Саратовской области

Показатель консервационной устойчивости для территории национального парка достаточно высок (94,3%), но при оптимизации территории может быть повышен до 100,0%. Динамическая устойчивость особо охраняемой территории парка, то есть ее способность обеспечивать естественный характер возможных географических смен биоты и биоценотического покрова, определяется несколько иными факторами, к основным компонентам из которых следует отнести: разнообразие экстразональных и реликтовых элементов и связность особо охраняемой природной территории с другими ненарушенными или малонарушенными территориями.

Разнообразие экстразональных и реликтовых элементов биоты и биоценотического покрова, климатические оптимумы которых располагаются в

иных областях или существовали в прошлом (реликты) и которые, в случае значимых климатических изменений, могут стать основой формирования биотических комплексов, соответствующих новой климатической обстановке. Потенциальная благоприятность территории национального парка «Хвалынский» выше среднего (75,0%), что показывает стабильность территории.

Связность особо охраняемой природной территории с другими ненарушенными или мало нарушенными территориями обеспечивает возможности для более или менее естественных и свободных миграций флористических и фаунистических комплексов по градиентам климатических изменений, что обуславливается состоянием окружения особо охраняемой природной территории и (или) наличием достаточно эффективных экологических коридоров. Помимо текущей ситуации, необходимо оценить перспективы ее изменения, как в худшую, так и в лучшую сторону, а также возможности противодействия ожидаемым снижениям связности путем создания юридически закрепленных экологических сетей.

Показатели динамической устойчивости территории национального парка «Хвалынский» к долговременным изменениям условий среды характеризуются средними показателями и, соответственно, стабильной благоприятностью для естественного хода природных процессов под действием возможных изменений. Общий показатель устойчивости территории национального парка «Хвалынский» к долговременным изменениям среды составляет 100,0% и может быть повышен до 200,0% при увеличении разнообразия экстраэкологических элементов путем оптимизации территории.

Перспективная природоохранная эффективность особо охраняемой природной территории определяется функциями ее текущей эффективности, безопасности и ее устойчивости к природным изменениям среды. Показатели перспективной природоохранной эффективности рассчитываются на основе обобщающих показателей трех названных составляющих. При этом целесообразно использовать два их варианта – для относительно стабильных природных условий и для условий значимых глобальных изменений среды, в частности климата.

Для обеих ситуаций рассчитываются текущие и потенциальные показатели (рис. 2).

В будущем, в относительно стабильных условиях и без каких-либо оптимизационных мер, природоохранная эффективность парка может немного понизиться – с 75,0 до 71,0%. Реализация же всех возможных оптимизационных мер, направленных как на повышение текущей эффективности, так и на предотвращение ее снижения в будущем, позволит повысить показатель перспективной природоохранной эффективности до 85,0%.

В условиях значимых глобальных изменений среды, без каких-либо оптимизационных мер, природоохранная эффективность национального парка может понизиться еще более существенно, до 68,0%, а при реализации всех возможных действий по оптимизации значение перспективной эффективности достигнет 100,0%.

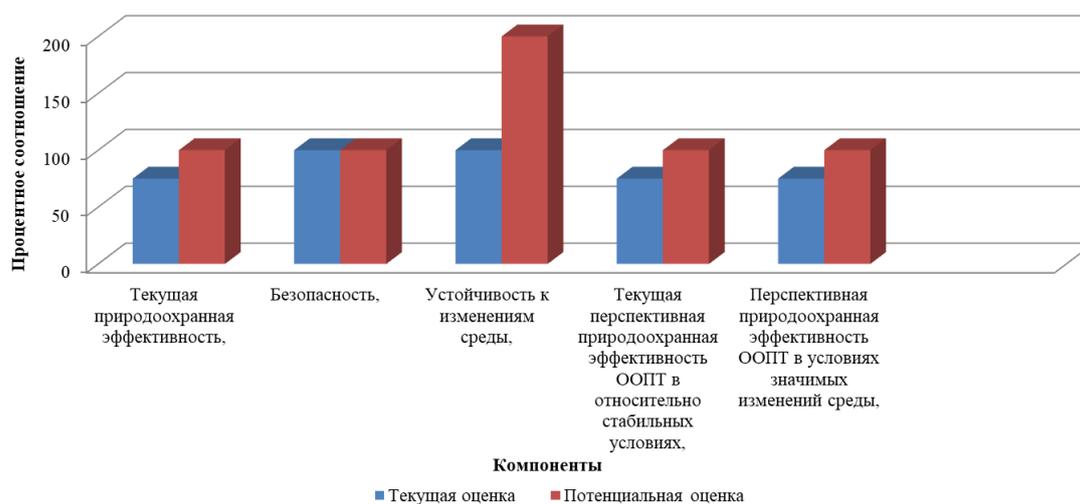


Рис. 2. Перспективная природоохранная эффективность национального парка «Хвалынский» Саратовской области

Существует вероятность заметного снижения природоохранной эффективности национального парка «Хвалынский» в будущем, в условиях возможных существенных изменений природной среды. Соответственно, необходимы оптимизационные меры, направленные на устранение источников негативных антропогенных воздействий и оптимизацию территории. Полная реализация этих мер позволит не только сохранить эффективность на текущем уровне, но и повысить ее до более высоких значений.

Библиографический список

1. Оценка рекреационной устойчивости ландшафтов особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области / Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, А. А. Гришина, Ю. С. Носкова // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : материалы Междунар. науч. конф. Киров : ВятГУ, 2019. С. 281–285.
2. Оценка эколого-рекреационного потенциала особо охраняемых природных территорий Саратовской области / Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, В. А. Федюкина, А. М. Демисова // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. трудов XX Междунар. конф. М. : РУДН, 2019. С. 34–42.
3. Оценка рекреационного использования особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области / Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, Н. Н. Гусакова // Вестник Российского университета дружбы народов. 2019. Т. 27, № 2. С. 117–127. doi:10.22363/2313-2310-2019-27-2-117-127
4. Assessment of environmental value of specially protected natural territories of Saratov region / I. V. Sergeeva, Iu. M. Andriianova, Iu. M. Mokhonko, N. N. Gusakova // ESCHIP 2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 579. 012057. doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012057

НЕПРАВОМЕРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАУЧНЫХ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ

А. Н. Соловьев

*ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,
biomon@mail.ru*

Обсуждаются примеры произвольной трактовки естественнонаучных терминов и понятий, их неправомерного применения, проявления лексико-терминологического нигилизма, отхода от лингвистических норм русского языка в современных естественнонаучных публикациях.

Ключевые слова: учёт, численность, биотопическая приуроченность.

Экологи не только смирились с ненормативной лексикой современных «креативных» журналистов и уже не возражают против засилья химерных словосочетаний вроде «плохой экологии», но и сами стали использовать жаргонные выражения и допускать лексические погрешности в применении научных терминов и понятий.

Научные термины – это слова с общепринятым в той или иной отрасли науки смысловым содержанием, не всегда соответствующим его исходному значению или дословному переводу с иностранного языка. Такие термины, как «антропогенный», «антропогеновый», «антропический» давно вошли в широкий обиход с вполне конкретным и понятным содержанием. *Антропогенный* (греч. – anthropos – человек и genes – рождающий, рожденный) – обусловленный влиянием человека; *антропогеновый* период, *антропоген* – (греч. – anthropos – человек и genos – род, происхождение) – период появления и развития человека. *Антропическое (воздействие)* – непосредственное влияние человека на природные процессы. Это примеры удачных терминов, позволяющих точно передавать суть соответствующей информации.

В биологической литературе при рассмотрении вопросов по динамике населения животных зачастую используются выражения «учёты численности», «учёты животных». Но слово «учёт» не имеет множественного числа [1], также как, например, слово «мониторинг», поэтому с точки зрения лингвистики словосочетания «учёты численности», «учёты животных» – неправомерны. Выражение «бухгалтерский учёт» никогда не применяется во множественном числе, хотя так же, как и биологический учёт подразумевает многократность действия. Множественными могут быть методы, формы (разновидности) и кратность учёта.

В биологических публикациях первой половины XX в. слово «учёт» применялось исключительно в единственном числе, например, в «Основах охотоведения» Д. К. Соловьева [2], «Основах экологии животных» Д. Н. Кашкарова [3]. Весьма деликатно проф. Д. Н. Кашкаров [3] использует слово «численность», ни разу не употребив его в сочетании со словом «дина-

мика», допустив лишь в нескольких случаях словосочетание «колебания численности». Показательны в этом отношении обозначения соответствующих глав и разделов: «Жизнь биоценоза во времени (динамика биоценозов)», «Регулярные и нерегулярные колебания чисел», «Периодические массовые колебания числа особей» «Сезонные колебания чисел», «Суточные колебания чисел» и стилистика текста – «Колебания в числе особей вида в биоценозах...», «примеры колебания числа пушных зверей...», «от числа травоядных форм зависят питающиеся ими хищные», «...кривые колебания чисел тех и других...». Употребление слова «число» как синонима «количество» вполне правомерно (цифра есть графическое отображение числа, количества).

Отход от лингвистических норм русского языка и произвольная трактовка научных терминов и понятий стали допускаться в научных публикациях во второй половине XX столетия. В охотоведческой литературе утвердились такие словосочетания, как «маршрутные учёты», «проведение учётов», «учёты численности». Численность стала пониматься как «число особей», «общее количество экземпляров», «общее число особей» [4]. Однако число и численность не синонимы. Числом выражается количество, а «численность» обозначает динамическое состояние количества, изменение числа. То есть численность – абстрактное понятие, изменяющаяся, непостоянная величина. Учесть эту величину невозможно, учесть можно количество (число), поголовье, обилие, плотность. «Учёт животных» – не связанное словосочетание. Связующими здесь могут быть слова «обилие», «количество». Учитывают не численность и не животных, а их наличие, поголовье, количество, плотность, обилие – путём подсчёта самих животных или следов их деятельности.

Показателем обилия является не численность, а число. Учёт обилия – это одномоментный подсчёт количества животных на определённой территории. Обилие – относительная величина, выражающаяся количеством особей на единицу учёта, в баллах (обозначается условными знаками, символами или словами «многочисленный», «обычный», «редкий» (в зоогеографии, фаунистике). Плотность – абсолютная величина, выражающаяся количеством особей на единицу площади или объёма пространства (в экологии).

Такие выражения как «учёты животных», «анкетно-опросные учёты», «наземные учёты», «учёты на площадках», «зимние маршрутные учёты» [5, 6] по нормам русского языка должны выглядеть следующим образом: «учёт количества животных», «анкетно-опросный учёт», «формы (методы) анкетно-опросного учёта», «наземный учёт», «формы (методы) наземного учёта», «учёт на площадках», «зимний маршрутный учёт», «методика зимнего маршрутного учёта», «результаты зимнего маршрутного учёта», «по данным зимнего маршрутного учёта поголовья лося (зайца-беляка, белки, промысловых животных)». Лишь из содержания раздела под заголовком «Картографирование численности охотничьих животных» [6] становится понятным, что речь идёт о картографировании плотности населения охотничьих животных.

В природоведческой литературе широко используется словосочетание «динамика численности». Численность – постоянно меняющееся количество,

т.е. в самом слове подразумевается динамика. Греческое слово «динамика» означает состояние движения, ход развития, изменение какого-либо явления. Таким образом, выражение «динамика численности» дословно означает «изменение изменения количества». Можно говорить о тенденции численности – её снижении или повышении. На это и другие лексические тонкости всегда обращал внимание в своих лекциях и публикациях проф. А. П. Кузякин. Вот лишь небольшой образец стиля публикаций Александра Петровича с его пояснением понятия «численность»: «В комплексах перечисленных рангов выявляется, прежде всего, численность (изменяющееся по сезонам, годам и под влиянием антропогенных факторов поголовье) фоновых видов и зоомасса. По динамике поголовья и зоомассы определяется биологическая продуктивность сообществ» [7].

Теперь тавтологическое словосочетание «динамика численности» настолько прочно и широко вошло в научный обиход, что искоренение его вряд ли возможно хотя и целесообразно.

Термин «абсолютный учёт» не просто «антоним относительного учёта» [6]. Отличие *абсолютного* и *относительного* учёта принципиальное и заключается, прежде всего, в характере показателей, а также в особенностях методики, что в своё время обстоятельно было изложено проф. А. П. Кузякиным [8]. При относительном учёте *обилие* животных выражается в количестве особей на единицу учёта (относительный показатель), а при абсолютном учёте *плотность* населения (популяций) животных выражается в количестве особей на единицу площади или объёма пространства (абсолютный показатель). Методы *относительного учёта* применяются в зоогеографии, показателями обилия служит балльная оценка, определяемая по процентному соотношению или индексу преобладания (доминирования): преобладающие виды (многочисленные, доминанты и содоминанты), второстепенные (обычные) и третьестепенные (редкие) виды. Методы *абсолютного учёта* применяются в экологии, плотность выражается численным (как правило, дробным) показателем.

В географической зоологии при построении топологических или таксационных иерархий вполне оправдано употребление целостных единиц в обозначении плотности животных, но в экологии и зоогеографии невозможно осуществление сравнительного анализа пространственной и временной динамики обилия без использования абстрактных средних значений численности животных, выражаемых дробными показателями. Игнорирование дробных показателей обилия и плотности приводит к весьма нелепым характеристикам плотности: «8 пар трясогузок на 600–900 м²» [9]; «плотность населения бормотушек на клеверном поле ...составляла 7–10 пар/га, а в зарослях... вдоль дорог 2–3 особи/км маршрута» (там же, с. 334); «...на маршруте 4 км было учтено 7–8 поющих самцов, в конце июня – 7 самцов/3 км маршрута, ...а на маршруте 8 км – 7 птиц» [9]. В этих случаях для понимания сути изложенного читателю приходится самому статистически обрабатывать исходные данные, чтобы привести их к общей единице учёта.

Правомерно употребление словосочетания «биотопическая приуроченность», поскольку слово «приурочивать» имеет как временное, так и топологическое значение [1, 10]. «Урочный» означает «установленный, определённый, условленный», отсюда «урочник – межевщик, землемер, приурочивающий межи, грани, делающий отвод по урочищам» и, соответственно, «урочище – всякий природный знак, естественный межевой признак, как речка, гора, овраг, грива». Слово «урочище» стало географическим термином, обозначающим одну из низших единиц физико-географического районирования. Этот сугубо русский географический термин принят в мировой науке (E: urotshistshe; D: Urotschistsche; F: urotchistche). Биотопы могут быть приурочены к лесным ландшафтам, долинам рек, побережьям водоёмов, верховым болотам и т. п.

Нередко приходится сталкиваться с лексикологическим проявлением так называемого не профессионализма, когда утвердившиеся в той или иной отрасли знания термины и понятия употребляются автоматически без учёта их смыслового содержания. Чаще это случается с аббревиатурами. Например, в региональном охотоведческом издании используется тавтологическое сочетание «учёты ЗМУ» (ЗМУ – зимний маршрутный учёт).

Лексические погрешности современных публикаций исходят от издержек преподавания русского языка, а проявления лексико-терминологического нигилизма зачастую обусловлены отсутствием базового экологического образования.

Библиографический список

1. Толковый словарь русского языка / под ред. Д. Н. Ушакова. Т. 4. М., 1940.
2. Соловьев Д. К. Основы охотоведения. Систематическое руководство к изучению русского охотничьего дела. Ч. 3. М. : Новая деревня, 1925. 255 с.
3. Кашкаров Д. Н. Основы экологии животных. М.-Л. : Медгиз, 1938. 602 с.
4. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М. : Мысль, 1990. 640 с.
5. Основы охотустройства / Д. Н. Данилов, Я. С. Русанов, А. С. Рыковский, Е. И. Солдаткин, П. Б. Юргенсон. М. : Лесная пром-ть, 1966. 332 с.
6. Кузякин В. А. Охотничья таксация. М. : Лесная пром-ть, 1979. 200 с.
7. Кузякин А. П. Зоогеография и фаунология как разделы учебного курса биогеографии в педагогических институтах // Материалы науч. совещания зоологов педагогических ин-тов. Владимир, 1973. С. 19–27.
8. Кузякин А. П. Зоогеография СССР // Биогеография. Московский обл. пед. ин-т им. Н. К. Крупской. Ученые записки. Т. 109. Вып. 1. М., 1962. С. 3–182.
9. Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий. Неворобьиные. Т. 1. Ч. 2. 2002. 528 с.; Воробьинообразные. Т. 2. Ч. 1. 2006. 448 с.
10. Даль В. И. Толковый словарь живого великорусского языка: Т. 1–4. М., 1989.

ЗЕЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В БЕЛАРУСИ

А. Ф. Карпенко

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, kaf51@list.ru

В статье приведены основные итоги реализации мероприятий Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы. Отмечается, что рост производства валовой продукции за это время составил 12,2%, в том числе продукции растениеводства – 18,4%, животноводства – 6,9%. В полной мере обеспечена потребность внутреннего рынка в продовольствии. В республике созданы условия для развития зелёных технологий, благодаря которым наращивается производство органического сельского хозяйства.

Ключевые слова: Беларусь, органическое сельское хозяйство.

Реализация мероприятий Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы (далее – Государственная программа), направленной на интенсификацию отрасли, обеспечила за пятилетку устойчивую динамику развития агропромышленного комплекса страны [1]. Рост производства валовой продукции за 2016-2020 годы составил 12,2%, в том числе продукции растениеводства – 18,4%, животноводства – 6,9%.

В 2020 году в сравнении с 2015 годом увеличено производство зерна (101,3%), рапса (191,4%), сахарной свеклы (121,5%), льноволокна (116,6%), овощей (103,8%), плодов (143,3%), молока (110,2%), выращивание скота и птицы (105,6%). Уровень заготовки травяных кормов, как одного из основных факторов эффективного животноводства, в 2020 году был выше уровня 2015 года на 41%.

Достигнутый уровень производства продукции сельского хозяйства за время реализации Государственной программы обеспечил полное удовлетворение потребности населения в продовольствии. В Республике достигнут наиболее высокий уровень самообеспеченности продовольствием среди стран ЕАЭС – 96%, далее следуют Российская Федерация (89%), Республика Казахстан (83%), Кыргызская Республика (81%), Республика Армения (71%).

В полной мере обеспечена потребность внутреннего рынка в животноводческой продукции. Уровень самообеспечения составил в 2019 году по молоку и молокопродуктам 241%, мясу и мясопродуктам 133%, яйцам и яйцепродуктам 128%, картофелю 111%, овощам 107% [2].

Республика не только обеспечила свою продовольственную безопасность, но и стала заметным экспортером. Факт, ярко характеризующий международные позиции белорусской аграрной отрасли – это то, что республика заявила себя как ведущий экспортер молочной продукции и поддерживает

этот статус. Наряду с Австралией, Новой Зеландией, США, Беларусь входит в пятерку крупнейших экспортеров молочной продукции.

За пять лет экспорт белорусской продукции вырос на 29,7%, увеличившись на 1,3 млрд долл. США к уровню 2015 года. Экспортные продажи осуществлялись в 116 стран мира.

В стране создана база для перевода аграрного производства на новый этап развития, характеризующийся более высокой продуктивностью и экономической эффективностью всех его отраслей, ростом качества и конкурентоспособности аграрной продукции, в том числе на мировом рынке.

В целях создания условий для развития органического сельского хозяйства в Беларуси реализован План мероприятий, предусматривающий конкретные шаги по развитию национального законодательства и принятию других необходимых мер. В результате, разработан и принят целый ряд нормативных правовых актов по реализации положений Закона Республики Беларусь «О производстве и обращении органической продукции» (далее – Закон), который вступил в силу с 18 ноября 2019 г.

План мероприятий, разработанный в целях реализации Закона и предусматривающий конкретные шаги по разработке нормативных правовых актов и принятию других необходимых мер для развития органического сельского хозяйства, выполнен в полном объеме.

Производство органической продукции в соответствии с национальным законодательством возможно при добровольной ее сертификации и по истечении переходного периода.

Созданы органы по сертификации (РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»; РУП «Белорусский государственный институт метрологии»), которые охватывают все категории органической продукции и процессов ее производства.

Проработан вопрос по финансовой поддержке производителей органической продукции. В государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы предусмотрено возмещение субъектам, осуществляющим деятельность в области агропромышленного производства, части расходов на проведение оценки соответствия производимой в Беларуси органической продукции и процессов ее производства техническим требованиям. Одновременно, Закон не препятствует юридическим, физическим лицам и индивидуальным предпринимателям производить органическую продукцию в Республике Беларусь и сертифицировать ее по директивам (Регламентам) Евросоюза.

В 2020 году производство органической продукции в Республике Беларусь осуществлялось в 27 субъектах хозяйствования, включая фермерские хозяйства, личные подсобные хозяйства, сельскохозяйственные и другие организации Брестской, Витебской, Гродненской, Минской и Могилевской областей.

В целом по республике сертифицировано более 1247,55 га сельскохозяйственных земель и произведено 6942,26 т органической растениеводче-

ской продукции (в 5,8 раза больше 2019 года). Кроме того, произведено: 300 литров молока, 660 т продуктов переработки, 50 т биоудобрений и био-препаратов, 600 литров микроудобрений и заготовлено 700 т дикорастущей продукции [2].

Таким образом, с помощью государственной поддержки производителей органической сельскохозяйственной продукции, в Беларуси началось активное внедрение зелёных технологий.

Библиографический список

1. Карпенко А. Ф., Макаровец И. В., Гвоздик А. Ф. О состоянии развития молочного скотоводства в Беларуси / Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : Сб. науч. трудов. Выпуск 24. Горки, БГСХА, 2021. Ч. 2. С. 164–170.

2. Аналитические записки о выполнении Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы за 2016–2019 годы и Итоговый отчет о выполнении Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы за весь период ее реализации [Электронный ресурс]. – Минсельхозпрод Респ. Беларусь. – URL: <http://www.mshp.gov.by/programms/ca5bed93374821f3.html>. (дата обращения: 03.09.2021).

МЕНДЕЛЕЕВСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА БАЙКАЛ – ХОРОШИЙ УРОК ДЛЯ МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

В. В. Жилина¹, Т. Я. Ашихмина^{1, 2}

¹ Вятский государственный университет,

*² Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, ecolab2@gmail.com*

Менделеевская экспедиция на Байкал готовилась в течение года. Проводились исследования учащихся и студентов по экологической тематике. По итогам конкурса были отобраны лучшие работы учащихся менделеевских классов из Саратовской, Кировской, Курганской областей и Республики Удмуртия. Победители конкурса были награждены поездкой на Байкал. Исследовательская работа с учащимися и студентами на Байкале была продолжена. В сравнительном плане были рассмотрены результаты исследования нарушенного природного комплекса в районе бывшего БЦБК, расположенного на берегу озера Байкал и природных охраняемых заповедных территорий. Озеро Байкал уникальная жемчужина России, самое глубокое, пресное и древнее озеро на планете. Встреча с ним, ощущение его масштаба, величия, красоты несравнимо ни с чем – это большая удача каждого.

Ключевые слова: менделеевская экспедиция, озеро Байкал, биоразнообразие, анализ воды, антропогенное воздействие.

Учащиеся Менделеевских классов – победители конкурса проектов, вместе со своими модераторами из числа студентов и наставниками – учите-

лями школ, научными руководителями вузов участников Консорциума «Передовые ЭкоТехнологии» с 9 по 17 сентября 2021г. стали участниками «Менделеевской экологической экспедиции на Байкал». Объект исследования был выбран неслучайно. Озеро Байкал – самое глубокое и древнее озеро на планете. Глубина его по последним данным составляет 1642 м, а возраст 25–30 млн лет. 60% видов, населяющих данную территорию – эндемики. Байкал является первым также по количеству пресной воды (20% мировых запасов). Площадь зеркала водоёма самая большая на континенте (31722 км²). Это самое солнечное место в России (2524 ч/год) [1, 2]. 5 декабря 1996 г. по решению 20-й сессии Комитета Всемирного наследия ЮНЕСКО, состоявшейся в городе Мерида, озеро Байкал включено в список Участков Мирового природного наследия ЮНЕСКО. Цель данного списка – популяризировать и защитить уникальные объекты. В принятом Комитетом ЮНЕСКО решении отмечалось: «озеро Байкал – классический случай участка Всемирного наследия, удовлетворяющий всем четырём природным критериям. Непосредственно сам Байкал является главным объектом номинации. Особенности озера, скрытые в большей степени от глаз водой, представляют собой главную ценность для науки и охраны. Озеро окружают горно-таёжные ландшафты и особо охраняемые природные территории, главным образом сохранившиеся в естественном состоянии и представляющие дополнительную ценность [3, 4]. Озеро Байкал – лимнологическое чудо и территория, обладающая уникальными превосходными качествами». Таким образом, мировое сообщество, в том числе Россия и Монголия, взяло на себя обязательства по сохранению природы озера и прилегающих к нему территорий. Политика в области охраны природы и рационального использования природных ресурсов озера Байкал может быть эффективной, если будет создано единое информационное пространство на территории двух стран, так как регион располагает ресурсами и богатствами для того, чтобы на его территории развивалась высокотехнологичная экономика, росло благосостояние жителей и поддерживалось экологически безопасное развитие [5]. Таким образом, Менделеевская экологическая экспедиция на Байкал рассматривала озеро как уникальную территорию, входящую в список всемирного природного наследия ЮНЕСКО, а одной из целей экспедиции было комплексное экологическое просвещение участников.

Общая физико-географическая характеристика данного региона. Бассейн озера Байкал расположен на границе Северной и Центральной Азии между 46° 28' с.ш. и 56° 42' с.ш. и между 96° 52' в.д. и 113° 50' в.д. На севере он граничит с бассейном р. Лена; на востоке – с Витимским плоскогорьем; на юго-востоке – с бассейном р. Амур; на юге бассейн ограничен областью внутреннего стока Северной Монголии; юго-западная граница проходит по хр. Хангай; на западе граничит с верховьями бассейнов рек Енисей и Лена. Длина озера составляет 636 км, а ширина колеблется от 25 до 80 км. Средняя глубина озера 758 м, наибольшая – 1642 м [4].

Озеро Байкал – горное озеро тектонического происхождения. Оно возникло на месте рифтового разлома Мезозойской эры. Впадина озера расши-

руется примерно на 2 см в год. Продолжение тектонических процессов на сегодняшний день проявляется в повышенной сейсмичности региона. Территория озера приподнята над уровнем моря. Самая низкая точка – уровень озера Байкал – 456 м над уровнем моря по Балтийской системе высот. Самая высокая точка – пик Мунку-Сардык (3491 м). Основной геоморфологический элемент бассейна – рифтовый разлом, включающий Северную, Центральную и Южную котловины, заполненные водой и образующие единую Байкальскую впадину. Она окружена горными хребтами, имеет серповидную форму и вытянута с юго-запада на северо-восток. Равнинные поверхности на территории бассейна встречаются лишь в тектонических впадинах и долинах крупных рек [3].

Северная часть бассейна оз. Байкал расположена в Байкало-Джугджурской горнотаёжной области, средняя часть – в Южно-Сибирской горной области, южная часть – в Северо-Монгольской полупустынно-степной области (по схеме физико-географического районирования ИГ СО РАН).

Географическое положение озера обуславливает своеобразный климат прилегающих к нему территорий. Основная характеристика погоды региона – ее неоднородность и изменчивость из-за наличия горных хребтов и межгорных впадин. Все это оказывает влияние на местную циркуляцию воздушных масс, резко изменяя основные орографические показатели. Для территории Средней Сибири характерен резко континентальный климат с большими годовыми и суточными колебаниями температур воздуха и с неравномерным распределением атмосферных осадков по сезонам года. Большой резервуар воды действует как аккумулятор тепла, поэтому для узкой полосы вдоль озера Байкал наблюдаются черты морского климата с более прохладным летом и мягкой зимой по сравнению с окружающими территориями. Климатические условия в бассейне оз. Байкал определяются характером циркуляции атмосферы и радиационного режима, а также строением поверхности и воздействием водных масс озера на прибрежные районы (табл.).

Таблица

Средние температуры января и июля и распределение количества осадков на территории Байкальского региона

Рельеф	Средняя температура воздуха (°С)		Среднегодовое количество осадков (мм)
	январь	июль	
Побережье оз. Байкал	От -18 до -22	От +10 до +14	400–600
Котловины	От -26 до -30	От +16 до +19	200–400
Долины и равнины	От -22 до -27	От +17 до +19	200–400
Предгорья и горные долины	От -25 до -30	От +15 до +17	300–500
Среднегорья	От -22 до -28	От +12 до +15	600–800
Высокогорья	От -20 до -25	От +8 до +11	900–1200

Зима характеризуется низкими температурами и влажностью воздуха, отсутствием ветра. Весна сухая с ночными заморозками, продолжается до

конца первой декады июня. Летом значительны суточные перепады температур. Лето – короткое, в июне – засушливое, в июле–августе – дождливое. Осень тёплая, продолжается пока не покроется льдом Байкал. Температура зимой на берегах Байкала в среднем на 5 °С выше, а летом на 5 °С ниже, чем в центральных районах. Летом над холодной поверхностью озера наблюдаются температурные инверсии, затрудняющие восходящие движения. Температура воздуха зависит в основном от радиационных условий. Средняя многолетняя годовая температура воздуха почти на всей территории отрицательная. Но на побережье Байкала температура выше, чем на тех же широтах континента.

Зимой на территорию оказывает влияние Азиатский антициклон с центром на северо-западе Монголии, достигающий в январе максимального развития. Весной его действие ослабевает. Начинает преобладать западно-восточный перенос. Весной также наблюдаются выходы циклонов из Средней Азии. Летом циркуляционные процессы характеризуются ослаблением западно-восточного переноса. У поверхности земли преобладает барическое поле пониженного давления со слабыми ветрами. Циркуляционные условия осеннего периода характеризуются развитием общего западно-восточного переноса, который прерывается меридиональными вторжениями холодных воздушных масс с севера. К середине ноября Сибирский антициклон становится достаточно устойчивым и происходит переход к зимним условиям циркуляции.

Высота местности и разнообразное положение гор по отношению к влагонесущим воздушным потокам приводят к тому, что осадки распределяются крайне неравномерно. Наибольшим количеством осадков отличаются северо-западные и западные склоны первичных по отношению к преобладающим воздушным потокам хребтов, окаймляющих оз. Байкал – до 1400 мм. В степной части западного побережья оз. Байкала и его островах выпадает 200–250 мм, в межгорных котловинах и долинах рек Уда и Селенга – до 300 мм.

Снежный покров бассейна формируется неравномерно из-за взаимодействия мощных северо-восточных воздушных потоков с ослабленными тихоокеанскими, а также из-за возрастающего с высотой количества осадков и увеличения доли в них твёрдых составляющих. На наветренных склонах гор высоты снежного покрова достигают 70–125 см, на подветренных – 7–12 см. На равнинах и на побережье озера Байкал средняя высота снега колеблется в пределах 30–40 см.

Зимой полуденная высота солнца составляет от 3° до 17°, продолжительность солнечного освещения от 4 до 8 час, а летом высота солнца от 50° до 64° и продолжительность солнечного освещения от 16,5 до 21 час. Продолжительность солнечного сияния составляет в Предбайкалье и на побережье оз. Байкала от 1500 до 2600 час в год, в Забайкалье от 1770 до 3000 час в год, что является максимальным показателем для России. На территориях, где длительны туманы (котловины, впадины), продолжительность солнечного освещения уменьшается на 300–500 час [5].

Уникальные физико-географические и климатические факторы обуславливают разнообразие и специфичность флоры и фауны региона. На сегодняшний день в Байкальском регионе известно 2640 видов животных и 1376 растительных организмов. 60% фауны и менее 50% флоры региона эндемичны. Полностью эндемичны в Байкале 11 семейств и подсемейств, 96 родов, объединяющих около 1000 видов животных. Например, байкальская нерпа, байкальская эпишура, голомянка, байкальский омуль, байкальские губки. Среди растений эндемиками являются 5 родов и более чем 340 видов и подвидов. Некоторые представители: кедр сибирский, реликтовые ели, ольхонский астрагал [6]. Новые виды в Байкальском регионе открываются постоянно. В настоящее время науке известны 70–80% видов организмов, населяющих воды Байкала. Многие виды, населяющие Байкал, занесены в Красные книги Иркутской области (ольхонская полевка) и России (ольхонский астрагал) и находятся под особой охраной МСОП (ирбис).

По мнению Г. Ю. Верещагина, М. М. Кожова – байкаловедов XX века, Байкал является хранилищем остаточной древней фауны, состоящей из морских и пресноводных форм. Так как Байкальский регион – изолированная территория, то флора и фауна, проникшая в Байкал в прошлом из пресноводных водоёмов Северной и Центральной Азии, начинает эволюционировать иными путями, в отличие от близлежащих регионов и именно из-за этого сейчас является эндемиками [7, 8].

Результаты исследований. Исследование органолептических, физических и химических показателей воды акватории Байкала, берега озера и поймы реки Солзан, а также карт-накопителей «Солзанского» полигона БЦБК явилось частью Менделеевской экологической экспедиции. Вода озера Байкал прозрачная, не имеет запаха, имеет приятный вкус, насыщена кислородом. Благодаря деятельности живых организмов, обитающих в Байкале, вода очень слабо минерализована и близка к дистиллированной. Это самый пресный водоём на планете. Лишь одна река – Ангара уносит с собой воды из озера Байкал. В то время как привносят в него воду более 336 постоянных рек и ручьёв, а общее число водотоков (вместе с сезонными) по некоторым подсчётам достигает 1123. Вода у берега озера Байкал, а также в пойме реки Солзан также чистая. В ходе наших исследований не выявлено «цветение» данных водоёмов, подтверждением этого является очень низкое (следовое) содержание в воде фосфатов, нитратов, органических соединений, соединений тяжёлых металлов и алюминия. Совсем другая картина наблюдалась на территории бывшего БЦБК. Нами анализировалась вода из карт-накопителей «Солзанского» полигона БЦБК. В пробах воды выявлено повышенное содержание хлоридов, сульфатов, нитратов, соединений железа, свинца, цинка, кадмия, хрома, обнаруживаются нефтепродукты. Внешний вид растительности на данной территории свидетельствует о том, что она существенно была загрязнена в период деятельности предприятия и продолжает оставаться угнетённой и на сегодня.

Особо охраняемые природные территории. Уникальные природные ландшафты побережья озера Байкал находятся под охраной. Более половины длины береговой линии озера Байкал занимают особо охраняемые природные территории. На побережье озера Байкал находится три заповедника: Баргузинский, Байкало-Ленский, Байкальский; два национальных парка: Прибайкальский и Забайкальский; шесть заказников федерального значения: Фролихинский, Кабанский, Прибайкальский, Степновдворецкий, Верхнеангарский, Энхэлукский.

Экономика Байкальского региона строится в основном на туристической сфере. Здесь сосредоточены значительные рекреационные ресурсы и возможны многие виды туризма. Традиционными видами туризма и хозяйственного освоения охотничье-промысловых ресурсов на территории области является промысловая и любительская охота и рыбалка. В последние годы начала возрастать роль и спортивной охоты, в том числе с привлечением иностранных охотников. Из видов туризма в районе также практикуются дайвинг, конный и пеший туризм, сплав по рекам, спортивные охота и рыбалка, экологический туризм.

Специальные рекомендации, данные России при включении Байкала в список всемирного природного наследия ЮНЕСКО контролируются на федеральном и международном уровнях:

1. Планировалось принять Федеральный закон об озере Байкал (принят в 1999 г.).
2. Перепрофилировать Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат в целях ликвидации его как источника загрязнения (БЦБК прекратил свою деятельность в 2013 г.).
3. Снизить сброс загрязняющих веществ в реку Селенга.
4. Увеличить ресурсное обеспечение деятельности прилегающих к озеру заповедников и национальных парков.
5. Продолжить поддержку научных исследований и проведение мониторинга на озере Байкал.

На территории закрывшегося комбината идёт создание экспоцентра «Заповедники России» [5].

Таким образом, Байкальский регион уникален своими природными ландшафтами, климатическими условиями, видовым разнообразием флоры и фауны, что приводит к большой заинтересованности в развитии данного региона экономически. С каждым годом возрастает количество туристов, посещающих озеро Байкал и прилегающие территории. Нерациональное природопользование предприятия накопленного экологического вреда, активная туристическая деятельность – все это негативно сказывается на экосистеме Байкала и приближает озеро к экологической катастрофе. Чтобы не лишиться этот уникальный природный объект статуса объекта Всемирного природного наследия, необходимо самое внимательное, бережное к нему отношение и забота о нём, устранение всего нанесённого экологического вреда от деятельности БЦБК, необходимо экологическое просвещение всего живущего в данном

регионе населения и, в первую очередь экологическое образование молодежи. В программу Менделеевской экологической экспедиции в 2021 г. помимо полевых исследований качества воды были включены лекции учёных про мировую экономику, экологическое право и др. Участники экспедиции рассматривали оз. Байкал как объект охраны ЮНЕСКО, делали выводы о связи природы и антропогенного воздействия на данной территории. Такой вариант «Менделеевской экспедиции» стал прекрасным уроком знаний о жемчужине мирового значения, в ходе которого её участники прочувствовали, что может быть с окружающей природной средой если вовремя не принимать меры, не заботиться о ней. В природных условиях изучали состав воды из озера Байкал, восхищались самой вкусной и пресной его водой, любовались красотой байкальской природы с её многочисленными обитателями, встречающимися на экскурсионных тропах белочками, бурундуками и различными певчими птицами. Всё это навсегда останется в памяти каждого участника первой в истории Байкала «Менделеевской экспедиции».

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

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2013 году». Иркутск : Сибирский филиал ФГУНПП «Росгеолфонд», 2014. 462 с.
2. Доклад «О состоянии окружающей среды бассейна озера Байкал» : Аналитический обзор публикаций экологической и природоохранной тематики : ООО «Пульс радио», 2015. 136 с. [Электронный ресурс]. – URL: file:///C:/Users/zhili_000/Downloads/Doklad%20O%20sostoyanii%20okruzhayuschei%20sredy%20basseina%20ozera%20Baikal-%202012-2013%20gg..pdf (дата обращения: 10.10.2021).
3. Михеев В. С., Ряшин В. А. Ландшафты юга Восточной Сибири [Карта]. М. : ГУГиК, 1977. 4 листа.
4. Экологический Атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск : Ин-т географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 1:5000000 Мб. 2014. [Электронный ресурс]. – URL: <http://bic.iwlearn.org/ru/atlas/atlas> (дата обращения: 10.10.2021).
5. Общая характеристика бассейна озера Байкал [Электронный ресурс]. – URL: <http://bic.iwlearn.org/ru/dokumenty/doklad-o-sostoyanii-okruzhayuschei-sredy-basseina-ozera-baikal-2012-2013-gg-1/obschaya-harakteristika-basseina-ozera-baikal-1> (дата обращения: 10.10.2021).
6. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Т. 2, Кн. 2 / под ред. д. б. н. О. А. Тимошкин. Новосибирск : Наука, 2010–2011.
7. Кожов М. М. Очерки по байкаловедению. Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1972. 254 с.
8. Верещагин Г. Ю. Байкал. Научно-популярный очерк. Иркутск : ОГИЗ, 1947. 169 с.

АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА «ШИВИЛИГ» БАЙ-ТАЙГИНСКОГО РАЙОНА

С. О. Ондар, Е. С. Кашкак

Тувинский государственный университет, saikho@bk.ru, klslena@yandex.ru

В статье представлены результаты изучения физико-химических характеристик минерального источника Шивилиг. Показано, что вода из минерального источника Шивилиг относится к низкотемпературным водам с нейтральной средой и не имеет ощутимого запаха, вкуса и привкуса. В ионном составе воды из минерального источника Шивилиг преобладают ионы кальция, магния, гидрокарбонат- и сульфат-ионы.

Ключевые слова: катионы, анионы, минеральные источники, Шивилиг, Бай-Тайга, Тува.

Минеральные источники (по-тувински «аржааны») – это природные водные источники, с древних времен используемые тувинцами как лечебные. Это особая гордость нашей республики. В быту тувинцев культ лечения на минеральных источниках был велик: с ним связывали здоровье тела и духа каждого человека и рода в целом.

Минеральным водам, имеющим лечебный эффект, всегда уделяется большое внимание [1, 2]. Это связано с тем, что лечение и профилактика с использованием минеральных вод ставится в альтернативу медицине, предлагающей химические препараты. Поэтому их изучение не теряет актуальности и в настоящее время.

Для того чтобы установить, к какому типу относится вода источников, определить их лечебные свойства необходимо исследовать физические параметры и химический состав воды из источников. Результаты исследований внесут лепту в комплексную оценку гидроминеральных ресурсов Тувы, в создание электронной базы данных о лечебно-оздоровительных местностях и здравницах республики.

Объектом исследования был один из самых популярных не только среди местного населения, но и за пределами республики, радоновый источник Шивилиг (в переводе «Еловый»). Источник расположен в западной части республики на территории Бай-Тайгинского района в 12 км от п. Кызыл-Даг на высоте 1800 м над уровнем моря (50°59'46,44" с.ш., 89°55'10,53" в.д.). На территории источника функционирует турбаза Шивилиг (рис.). Данный источник принимал участие в республиканском конкурсе «Тос-Эртинэ» – «Девять драгоценностей».

Для определения физико-химических показателей воды минерального источника использовали фотометрический, титриметрический и потенциометрический методы исследования. Отбор проб воды и исследование физико-химических параметров проводилось согласно нормативным документам в лаборатории физико-химических методов исследования Тувинского государственного университета.



Рис. Схема турбазы «Шивилиг» [3]

Выявлено, что вода минерального источника Шивилиг относилась к низкотемпературным водам с нейтральной средой. Температура воды колебалась в пределах 5–7°C. При определении органолептических характеристик было выявлено, что вода источника прозрачна, не имеет ощутимого запаха, вкуса и привкуса.

По общей жесткости исследуемая вода относилась к мягким водам. Содержание ионов кальция и магния было практически одинаковым и составляло 36,07 и 38,91 мг/дм³, соответственно. Концентрация общего железа и ионов аммония были незначительным (0,09 мг/дм³ общего железа и 0,12 мг/дм³ ионов аммония).

Среди анионов преобладали гидрокарбонат-ионы (39,5 мг/дм³) и сульфат-ионы (36,6 мг/дм³). Содержание хлорид-ионов в воде минерального источника достигало 0,85 мг/дм³, а содержание фосфат-, нитрат- и нитрит-ионов было незначительно.

По химическому составу вода минерального источника являлась гидрокарбонатной магниевое-натриево-кальциевой.

Бальнеологическими показателями воды являлись содержание радона, а также содержание кремнекислоты и органического углерода. Вода обладает противовоспалительным свойством и полезна при урологических заболеваниях.

Таким образом, источник Шивилиг относится к низкотемпературным маломинерализованным водам с нейтральным значением рН. Среди анионов в воде преобладают сульфат- и гидрокарбонат-ионы, а среди катионов – ионы магния, натрия и кальция. Массовая концентрация всех исследованных компонентов не превышала предельно допустимые концентрации и соответствовала требованиям к качеству столовых вод по химическим показателям в различных нормативных документах.

Библиографический список

1. Аракчаа К. Д. Слово об аржаанах Тыва. М. : Изд-во «ПолиКом», 1995. 25 с.
2. Пиннекер Е. В. Минеральные воды Тувы. К. : Тувинское книжное изд-во, 1968. 106 с.
3. Бай-Тайгинский кожуун Республики Тыва [Электронный ресурс]. – URL: http://www.bai-taigatuva.ru/tourism_bai-taiga/arzhaanyi (дата обращения: 15.03.2020 г.).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТОЧНЫХ ВОД КАК МЕТОД ОЦЕНКИ НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

Е. Н. Сизова, Л. Н. Шмакова

Кировский государственный медицинский университет, sizovahelena@mail.ru

В статье собраны доказательства того, что сточные воды являются важным источником информации о разных областях жизни человеческой популяции: о поглощении алкоголя, никотина, кофеина и наркотиков, пестицидов и пластификаторов. Сточные воды являются источником информации о бактериальных и вирусных патогенах, среди которых и SARS-CoV-2.

Ключевые слова: сточные воды, экологический мониторинг.

Экологический мониторинг сточных вод, иными словами надзор за сточными водами, включает в себя извлечение, обнаружение, с последующим анализом и интерпретацией химических и биологических соединений в фекалиях и моче. Места сбора изменяются от очень крупных, таких как очистные сооружения, до небольших мест – переносные туалеты.

Сточные воды являются важным источником информации для экологии человека и гигиене о различных областях жизни человеческой популяции: сколько овощей и фруктов потребляет население, сколько поглощает алкоголя [1, 2], никотина [1, 2], кофеина [2] и наркотиков [3–6], сколько токсичных пестицидов и пластификаторов проходит через человеческие кишечники [7]. В сточных водах пытаются найти и находят провоспалительные соединения [8] и маркеры окислительного стресса [8, 9] для измерения физиологических страданий и неблагополучия населения.

Городские сточные воды состоят из отходов жизнедеятельности человека, содержащие комменсальные и патогенные кишечные микроорганизмы, и в этом коллективном микробиоме сообщества отслеживают наличие заболеваний. Так сточные воды могут проинформировать власти о присутствии бактериальных и вирусных патогенов – холерного вибриона [10], сальмонеллы [11], устойчивых к антибиотикам бактерий [12], полиовируса [13] и SARS-CoV-2 [14, 15].

В течение одной недели в 8 различных городах Европы с населением около 5 млн человек Jose Antonio Vaz-Lomba et al. [2] собрали пробы сточных вод в 2015 г. Использовали для сравнения опубликованные данные о продаже фармацевтических препаратов, изъятии незаконных наркотиков и употреблении алкоголя, табака и кофеина. В результате авторы выявили высокую корреляцию между химическим составом сточных вод и опубликованными данными по употреблению фармацевтических препаратов и кокаину. При этом по амфетамину, алкоголю и кофеину – корреляция умеренная, по метамфетамину, 3,4-метилендиоксиметамфетамину (МДМА) и никотину корреляция отсутствовала совсем. Авторы [2] продемонстрировали важное значение химического биоанализа сточных вод для эпидемиологии как дополнительного пути создания более точной картины употребления психоактивных веществ в различных сообществах.

Для оценки воздействия фталатов на человека Iria González-Marino et al. [7] предложили проводить мониторинг метаболитов фталатов в сточных водах как анонимную и экономичную альтернативу прямого анализа мочи. Авторы разработали метод, совмещающий экстракционно-жидкостную хроматографию и масс-спектрометрию в твердой фазе, что позволило определить 8 метаболитов фталатов в сточных водах в диапазоне от 0,5 до 32,0 нг/л. Так, анализ проб из северо-западного региона Испании показал, что концентрация этих веществ в неочищенных сточных водах составила 1,6 мкг/л, а в очищенных сточных водах 1,0 мкг/л. Для двух из метаболитов фталатов эти уровни были ниже суточных пороговых значений воздействия на человека, рекомендованных Агентством по охране окружающей среды США и Европейским управлением по безопасности пищевых продуктов. А уровни остальных метаболитов оказались выше допустимого порога воздействия особенно для детей, что подчеркивает опасность воздействия фталатов на детей [7].

Для изучения кумулятивного окислительного стресса целого сообщества согласно Yeonsuk Ryu et al. [8] используются F2-изопростаны, которые являются прототипами биомаркера сточных вод. Авторы провели анализ содержания 8-изопростагландина F2 α (8-изо-PGF2 α) в необработанных 24-часовых композитных образцах сточных вод, собранных в 2014 и 2015 гг. в 4 норвежских и еще 7 других европейских городах. Эти же образцы проанализировали на биомаркеры алкоголя (этилсульфат) и табака (транс-3'-гидроксикотинин), для обнаружения любой возможной корреляции между 8-изо-PGF2 α и потреблением алкоголя и табака. Суточные дозы 8-изо-PGF2 α на душу населения в 11 городах варьировались от 2,5 до 9,9 мг/день на 1000 жи-

телей со средневзвешенным значением 4,8 мг/день на 1000 жителей. Временных различий в уровнях 8-изо-PGF2 α не наблюдали, однако были обнаружены пространственные различия между городами, в зависимости от степени урбанизации. Выявили, что массовая нагрузка 8-изо-PGF2 α тесно связана с массовой нагрузкой транс-3'-гидроксикотинина, в то время как она не коррелировала с этилсульфатом. Таким образом показан потенциал 8-изо-PGF2 α как биомаркера сточных вод при оценке общественного здоровья [8].

Christian G. Daughton [9] представили концепцию оценки состояния здоровья населения с помощью оценки химического состава сточных вод (SCIM). При этом оценивали конкретные биомаркеры, связанные с заболеваниями, стрессом или здоровьем человека. Так, к биомаркерам коллективного, системного окислительного стресса относят изопростаны – простагландиноподобные продукты окисления, катализируемые свободными радикалами из определенных полиненасыщенных жирных кислот. Оценка сточных вод помогает проводить быстрый анализ и сравнение состояния здоровья различных групп населения, выявлять скрытые корреляции между воздействием стрессора и заболеванием.

Промышленное и бытовое использование воды в регионе, а также микробы на очистных станциях влияют на соотношение и концентрацию продуктов обмена веществ в сточных водах. Так, в дождливую погоду концентрация всех веществ в сточных водах снижается [14]. Alireza Zahedi, Paul Monis, Daniel Deere, Una Ryan [14] указывают на то, что современные клинические методы эпиднадзора имеют множество ограничений: инвазивный характер и большое количество тестируемых людей. В то время как эпидемиология сточных вод основана на анализе сточных вод для мониторинга возникновения и распространения инфекционных заболеваний на уровне популяции, что особенно важно в условиях пандемии COVID-19. Авторы основное внимание уделили применению в мониторинге за патогенами SARS-CoV-2 и простейших паразитов, передающихся через воду криптоспоридия и лямблий. Авторы подчеркивают преимущества и проблемы экологического мониторинга сточных вод, а также будущее этого инструмента в эпиднадзоре за инфекционными заболеваниями в масштабах всего сообщества [14].

Существует проблема пересчета концентрации веществ в канализации на среднестатистического пользователя, для этого необходимо знать, сколько их было на «входе». Это число зачастую не совпадает с количеством людей, номинально проживающих в этом регионе, и зависит, например, от времени суток – утром канализация загружена сильнее, а так же сезона – летом приезжают туристы, а жители города уезжают. С этой проблемой научились справляться, например, одновременно с искомым веществом измеряют концентрацию гормона стресса кортизола – и по этому биомаркеру определяют число пользователей канализации [16].

Таким образом, экологический мониторинг сточных вод – это дополнительный способ оценки общественного здоровья и еще один путь создания более точной картины жизни населения.

Библиографический список

1. Рожанец В. В., Мончжу Чжан Эпидемиология на основе анализа сточных вод. Оценка потребления этанола и никотина // Наркология. 2017. Т. 188, № 8. С. 11–23.
2. Comparison of pharmaceutical, illicit drug, alcohol, nicotine and caffeine levels in wastewater with sale, seizure and consumption data for 8 European cities / J. A. Baz-Lomba, S. Salvatore, E. Gracia-Lor, R. Bade, S. Castiglioni, E. Castrignanò, A. Causanilles, F. Hernandez, B. Kasprzyk-Hordern // BMC Public Health. 2016. Vol. 16. 1035. doi:10.1186/s12889-016-3686-5
3. Cocaine in surface waters: a new evidence-based tool to monitor community drug abuse / E. Zuccato, C. Chiabrando, S. Castiglioni, D. Calamari, R. Bagnati, S. Schiarea, R. Fanelli // Environmental Health. 2005. Vol. 4. 14. doi: 10.1186/1476-069x-4-14
4. Temporal trends in drug use in Adelaide, South Australia by wastewater analysis / B. J. Tschärke, C. Chen, J. P. Gerber, J. M. White // Science of the total environment. 2016. Vol. 565. P. 384–391. doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2016.04.183
5. Cyranoski D. China expands surveillance of sewage to police illegal drug use Privacy concerns and cultural differences make some researchers sceptical that the method could work in other countries // Nature. 2018. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-05728-3> (дата обращения: 10.10.2021).
6. The use of wastewater analysis in forensic intelligence: drug consumption comparison between Sydney and different European cities / A. Bannwarth, M. Morelato, L. Benaglia, F. Been, P. Esseiva, O. Delemont // Forensic sciences research. 2019. Vol. 4. No. 2. P. 141–151. doi: 10.1080/20961790.2018.1500082
7. Wastewater-Based Epidemiology as a New Tool for Estimating Population Exposure to Phthalate Plasticizers / I. González-Mariño, R. Rodil, I. Barrio, R. Cela, J. Benito Quintana // Environ. Sci. Technol. 2017. Vol. 51. No. 7. P. 3902–3910. doi: 10.1021/Acs.Est.6b05612
8. Increased levels of the oxidative stress biomarker 8-iso-prostaglandin F2 α in wastewater associated with tobacco use / Y. Ryu, E. Gracia-Lor, R. Bade, J. A. Baz-Lomba, J. G. Bramness, S. Castiglioni, E. Castrignanò, A. Causanilles, A. Covaci, P. de Voogt, F. Hernandez // Scientific Reports. 2016. Vol. 6.
9. Christian G. Daughton Using biomarkers in sewage to monitor community-wide human health: Isoprostanes as conceptual prototype // Science of the total environment. 2012. Vol. 424. P. 16–38. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.02.038
10. Холера: мониторинг эпидемиологической обстановки в мире и России (2010–2019 гг.). Прогноз на 2020 г. / Э. А. Москвитина, Е. Г. Янович, М. Л. Куриленко, В. Д. Кругликов, С. В. Титова, Д. А. Левченко, А. С. Водопьянов, А. А. Лопатин, С. М. Иванова, Б. М. Мишанькин, А. С. Кривенко, Г. Б. Анисимова, А. К. Носков // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 2. С. 38–48. doi: 10.21055/0370-1069-2020-2-38-47
11. Diemert S., Yan T. Clinically unreported salmonellosis outbreak detected via comparative genomic analysis of municipal wastewater salmonella isolates // Appl Environ Microbiol. 2019. Vol. 85. No. 10. doi: 10.1128/AEM.00139-19
12. Fahrenfeld N., Bisceglia K. J. Emerging investigators series: sewer surveillance for monitoring antibiotic use and prevalence of antibiotic resistance: urban sewer epidemiology // Environmental Science: Water Research & Technology. 2016. Vol. 2. No.5. P. 788-799. doi: 10.1039/C6EW00158K
13. Environmental surveillance for poliovirus and other enteroviruses: long-term experience in Moscow, Russian Federation, 2004–2017 / O. E. Ivanova, M. S. Yarmolskaya, T. P. Ereemeeva, G. M. Babkina, O. Y. Baykova, L. V. Akhmadishina, A. Y. Krasota, L. I. Kozlovskaya, A. N. Lukashev // Viruses. 2019. Vol. 11. No. 5. P. 424. doi: 10.3390/v11050424
14. Wastewater-based epidemiology-surveillance and early detection of waterborne pathogens with a focus on SARS-CoV-2, Cryptosporidium and Giardia / A. Zahedi, P. Monis, D. Deere, U. Ryan // Parasitology Research. 2021. doi: 10.1007/s00436-020-07023-5

15. Сизова Е. Н., Шмакова Л. Н., Видякина Е. В. Медицинская экология SARS-CoV-2 (обзор литературы) // Вятский медицинский вестник. 2020. Т. 67, № 3. С. 98–103. doi: 10.24411/2220-7880-2020-10115.

16. Sims N., Kasprzyk-Hordern B. Future perspectives of wastewater-based epidemiology: Monitoring infectious disease spread and resistance to the community level // Environment International. 2020. Vol. 139. P. 105689. doi: 10.1016/J.ENVINT.2020.105689

МЕЙЗООБЕНТОС МАЛЫХ ВОДОЕМОВ БАССЕЙНА ОБСКОЙ ГУБЫ

Т. Г. Шихова¹, Д. Д. Павлов², А. В. Калашиников³

*¹ ФГБНУ ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства
имени проф. Б. М. Житкова, biota.vniioz@mail.ru*

² Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, tukki@bk.ru

³ ФГУП ВПО САФУ имени М. В. Ломоносова, ecoling@ya.ru

Приведены сведения об особенностях таксономического состава мейзообентоса озер и малого притока Обской губы по результатам обследования 2021 г. Установлено, что донные сообщества Обской губы и залива ее притока относятся к рачково-олигохетному типу, а донные сообщества реки и озер – к хирономидному и олигохетно-хирономидному типам.

Ключевые слова: видовой состав мейзообентоса, озеро, приток Обской губы, Ямало-Ненецкий автономный округ.

Обобщенные сведения о донных сообществах Обской губы изложены в ряде работ [1–3], однако информация о зообентосе и зоопланктоне малых притоков средней и северной части Обской губы практически отсутствует.

С целью выявления видового разнообразия беспозвоночных гидробионтов в бассейне средней части Обской губы отбор 20 бентосных проб был проведен 19–22 августа 2021 г. на пяти водных объектах: Обская губа (литораль), р. Януадеяхо (залив, устье, русло), три озера и лужа в пересохшем русле реки (рис.). Все пробы собирали по общепринятой методике [4] в прибрежной зоне на глубине 20–40 см с площадью захвата 10x10 см, материал фиксировали 70% спиртом. Река Януадеяхо – это малый правый приток Обской губы с извилистым руслом шириной <3 м, глубиной <1 м, с заболоченными берегами и песчаным грунтом. Идентификацию организмов в зависимости от таксономической группы проводили до уровня вида, рода, семейства, отряда, класса [5–7] с использованием бинокляров БМС-2 и Биомед-2 (ДСМ 900).

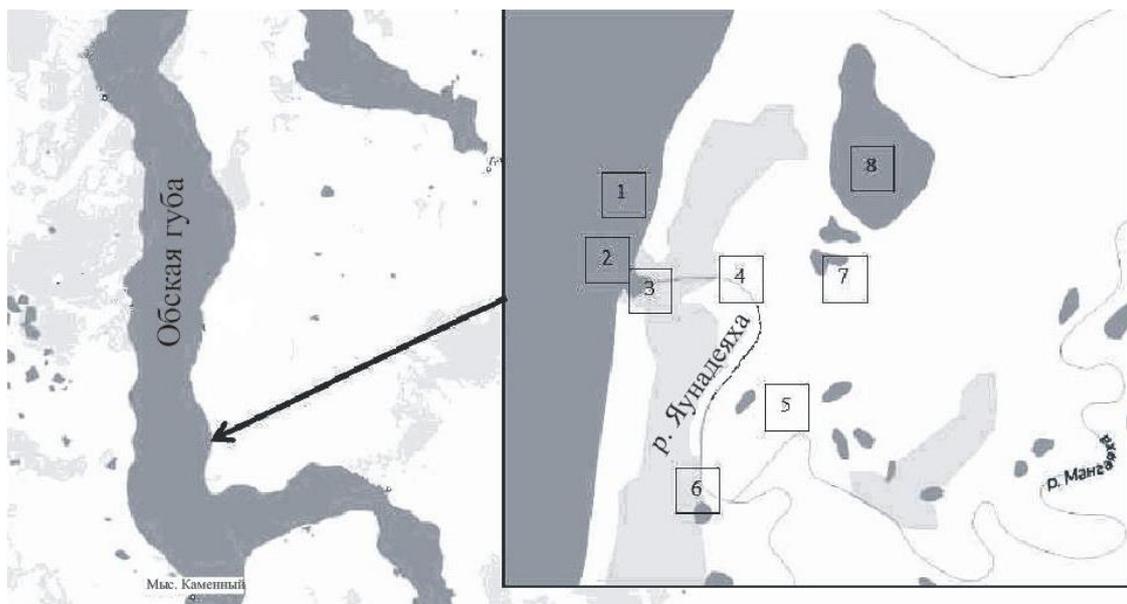


Рис. Места отбора проб: 1 – Обской губы, литораль; р. Яунадеяхо: 2 – залив, 3 – устье, 4 – русло, 5 – лужа в пересохшем русле; 6 – пойменное озеро, 7 – озеро 140x85 м, 8 – озеро 863x450 м

Количественные показатели развития макрозообентоса более подвержены пространственной и временной динамике, чем качественные. Изменение численности донных животных в период открытой воды чаще связано с вылетом хирономид и других амфибиотических насекомых. Сезонная динамика отмечается у нескольких групп донных организмов – моллюсков, олигохет, ракообразных [3].

На исследованном правом берегу средней части Обской губы в составе мейзообентоса нами зарегистрировано 33 таксона 13 семейств – это представители Nematoda, Oligochaeta, Mollusca, Crustacea, Trichoptera (домики), личинки амфибиотических Diptera – комаров-звонцов (Chironomidae) и мокрецов (Seratorogonidae). Характерная особенность исследованных водоемов – высокая встречаемость олигохет (90%) и личинок хирономид (70%). Ракообразные отмечались в 35% проб – в литорали Обской губы, в заливе р. Яунадеяхо и в озере (створ №8). В рассмотренных донных сообществах по численности доминировали: в заливе р. Яунадеяхо – Crustacea 99%; в озерах (створы № 6, 7) – Chironomidae 49–84%; в озере (створ №8) и в литорали Обской губы (створ №1) – Oligochaeta 50–61% (табл.).

В литорали Обской губы (створ №1) средняя численность донных беспозвоночных составила 10,92 тыс. экз./м². Здесь развивается донное сообщество рачково-олигохетного типа – отмечено 9 таксонов, среди которых наиболее многочисленны ракообразные (49%) – Cladocera (*Eurycercus lamellatus* Muller, 1776), Copepoda (*Macrocyclus albidus* (Jurine, 1820), Ostracoda и малощетинковые черви (30%) – Naididae, Pristinidae, Enchytraeidae. Хирономиды (*Chironomus dorsalis* Meigen, 1818, *Sergentia longiventris* (Kieffer, 1924), *Ablamesmyia monilis* (L., 1758)) составляли 21%. Встречаются виды-

индикаторы чистых вод: ветвистоусый α - β -мезосапробный рачок *Eurycercus lamellatus* O.F. Muller, 1776 и хирономиды *Sergentia longiventris* Kieffer, 1924.

Таблица

**Среднее обилие основных групп зообентоса в водных объектах
Обской губы, (экз./м²)**

Номера створов	1	2	3	4	5	6	7	8	
Таксономические группы	Литораль Обской губы	Река Яунадеяхо				Лужа в сухом русле	Пойменное озеро	Озеро, 140x85 м	Озеро, 863x450 м
		Залив	Устье	Русло					
Oligochaeta	3317	100	300	–	–	350	550	7600	
Mollusca	–	–	300	–	–	–	25	600	
Crustacea	5333	7500	–	–	–	175	–	2460	
Chironomidae	2267	–	400	700	400	2688	1938	4880	
Ceratopogonidae	–	–	–	–	600	–	–	–	

Примечание: «–» – группа зообентоса не обнаружена.

На песчаном грунте залива реки Яунадеяхо (створ № 2) средняя плотность организмов мейобентоса 7,6 тыс. экз./м² – олигохеты сем. Pristinidae и ветвистоусые ракообразные сем. Chydoridae. Численно доминировали кладоцеры (99%).

Донная фауна устья р. Яунадеяхо (створ № 3) была представлена олигохетами (*Pristina rosea* (Piguet, 1906)), брюхоногими и двустворчатыми моллюсками (катушка *Gyraulus acronicus* (Ferussac, 1807) и сферииды) и личинками комаров-звонцов (*Parachironomus arcuatus* (Goetgh., 1919), *Sergentia longiventris* (Kieffer, 1924)). Общая численность зообентоса составляла 1,0 тыс. экз./м² с доминированием хирономид (40%).

В пробе из русла р. Яунадеяхо (створ № 4) с песчаным грунтом был отмечен только один вид хирономид подсемейства Orthoclaadiinae – *Psectrocladius* sp. численностью 0,7 тыс. экз./м².

В луже пересохшего русла реки Яунадеяхо (створ № 5) с тонкозаиленным песчаным грунтом отмечены личинки мокрецов *Ceratopogon crassinervis* (Goetgh., 1920) и комаров-звонцов *Psectrocladius* sp. По численности преобладали цератопогониды (60%).

В пойменном озере площадью 110x30 м (створ № 6) на песчаном с растительными остатками грунте средняя численность бентосных беспозвоночных 3,213 тыс. экз./м² с доминированием Chironomidae (84%). Хирономидная группа представлена подсем. Chironominae – *Chironomus dorsalis* (Meigen, 1818), *Sergentia longiventris* (Kieffer, 1924), *Paratanytarsus lauterborni* (Kieffer, 1909), *Cladotanytarsus mancus* (Walker, 1856). Обнаружено по одному виду кладоцер и олигохет.

Озеро с площадью водного зеркала 140x85 м (створ № 7), песчаным грунтом и тонким (до 2 см) слоем ила отличалось более разнообразной бентофауной. Здесь обнаружено 11 видов семи семейств – нематоды, олиго-

хеты (Naididae, Pristinidae, Tubificidae), брюхоногие моллюски (Planorbidae), личинки комаров (Chironomidae). Средняя плотность зообентоса составляла 3,913 тыс. экз./м² с доминированием личинок комаров (49%). Среди хирономид отмечены представители двух подсемейств Chironominae (*Cryptochironomus defectus* (Kieffer, 1913), *Chironomus dorsalis* (Meigen, 1818), *Endochironomus* sp.) и Tanypodinae (*Tanypus villipennis* (Kieffer, 1918), *Thienemannimyia lentiginosa* (Fries, 1823)). Наиболее многочисленны из них β-мезосапробные *Cryptochironomus defectus* и *Chironomus dorsalis*.

В озере площадью 863x450 м (створ № 8) с толстым (до 20 см) слоем растительных остатков бентофауна наиболее разнообразна – 20 таксонов 10 семейств. Средняя численность донных животных составляет 15,642 тыс. экз./м² с преобладанием олигохетного (50%) и хирономидного (31%) комплексов. Отмечены представители коловраток (1 вид), олигохет (6 видов), двустворчатых (сем. Sphaeriidae) и брюхоногих моллюсков (*Gyraulus acronicus* (Ferussac, 1807)), бокоплавов (*Gammarus lacustris* Sars, 1863), остракод, хирономид (5 видов: *Chironomus dorsalis* (Meigen, 1818), *Ch. Tentans* (Kaysereetal., 1997), *Microchironomus tener* (Kieffer, 1918), *Paratanytarsus lauterborni* (Kieffer, 1909), *Protanypus morio* Zetterstedt, 1838). Среди малощетинковых червей наиболее обильны полисапробы *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) и *Spirosperma ferox* (Eisen, 1879), а среди комаров-звонцов β-мезосапробы – *Chironomus dorsalis* (Meigen, 1818) и *Paratanytarsus lauterborni* (Kieffer, 1909).

Таким образом, донные сообщества Обской губы и залива р. Яунадеяхо относятся к рачково-олигохетному типу, где доминируют ракообразные (Cladocera, Copropoda, Ostracoda) и многочисленны малощетинковые черви (Naididae, Pristinidae, Enchytraeidae).

Бентофауна реки Яунадеяхо отличается бедным таксономическим составом – в пробах регистрировалось не более четырех видов беспозвоночных животных, а по совокупности показателей проб из разных участков реки обнаружено только восемь видов пяти семейств – малощетинковые черви, моллюски, ветвистоусые ракообразные и личинки амфибиотических двукрылых насекомых. Донное сообщество реки относится к хирономидному типу – доминируют личинки комаров-звонцов подсемейств Chironominae и Orthocladiinae.

Более разнообразен видовой состав озерных бентосных сообществ, в которых зарегистрировано от 6 до 20 видов беспозвоночных животных. Мелководные озера (пойменное озеро 110x30 м и озеро 140x85 м) характеризуются хирономидным типом бентофауны (преобладают представители подсем. Chironominae, встречаются Tanypodinae), а озеро 863x450 м с толстым придонным слоем растительных остатков относится к олигохетно-хирономидному типу (доминируют олигохеты сем. Naididae, Pristinidae, Tubificidae и личинки комаров-звонцов подсем. Chironominae и Diamesinae).

Среди представителей донной фауны рассмотренных водных объектов встречаются виды-индикаторы чистых вод (α-β-мезосапробы) – амфипода *Gammarus lacustris* (Sars, 1863), кладоцера *Eurycercus lamellatus* (Muller,

1776), личинки комаров-звонцов *Protanypus morio* (Zetterstedt, 1838), *Cladotanytarsus mancus* (Walker, 1856), *Sergentia longiventris* (Kieffer, 1924).

Увеличение техногенной нагрузки на субарктические акватории Зауралья (газо- и нефтедобыча, их транспортировка) актуализируют необходимость мониторинговых исследований всех компонентов гидроценозов на разных участках водосборной территории Обской губы.

Библиографический список

1. Кузикова В. Б. Зообентос водоемов Обского бассейна и его использование для оценки качества водной среды // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1995. Вып. 327. С. 64–78.
2. Степанова Б. В. Зообентос Тазовской губы // Вестник рыбохозяйственной науки. 2014. Т. 1, № 3 (3). С. 56–62.
3. Степанова В. Б., Степанов С. И., Вылежинский А. В. Многолетние исследования макрозообентоса Обской губы // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень : Изд-во ИПОС СО РАН, 2010. Вып. 11. С. 110–117.
4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. 240 с.
5. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4 Двукрылые насекомые / под ред. Э. П. Нарчук. СПб. : Наука, 2000. 1000 с.
6. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон. М. СПб. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.
7. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос. М. СПб. : Товарищество научных изданий КМК, 2016. 457 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КЛЕЩЕЙ РОДА *IXODES* В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Е. В. Панюкова, Н. П. Селиванова, Е. В. Данилова

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения

Российской академии наук,

panjukova@ib.komisc.ru, selivanova@ib.komisc.ru, danilova@ib.komisc.ru

В работе обозначены перспективные направления эколого-фаунистических исследований рода *Ixodes* отряда Паразитиформных клещей на территории Республики Коми. Показана высокая научная и практическая значимость исследований подобного рода для региона.

Ключевые слова: Республика Коми, *Ixodes*, распространение, перспективы исследований.

На территории Республики Коми встречаются три представителя рода *Ixodes* (*Ixodoidea*, *Ixodidae*) из отряда Паразитиформных (Parasitiformes) клещей: *I. persulcatus*, *I. ricinus* и *I. trianguliceps* [1]. Первые два вида паразитируют преимущественно на домашних и диких млекопитающих, птицах и человеке. Прокормителями *I. trianguliceps* выступают в основном мышевидные грызуны, среди которых в 60-х годах прошлого века доминировали полевка-экономка (*Microtus oeconomus*) и обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*) [2].

Вид *I. persulcatus* переносит восемь клещевых инфекций: вирус клещевого энцефалита, вирус лихорадки Западного Нила, *Borrelia* sp., *Rickettsia* sp., *Ehrlichia* sp., *Babesia* sp., *Bartonella* sp., *Anaplasma* sp. [3]. Широкая вовлеченность иксодовых клещей в пищевые цепи, их высокая вирусофорность определяет необходимость изучения этих потенциально опасных видов паукообразных.

Анализ литературы с 1966 г. и опубликованных материалов ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Коми» с 2005 г. показал, что фактических материалов по фауне, структуре населения, численности и распространению иксодовых клещей, обитающих на территории Республики Коми в настоящее время крайне недостаточно. Имеющиеся в литературе сведения носят узкоспециализированный или отрывочный характер. Комплексных эколого-фаунистических исследований иксодид в регионе ранее не проводилось. Актуальность подобного рода исследований определяется еще и тем фактом, что в течении последних двух десятилетий северная граница распространения иксодовых клещей на территории региона значительно расширилась к северу, о чем косвенно свидетельствуют случаи обращения жителей республики по поводу укусов клещей в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Коми». Так, до 1994 г. случаи укусов клещей регистрировались только на территории южной и южной части средней тайги; в 1994–2005 гг. обращения поступали от жителей, проживающих на территории южной и средней подзоны тайги; с 2006 по 2017 гг. случаи укусов иксодовыми клещами отмечались на территории южной, средней и северной таежных подзон [4]. Кроме того, в связи с увеличением инфицированности клещей вирусом клещевого энцефалита, в 2013 г. список эндемичных по этому заболеванию территорий был расширен. Помимо г. Сыктывкар, Сыктывдинского, Прилузского, Койгородского, Сысольского, Усть-Куломского районов, в список был включен Усть-Вымский район [5]. Более северные административные районы, в которых регулярно регистрируются случаи укусов клещей, предложено рассматривать в качестве потенциально эндемичных [4].

Учитывая то, что *I. persulcatus* и *I. ricinus* – активные переносчики возбудителей опасных заболеваний человека, в первую очередь клещевого энцефалита, иксодовых клещевых боррелиозов [6], а также в связи с расширением их ареала на территории Республики Коми, к перспективным направлениям эколого-фаунистических исследований рода *Ixodes* в настоящее время можно отнести:

- определение границ распространения видов рода *Ixodes* в Республике Коми;
- получение количественных данных по численности клещей региона;
- определение характера сезонной и межгодовой динамики численности иксодид в зональном аспекте;
- оценку влияния параметров среды обитания иксодовых клещей на их численность;

- выявление спектра видов-прокормителей *I. trianguliceps*, анализ изменений их состава в историческом аспекте;
- определение биотопической приуроченности *I. persulcatus* и *I. ricinus*, оценку их совместного обитания в природных ландшафтах;
- анализ многолетних изменений фауны иксодид региона;
- сравнительный анализ динамики фауны и распространения иксодид Республики Коми и сопредельных территорий;
- унифицирование методик сбора и разработка рекомендаций по расширению спектра сбора иксодовых клещей с животных-прокормителей для ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Коми»;
- выявление спектра инфекций переносимых *I. ricinus* и *I. trianguliceps* на территории региона.

Комплексный подход в изучении фауны и экологии иксодовых клещей на территории региона позволит выявить основные тренды в распространении иксодид и факторы их определяющие. Это в свою очередь даст возможность скорректировать применение мер профилактики заболеваний природно-очагового характера, переносчиками которых являются паразитиформные клещи рода *Ixodes*.

Библиографический список

1. Долгин М. М., Мелехина Е. Н. Паразитиформные клещи – Parasitiformes /под ред. М. М. Долгина // Животный мир Республики Коми. Паукообразные и насекомые. Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 27–31.
2. Новожилова Э. Н. Эктопаразиты мелких млекопитающих и обитатели их гнезд средней тайги Коми : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 0.3097. Петрозаводск, 1971. 15 с.
3. Выявление возбудителей заболеваний в *Ixodes persulcatus* на территории Республики Коми / Л. И. Глушкова, И. В. Корабельников, В. А. Терновой, Е. В. Протопопова, Т. П. Микрюкова, Ю. В. Кононова, С. Н. Коновалова, Н. Л. Тупота, М. Ю. Карташов, Е. В. Чаусов, В. Б. Локтев, Ю. И. Егорова // Сибирский медицинский журнал. 2012. Т. 111, № 4. С. 88–91.
4. Гнатив Б. Р., Токаревич Н. К. Результаты многолетнего мониторинга за клещевым вирусным энцефалитом и клещевым боррелиозом в Республике Коми // Инфекция и иммунитет. 2020. № 6/н. С. 1–12. doi:10.15789/2220-7619-ROL-1299.
5. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году». [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=1984 (дата обращения: 20.10.2021).
6. Коренберг Э. И., Помелова В. Г., Осин Н. С. Природно-очаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. М. : Комментарий, 2013. 463 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕЖАЩЕЙ К СТУДЕНЧЕСКОМУ ГОРОДКУ ВЯТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

И. А. Устюжанин, Е. А. Горностаева
Вятский государственный университет,
stud115305@vyatsu.ru, ea_gornostaeva@vyatsu.ru

В работе проведена оценка загруженности автодорог и определение объёма выделяющихся вредных веществ автомобильным транспортом вблизи студенческого городка Вятского государственного университета (ВятГУ) г. Кирова, а именно, рассмотрены вопросы плотности дорожного потока, объёма выбросов загрязняющих вредных веществ от автотранспорта, количества чистого воздуха, необходимого для обезвреживания атмосферы вблизи исследуемой территории.

Ключевые слова: автотранспортная нагрузка, атмосферный воздух, выбросы, загрязняющие вещества, вредные вещества.

Объём выделяющихся автомобильным транспортом загрязняющих веществ с каждым годом увеличивается, что, безусловно, влияет на качество атмосферного воздуха. В связи с этим, проблема загруженности автомобильных дорог является значимой во всех развитых странах мира ввиду высокого влияния выбросов автотранспорта на окружающую среду. В России вопрос также является важным, поскольку с каждым годом плотность автотранспортной нагрузки возрастает. По данным Министерства транспорта РФ, в определённые периоды, трафик российских автомагистралей занимает лидирующую позицию по всей планете. Город Киров является административным центром Кировской области, вследствие этого изучение загруженности дорог автотранспортом актуально. Поэтому целью работы было определение автонагрузки и расчёт выбросов автомобильного транспорта на территории, прилегающей к студенческому городку Вятского государственного университета (ВятГУ).

Проведение исследования загруженности автомобильных дорог вели согласно методике [1], в точках – А, Б, В, Г (рис. 1). Выбор точек был обусловлен определением запыленности атмосферного воздуха (точки 1–6) в нашей прошлой работе [2], где было показано, что существенная разница в осаждении пыли была связана в большей степени с высокой загруженностью автомобильных дорог. На выбранных участках проводился учет проходящих транспортных средств в обоих направлениях с подразделением по следующим группам: легковые, грузовые автомобили, автобусы, тракторы. Обследования проводились в периоды наибольшей транспортной активности – утром, вечером, и в период наименьшей активности – днём. Расчет выбросов вред-

ных загрязняющих веществ вели после проведения исследования загруженности автомобильных дорог согласно методике [3].



Рис. 1. Карта-схема исследуемой территории (точки А-Г – точки учета количества проезжающего автотранспорта)

Результаты натуральных исследований структуры и интенсивности движущегося автотранспортного потока представлены на рисунке 2.

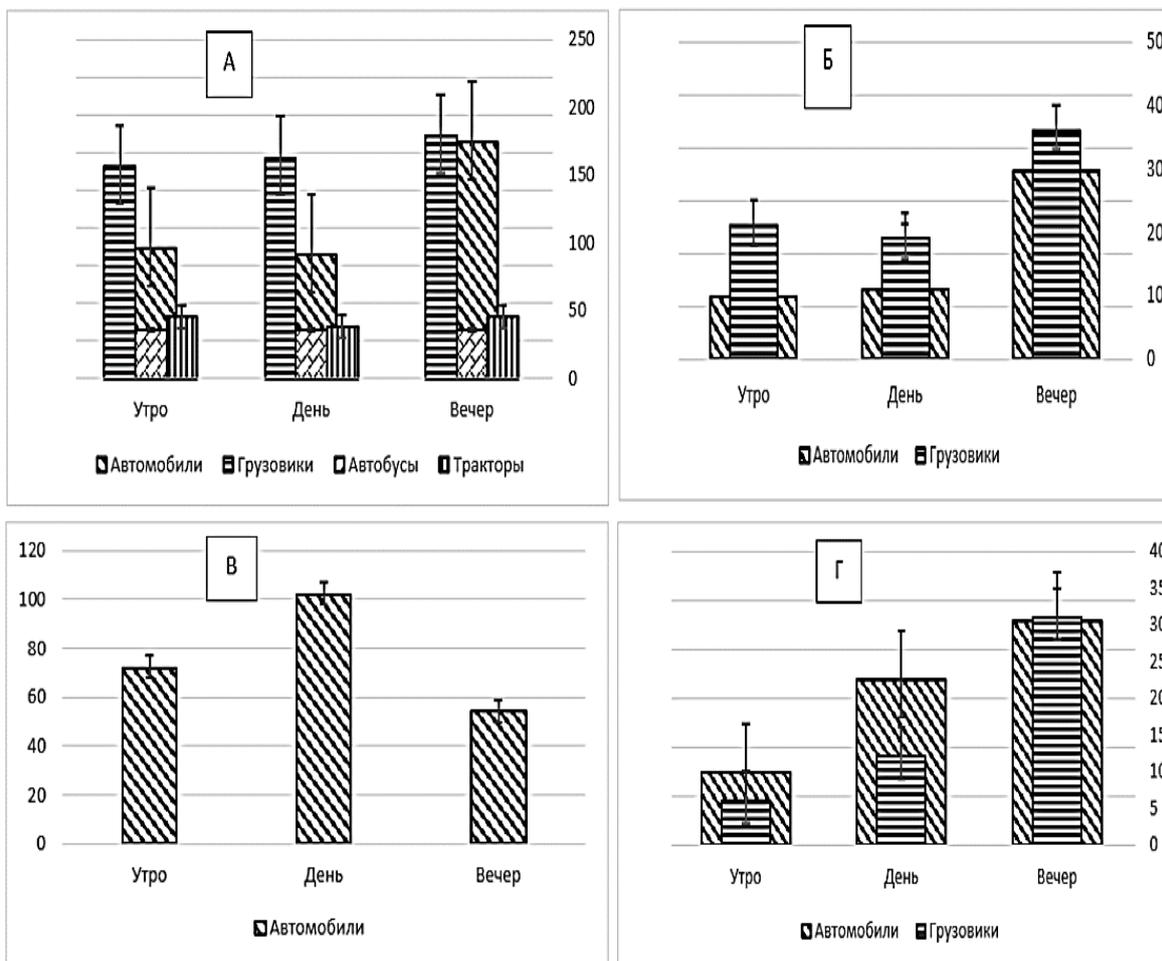


Рис. 2. Загруженность автомобильных дорог, авт./ч

Показано, что наибольшим разнообразием транспорта отличается точка А, наименьшим – точка В. Выявлено, что наименьший поток машин наблюдается в точке В, со средним показателем – 76 авт./ч. Умеренная загруженность отмечалась в точках Б и Г – 214 и 163 авт./ч соответственно. Наиболее плотный поток транспорта находился в точке А – 605 авт./ч. Санитарные требования по уровню загрязнения допускают поток транспортных средств в жилой зоне интенсивностью не более 200 авт./ч. Таким образом, можно сделать вывод, что полученные значения не во всех точках исследуемой территории соответствуют санитарным нормам, что, безусловно, может повлиять на здоровье людей, поскольку источники загрязнения воздуха находятся в приземном слое, а именно в зоне дыхания.

Таблица 1

Масса выделившихся вредных веществ, г/ч на м³

Точки отбора проб	Масса выделившихся вредных веществ, г			Суммарное количество загрязняющих веществ
	СО	С ₆ Н ₆	NO ₂	
А	201,08850	97,36113	26,95199	325,40162
Б	34,883250	16,69109	4,41176	55,98610
В	19,15200	8,95551	2,11258	30,22009
Г	13,00800	6,32552	1,79557	21,12909

Расчет выброса загрязняющих веществ автотранспортом вели для следующих загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух с отработавшими газами автомобилей: оксид углерода (СО), бензол (С₆Н₆), диоксид азота (NO₂). По результатам исследования (табл. 1) выявлено, что атмосфера территории вблизи Студенческого городка перенасыщена вредными веществами – продуктами сгорания топлива. Наибольшая концентрация вредных веществ, равная 325,4 г/ч на м³, наблюдается на улице Московской (точка А), а наименьшая – в Студенческом переулке (точка В) и территории автозаправочной станции (точка Г). Сопоставляя полученный результат (рис. 3) с данными загруженности автодороги (рис. 2), приходим к заключению, что масса выделившихся вредных веществ напрямую зависит от загруженности автомобильных дорог, находящихся поблизости.

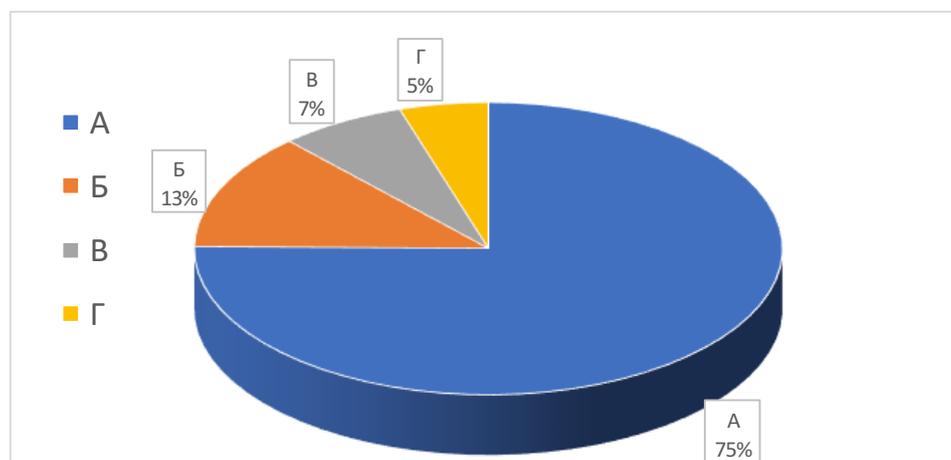


Рис. 3. Масса выделившихся вредных веществ, %

Для нормализации состояния атмосферы при данных условиях требуется 1,7 млн м³ чистого воздуха, что эквивалентно объёму 910 тыс. олимпийских бассейнов (табл. 2).

Таблица 2

Объём чистого воздуха, необходимый для нормализации атмосферы, м³

Точки отбора проб	Масса выделившихся вредных веществ, г			Суммарное значение загрязняющих веществ
	СО	С ₆ Н ₆	NO ₂	
А	67029,50	979611,30	673779,75	1720420,55
Б	11627,75	166910,90	110294,00	288832,65
В	6384,00	89555,10	52814,50	148753,60
Г	4336,00	63255,20	44894,25	112485,45

Подводя результаты проделанной работы, можно сказать, что объём действующего транспорта на рассматриваемой территории напрямую влияет на состояние атмосферного воздуха поблизости. Самой низкой массой загрязняющих веществ характеризуется точка, где наблюдаются наименьшие показатели плотности движения автотранспорта, а также присутствуют зелёные насаждения. Наибольшая концентрация вредных веществ соответствует точке А, расположенной вдоль ул. Московской. Этот факт объясняется непосредственной близостью данной территории с одной из главных улиц Кирова.

Таким образом, можно сделать вывод, что автомобильный транспорт вносит весомый вклад в загрязнение атмосферы на рассматриваемой территории. Одним из лучших решений данной проблемы является озеленение прилегающей территории, которое будет служить барьером от вредных веществ в воздухе, поступающих от источников загрязнения.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 15.10.2021).
2. Устюжанин И. А. Определение запыленности воздуха на территории, прилегающей к студенческому городку Вятского государственного университета (г. Киров) / И. А. Устюжанин, Е. А. Горностаева // Химия. Экология. Урбанистика : материалы. 2021. Т. 2021-1. С. 78–82.
3. Расчётная инструкция (методика) по инвентаризации загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293828/4293828118.htm> (дата обращения: 15.10.2021).

СЕКЦИЯ 2 МЕТОДЫ БИОДИАГНОСТИКИ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА *a* С ЭЛЕМЕНТАМИ СТРУКТУРЫ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

С. А. Чуракова

ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, sveta.1917@mail.ru

Методом корреляционного анализа оценивали связь уровня активности фотосистемы II хлоропластов ячменя с продуктивными параметрами растений шести сортов ярового ячменя с целью выяснения возможных путей улучшения фотосинтетической продуктивности растений методами классической селекции.

Ключевые слова: яровой ячмень, селекция, флуоресценция, хлорофилл, фотосистема II.

Параметры состояния фотосинтетического аппарата листьев являются одними из самых точных показателей состояния растений ввиду его высокой чувствительности [1], они часто используются в ходе селекции зерновых культур [2–4]. Экологические условия роста влияют на функционирование фотосистемы II (ФСII) листьев и связанные с ним пути возбуждения, усвоения энергии и флуоресценции хлорофилла [5]. Анализ флуоресценции хлорофилла дает информацию об эффективности как фотохимических, так и нефотохимических процессов. Этот метод является быстрым, удобным и информативным. В последние годы измерение флуоресценции хлорофилла стало самым популярным методом определения устойчивости фотосинтетических систем к воздействию стрессовых факторов различной природы [6].

В целом, подобные исследования дают важную информацию о состоянии ФСII и ее фотохимической эффективности, о количестве энергии квантов света, захваченной реакционными центрами ФСII в процессе фотосинтеза, непроизводительных расходах захваченной энергии, количестве активных и неактивных реакционных центров, эффективности переноса электронов в электронтранспортной цепи хлоропластов.

Однако подобные параметры редко используются при оценке продукционного потенциала растений в нормальных условиях. Поэтому основными задачами исследования являлись оценка уровня генотипической вариабельности параметров флуоресценции хлорофилла *a* листьев ярового ячменя и сравнение генотипов по уровню развития отдельных параметров работы фотосин-

тетического аппарата листьев с целью последующего использования в селекционной работе по повышению продуктивности растений в конкретных условиях выращивания.

Объектом исследования являлись сорта ячменя Белгородский 100, Боярин, Добряк, Новичок, Памяти Родиной и Родник Прикамья. Для оценки параметров кинетики индукции флуоресценции хлорофилла и структуры продуктивности растений применяли полевые и лабораторные исследования. Данные структуры продуктивности растений получены в ходе совместной работы с сотрудниками лабораторией селекции ярового ячменя на опытных полях ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (село Красное Нововятского района г. Кирова). Наблюдения проводились в течение трех лет (2019–2021 гг.). Погодные условия вегетационного периода (май–август) оценивались по значениям гидротермического коэффициента (ГТК), при котором увлажнение оценивается как оптимальное при ГТК = 1,0–1,5, избыточное при ГТК > 1,6; недостаточное при ГТК < 1, слабое при ГТК < 0,5 (рис.).

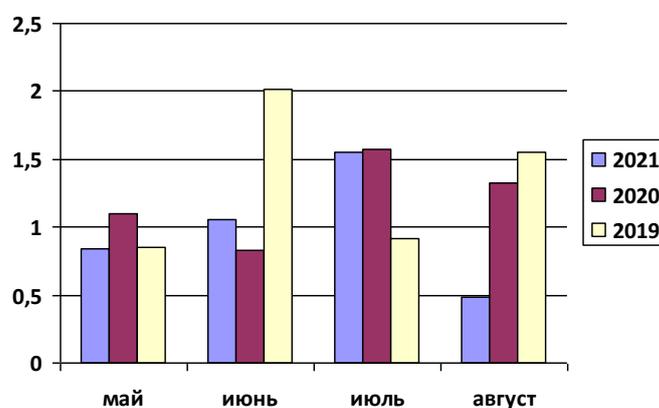


Рис. ГТК периода вегетации растений ячменя в 2019–2021 гг.

Флуоресценцию хлорофилла *a* регистрировали на адаптированных к темноте в течение 20 мин листьях с использованием флуорометра Fluor Pen FP 110/S (Photon Systems Instruments, Czech Republic) согласно руководству производителя. Индукционные кривые флуоресценции хлорофилла *a* инициировали красным светом с длиной волны 650 нм интенсивностью 3000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. Параметры, которые оценивали, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры оценки флуоресценции хлорофилла *a*

Параметр	Определение
1	2
F ₀	Минимальный уровень флуоресценции, вызванный низкой интенсивностью измерительного света
F _m	Максимальный уровень флуоресценции, вызванный сильным световым импульсом, который закрывает все реакционные центры (РЦ) ФСII
F _v /F _m	Максимальный квантовый выход первичного разделения зарядов в ФСII

1	2
F_v/F_o	Соотношение констант скорости фотохимической реакции и нефотохимической дезактивации возбуждений ФСII
ψ_o	Вероятность переноса электрона от вторичного акцептора электрона хиноновой природы (Q_B) далее до конечных акцепторов ФСII
δ_{RE}	Эффективность, с которой электрон от вторичного акцептора передается на акцептор ФСI
ψ_{RE}	Квантовый выход потока электронного транспорта от ФСII до ФСI при $t = 0$
ABS/RC	Поток энергии, поглощаемый одним активным РЦ. На него влияет соотношение активных/неактивных реакционных центров
TR_o/RC	Поток энергии возбуждения, улавливаемой одним активным РЦ после темновой адаптации при $t = 0$
ET_o/RC	Поток электронного транспорта от первичного акцептора электрона хиноновой природы (Q_A) к Q_B в перерасчете на реакционный центр ФСII при $t = 0$
DI_o/RC	Диссипация энергии в виде тепла, рассеиваемой одним РЦ
PI_{ABS}	Показатель функциональной активности ФСII
PI_{ABS_total}	Индекс производительности ФА в целом

Параметры структуры продуктивности оценивали в соответствии с методикой ГСИ [7]. Оценивали следующие параметры: высота растений, общая и продуктивная кустистость, длина главного колоса, его плотность, количество колосков и зерен в главном колосе, масса зерна с главного колоса, растения и с 1 м^2 .

Статистическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Excel 2013 с использованием методов вариационной статистики и корреляционного анализа.

Для определения взаимосвязи между уровнем флуоресценции и структурой растений ярового ячменя был проведен корреляционный анализ данных показателей с учетом погодных условий в период вегетации. В результате были найдены некоторые статистически значимые корреляции. Расчет проводился для всей группы выбранных сортов с целью определения целесообразности проведения селекционной работы внутри этой группы, как за весь трехлетний период, так и за каждый год в отдельности.

В контрастном по погодным условиям 2019 г., когда в течение вегетации засушливые условия сменялись избыточным увлажнением и, наоборот, отмечено наибольшее число статистически значимых взаимосвязей между показателями работы ФСII листьев ячменя и уровнем развития элементов структуры продуктивности. Так, число колосков и зерен в главном колосе ячменя закономерно повышалось с увеличением показателей флуоресценции хлорофилла ABS/RC и DI_o/RC ($r = 0,838-0,894$) и снижением параметров F_v/F_m и F_v/F_o ($r = -0,816--0,871$). Направление связи показателя продуктивной кустистости с этими параметрами флуоресценции было обратным ($-0,829$ с DI_o/RC и $0,826-0,838$ с F_v/F_m и F_v/F_o). Масса зерна с главного колоса увеличивалась с увеличением параметров δ_{RE} , ψ_{RE} и PI_{ABS_total} ($r = 0,854-0,905$). Уро-

жайность с единицы площади положительно коррелировала с величиной максимального уровня флуоресценции F_m ($r = 0,818$). Длина колоса повышалась с повышением PI_{ABS_total} ($r = 0,891$), а его плотность – с повышением потока энергии, улавливаемым в пересчете на один реакционный центр (TR_o/RC , $r = 0,907$).

В 2020 г., когда во второй половине вегетации отмечалось избыточное увлажнение (ГТК = 1,33–1,57) было отмечено всего шесть статистически значимых взаимосвязей: число колосков в главном колосе положительно зависело от потока энергии, поглощаемого одним активным реакционным центром (ABS/RC , $r = 0,942$) и уровня тепловой диссипации излишней энергии (DI_o/RC , $r = 0,880$). Общая и продуктивная кустистость снижались с увеличением параметра PI_{ABS_total} ($r = -0,881$ – $-0,949$), но при этом общая кустистость положительно коррелировала с минимальным уровнем флуоресценции хлорофилла a (F_o , $r = 0,846$). Высота растений повышалась с повышением параметра ψ_{RE} (потока энергии, передаваемой от ФСII к ФСI, $r = 0,875$).

В достаточно засушливом 2021 г. отмечены отрицательные связи общей и продуктивной кустистости с параметром тепловой диссипации энергии (в обоих случаях коэффициент корреляции составил $-0,815$); массы зерна с главного колоса и с растения в целом – с параметрами передачи энергии внутри пула хинонов (ψ_o и ET_o/RC) – корреляции составили $-0,818$ – $-0,941$. В то же время отмечены положительные связи между индексом производительности ФСII (PI_{ABS_total}), с одной стороны, и параметрами длины колоса и числа зерен в главном колосе, с другой стороны ($r = 0,903$ – $0,935$).

В таблице 2 указаны статистически значимые коэффициенты парных корреляций показателей структуры урожая, усредненные за 2019–2021 гг., и уровня флуоресценции хлорофилла a листьев ярового ячменя.

Таблица 2

Взаимосвязь элементов структуры продуктивности и параметров работы фотосистемы II листьев ярового ячменя (среднее за 2019–2021 гг.)

Параметр	1	2	3	4	5	6	7
F_v/F_m	-0,827	–	0,879	-0,894	-0,959	–	–
F_v/F_o	–	–	0,899	-0,926	-0,960	–	–
δ_{RE}	–	-0,923	-0,833	0,944	–	0,908	–
ψ_{RE}	–	–	-0,817	0,854	–	–	–
ABS/RC	–	–	–	–	0,838	–	–
DI_o/RC	0,830	–	-0,814	–	0,953	–	–
PI_{ABS}	–	–	–	-0,843	-0,813	–	-0,896
PI_{ABS_total}	–	-0,924	-0,850	0,896	–	0,938	–
F_o	–	0,898	–	–	–	–	–
F_m	–	0,883	–	-0,876	–	–	–

Примечание: элементы структуры продуктивности: 1 – высота растений; 2 – общая кустистость; 3 – продуктивная кустистость; 4 – длина колоса; 5 – число колосков в главном колосе; 6 – число зерен в главном колосе; 7 – масса зерна с главного колоса. Прочерк означает отсутствие статистически значимых корреляций при $p \leq 0,05$.

Таким образом, с параметрами работы ФСII листьев ячменя в наибольшей степени связаны показатели длины колоса и продуктивной кустистости, в меньшей степени – высота растения и количество зерен с главного колоса. Наиболее значимыми параметрами флуоресценции хлорофилла оказались F_v/F_m , F_v/F_o , δRE , DI_o/RC , PI_{ABS} и PI_{ABS_total} .

Следовательно, при проведении селекционной работы, направленной на повышение продуктивности растений ярового ячменя в различных погодно-климатических условиях, необходимо учитывать параметры работы фотосинтетического аппарата, в частности, фотосистемы II листьев растений.

Библиографический список

1. Berry J. A., Bjorkman O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants // Annual Review of Plant Physiol. 2003. Vol. 80. No. 1. P. 491–543.
2. Реакция пигментного аппарата листьев озимой ржи на эдафический стресс / Е. М. Лисицын, Л. И. Кедрова, Е. И. Уткина, Н. А. Злобина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2010. № 1 (16). С. 20–24.
3. Щенникова И. Н., Назарова Н. Н., Лисицын Е. М. Приемы возделывания много-рядного ячменя в Волго-Вятском регионе // Земледелие. 2011. № 6. С. 20–22.
4. Вологжанина Е. Н., Баталова Г. А., Лисицын Е. М. Влияние обработки семян и посевов препаратами на кормовую продуктивность и фотосинтетический аппарат голозерного овса сорта Вятский // Аграрный вестник Верхневолжья. 2016. № 1 (13). С. 5–10.
5. Худякова А. Ю. Влияние УФ-В-облучения на фотосинтетические процессы в *Arabidopsis thaliana* при дефиците фитохромов и криптохромов : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.01.05. М., 2020. 24 с.
6. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла *a* – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений / В. Н. Гольцев, М. Х. Каладжи, М. А. Кузманова, С. И. Аллахвердиев. Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2014. 220 с.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Федина. М. : Колос, 1985. 230 с.

РОСТ ВОДОРΟΣЛИ ХЛОРЕЛЛА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ «ТРОФНОСТИ» ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Ю. С. Григорьев, Д. А. Гусева, Н. К. Артына
Сибирский федеральный университет, Институт экологии и географии,
gr2897@gmail.com

Установлено, что водоросль хлорелла может активно расти в природных и сточных водах без внесения питательных веществ. Величину этого роста можно использовать в качестве показателя «трофности» воды, повышенные уровни которой могут вызывать цветение водоемов и водотоков.

Ключевые слова: эвтрофикация воды, природные и сточные воды, водоросль хлорелла, рост водоросли, содержание биогенных элементов.

Эвтрофикация (греч. eutrophia – хорошее питание) – насыщение водоемов биогенными элементами, прежде всего соединениями азота и фосфора, под влиянием антропогенного или естественного воздействия.

Установлено, что именно биогенные элементы, поступающие в воду водоемов, являются фактором развития в них водорослей, вызывающих эвтрофикацию [1]. Избыточное поступление таких биогенных элементов, как азота и фосфора, приводит к быстрому росту водных растений, в особенности планктонных микроскопических водорослей и макрофитов. Происходит бурное развитие, или «цветение», водорослей, которое может охватывать значительную территорию крупных водохранилищ. После цветения микроводоросли отмирают. На окисление отмершей массы расходуется большое количество растворенного в воде кислорода, тем самым ухудшается качество воды [2]. Эвтрофикация водоемов часто сопровождается цветением воды и появлением в ней цианобактерий, выделяющих ряд токсинов [3].

«Трофность» вод можно оценить посредством измерения роста в анализируемых пробах культуры водоросли, внесенной без добавления питательной среды [4].

В связи с этим целью работы явилось сравнение показателей роста тест-культуры водоросли хлорелла в пробах природных и сточных вод, различных по уровню загрязнения.

В качестве тест-организма использовали культуру водорослей *Chlorella vulgaris* Beijer. Культура водоросли выращивалась при постоянной температуре 36 ± 1 °С и интенсивности света 60 Вт/м^2 в культиваторе КВ-06 в соответствии с методикой [5]. Пересев культуры в свежую среду производился один раз в сутки, для сохранения ее альгологически чистой и поддержания экспоненциальной стадии роста. Прирост культуры водоросли, измеряли по оптической плотности суспензии с помощью прибора ИПС-03.

«Трофность» проб воды определяли по росту в них вносимой тест-культуры водоросли хлорелла после отделения от нее компонентов питательной среды. Для сравнения ростовых характеристик отмытую методом центрифугирования культуру водоросли параллельно с тестируемой водой вносили в дистиллированную воду и 2% среду Тамия. Все образцы с тест-культурой водоросли одновременно помещали в культиватор КВМ-05 для выращивания в одинаковых условиях в течение 22 ч.

Определения токсичности пробы вод проводились после их разбавления в ряд кратный трем. После засева исходная оптическая плотность тест-культуры водоросли была равна $0,005$ (75000 кл./см^3). После 22 ч культивирования измерялась оптическая плотность суспензии водоросли. Химический анализ проб проводился в Центре коллективного пользования СФУ.

Для установления наличия в пробах воды веществ, способных вызвать развитие в ней фитопланктона, были взяты пробы воды Красноярского водохранилища выше и ниже зоны выхода вод из очистных сооружений, а также рек Енисей и Кача в черте г. Красноярска. Во все пробы вносилась тест-культура водоросли, отмытая от питательной среды.

Результаты экспериментов с пробами воды из Красноярского водохранилища представлены на рисунке 1 (А, Б, В). По сравнению с контрольным вариантом, за который был принят прирост водоросли в 2% среде Тамия, в пробе с дистиллированной водой рост был незначительным. В пробе воды, взятой выше места выпуска вод очистных сооружений (ОС), рост водоросли не превышает таковой в контрольном варианте. В пробе воды из зоны выпуска вод ОС наблюдается высокий рост водоросли, который сохраняется и после ее разбавления в 81 раз. В пробе воды, взятой ниже места выпуска вод ОС, также наблюдается небольшой рост водоросли, который резко снижается при разбавлении пробы дистиллированной водой.

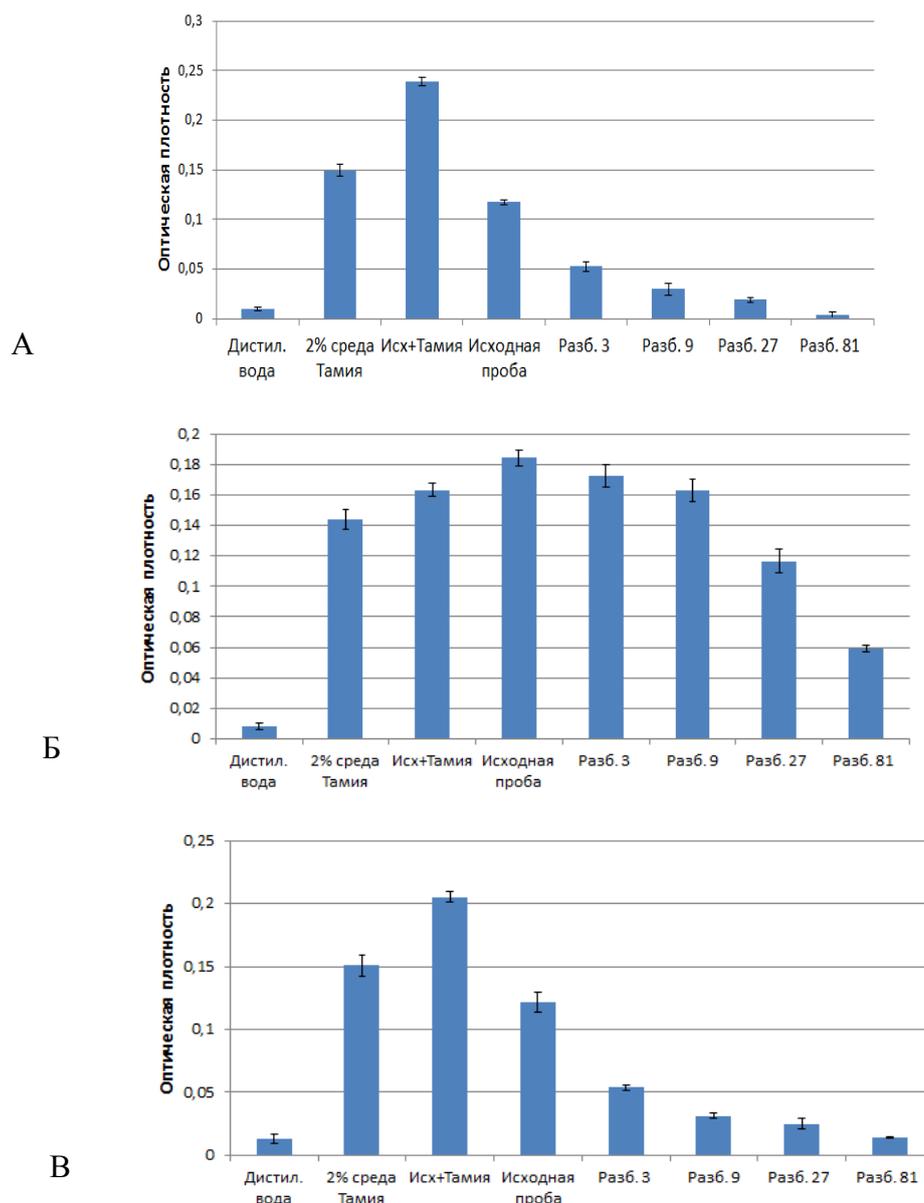


Рис. 1. Оптическая плотность суспензии водоросли хлорелла после 22 ч выращивания в дистиллированной воде, 2% среде Тамия и в пробах воды Сыдинского залива Красноярского водохранилища, взятых в 500 м выше (А), в зоне (Б) и ниже (В) выпуска вод очистных сооружений до и после разбавления

Химический анализ данных проб (табл. 1) показал повышенное содержание нитрат-, фосфат-, хлорид- и сульфат-ионов в воде в месте выпуска сточных вод, а также высокие концентрации в ней ионов натрия, калия, магния и аммония.

Таблица 1

**Результаты химического анализа проб из Сыдинского залива
Красноярского водохранилища (п. Краснотуранск)
выше и ниже зоны выпуска вод из очистных сооружений (ОС)**

Место отбора пробы	Содержание ионов, мг/дм ³								Химическое потребление кислорода (ХПК), мг(O ₂)/дм ³
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	
Выше выпуска ОС	0,9± 0,2	6,0± 0,6	1,2± 0,2	< 0,25	< 0,5	1,0± 0,2	3,3± 0,5	2,6± 0,4	26,6
Выпуск ОС	53,1± 5,3	188± 19	60±6	3,4± 0,3	18,2± 1,8	6,1± 0,8	108± 11	50,2± 5,0	62,1
Ниже выпуска ОС	1,7± 0,4	6,3± 0,6	0,8± 0,1	< 0,25	< 0,5	1,2± 0,2	3,9± 0,6	2,8± 0,4	24,4

Проведенные исследования показали, что проба воды после ОС, сама по себе не токсична, вследствие высокого содержания биогенных элементов, и вызывает активный рост хлореллы. При этом в пробе воды, отобранной выше места выпуска вод ОС, прирост водоросли значительно ниже, что свидетельствует об относительно невысоком уровне эвтрофикации самого водохранилища. Очевидно, благодаря большой разнице объемов сточных вод и разбавляющих вод водохранилища, в пробах, взятых ниже места их выпуска, показатель трофности быстро снизился до фонового уровня.

На рисунке 2 представлены результаты исследований проб воды р. Енисей и р. Кача, отобранных в черте г. Красноярск.

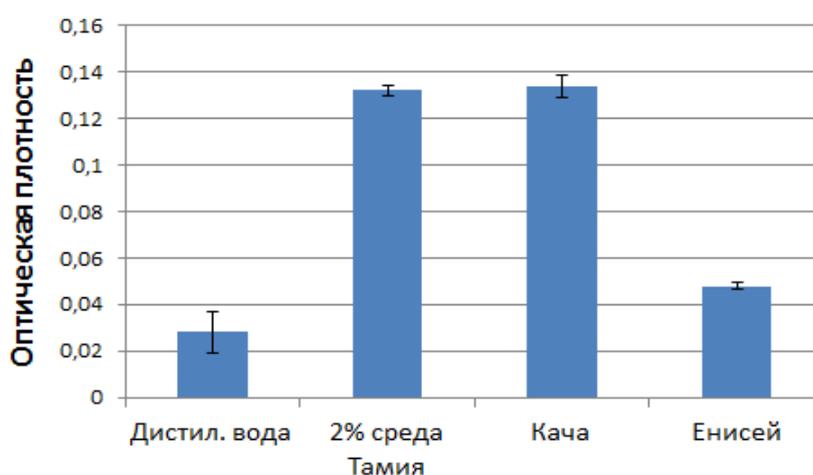


Рис. 2. Оптическая плотность суспензии водоросли хлорелла после 22 ч выращивания в пробах вод р. Кача и р. Енисей

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в воды р. Кача после протекания через г. Красноярск попадает значительное количество веществ (табл. 2), которые обеспечили большой рост тест-культуры водоросли. В более чистых водах р. Енисей таких веществ, необходимых для обеспечения развития водорослей, существенно меньше (табл. 2).

Таблица 2

Результаты химического анализа проб воды р. Енисей и р. Кача (мг/дм³)

Показатель	р. Енисей	р. Кача
ХПК	< 5	20,4
Фосфат-ионы	< 0,05	< 0,05
Нитрат-ион	0,52	7,80
Калий	0,68	3,22
Магний	0,35	19,0

Таким образом, проведенные исследования показали, что по росту водоросли хлорелла в анализируемых пробах можно судить об уровне эвтрофикации природных и сточных вод.

Библиографический список

1. Петухова Е. О. Причины эвтрофикации водоемов // Аллея науки. 2017. № 14. С. 140–144.
2. Немонов Д. В. Проблемы эвтрофикации водохранилищ (водоемов) и пути их решения // Прогрессивные технологии развития : сб. материалов 12-ой Всерос. науч.-практ. конф. СПб. : Изд-во ТМБпринт, 2018. С. 228–231.
3. Корнева Л. Г., Минеева Н. М., Копылов А. И. «Цветение» воды цианобактериями (сине-зелеными водорослями) – реальная угроза ухудшения качества воды в водохранилищах волги // «Бассейн Волги в XXI-м веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ» : материалы Всерос. конф. Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, 2012. С. 135–138.
4. Григорьев Ю. С., Лазукова А. С. Водоросль хлорелла в комплексной оценке качества природных и сточных вод // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы : материалы VII Всерос. конф. по водной экотоксикологии. Ярославль : Филигрань, 2020. С. 39–42.
5. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 / Т 16.1:2:2.3:3.7-04. 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., 2004. 36 с.

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ПЛЕЯД
В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ФИТОМОНИТОРИНГЕ**

А. Э. Богуцкая

Донецкий национальный университет, kf.botan@donnu.ru

Представлены результаты эмпирических исследований по выявлению индикационной значимости некоторых структурных признаков видов природной флоры Донбасса для проведения экологического мониторинга в ур-

банизированной среде – на территориях глубокой антропогенной трансформации.

Ключевые слова: растения-индикаторы, фитоиндикация, корреляция, Донбасс, мониторинг.

Процесс установления фитоиндикационной значимости отдельного параметра состояния или структуры растительного организма сводится обычно к стандартной процедуре вычисления корреляционной зависимости парных массивов в группах «признак – фактор» и (или) «фитоиндикатор – параметр среды», что может быть визуализировано [1], получено расчетными методами [2, 3] с использованием геоинформационного анализа [4], комплексных показателей в динамике [5] или полученных опытным путем [6] в оценке трансформации экотопов, в том числе урбанизированной среды [7, 8] или по отдельным дискретным признакам [8, 9] в рамках государственных научных тем в Донецком экономическом регионе [10]. Система фитомониторинга редко использует межгрупповые комплексные сравнения, чтобы определить сопряженные эколого-эволюционные процессы и тенденции в развитии экосистем и из квантификации на современном этапе техногенной нагрузки.

Цель работы – используя имеющиеся критерии в проведении фитоиндикационного мониторинга, их значения для отдельных экотопов, выделить сопряженные группы изменений в растительных объектах под воздействием неблагоприятных факторов внешней среды таким образом, чтобы в дальнейшем иметь альтернативные фитоиндикационные параметры и использовать их в том случае, если не все значения текущего года представлены в статистическом массиве данных.

Использовали перечень параметров и их метрических эквивалентов для мониторинговой сети Центрального Донбасса по шкалам в 10 интервальных значениях, которые накоплены за последние годы в лаборатории фитомониторинга кафедры ботаники и экологии Донецкого национального университета [4–6, 10] и пополняются, в том числе, благодаря работе студенческого научного общества биологического факультета [7, 9].

Эксперимент по формированию корреляционных плеяд имел несколько подходов и принципиально разных групп совмещения по: 1) сродству анатомо-морфологической (гистологической) природы; 2) отношению к отдельным факторам среды (из дискретных были доступны концентрации некоторых тяжелых металлов); 3) возможному сочетанию в группах вегетативных и генеративных стратегий растений; 4) используя недетерминированную подборку массивов.

Установлено, что к сродству первого порядка относятся выявленные атипичные строения околоустьичного аппарата и степени специализации трихом кроющего типа на листовых пластинках *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten. и *Centaurea jacea* L.; для второй группы сопряжения добавлен признак строения соцветий по матриальности, что для представителей семейства астровых проявляется в тератологическом

строении оси соцветия *Onopordum acanthium* L., *Senecio vulgaris* L., *Sonhus arvensis* L. и *Cichorium intybus* L.

В территориальной принадлежности по близости к предприятиям металлургического комплекса выделены изменения на гистологическом уровне в строении семядольного аппарата и покровных тканей зародыша *Centaurea jacea* L., *Centaurea carbonata* Klok., *Tragopogon major* Jacq., *Taraxacum officinale* Wigg. и *Artemisia vulgaris* L. Экотопы сорно-бытовых полигонов и складские помещения промышленных предприятий сопряжены по признаку проявления типификации розеточных форм на первых этапах вегетации у видов: *Achillea nobilis* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Centaurea cyanus* L., *Cardus acanthoides* L. и *Ambrosia artemisiifolia* L. В этих случаях второй порядок сопряжения относится к признакам проявления продуктивной стратегии по количеству сформированных семязачатков для одного соцветия и экологическому популяционному признаку в репродуктивном успехе, что больше характерно для видов *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Tragopogon major* Jacq., *Picris hieracioides* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Onopordum acanthium* L.

Для рекреационных территорий важным показателем антропогенной нагрузки на экотопы в системе механических воздействий являются признаки габитуального разнообразия, что можно по экологической шкале интерпретировать в размахе архитектоники побегообразования. Эти показатели по первому приближению сопряжены с характеристиками плотности структуры почв и выявлены для видов *Cardus acanthoides* L., *Hieracium pilosella* L., *Tanacetum vulgare* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Arctium lapa* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Erigeron canadensis* L. и *Lactuca tatarica* (L.) S.A. Mey. Для блока признаков в близком значении индексов по интервальной принадлежности корреляцию к установленным характеристикам в плеяде выделили по особенностям опушения нижней формации междоузлий стеблей, что, по-видимому, имеет общую эпигенетическую природу при формировании целостной архитектоники вегетативной и генеративной частей растения на аутофитоиндикационном уровне оценивания.

Сродство по отдельному ингредиентному составу выделено для металлов и видов в системе реакции по корневой системе и отдельно корневому тесту первичного этапа прорастания семени (плода): цинк (валовая концентрация соединений металла в корнеобитаемом слое почв индикаторных видов) – *Centaurea cyanus* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Cardus acanthoides* L., *Erigeron canadensis* L.; кадмий – *Artemisia vulgaris* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Centaurea carbonata* Klok., *Senecio vulgaris* L.; никель – *Centaurea jacea* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Hieracium pilosella* L., *Picris hieracioides* L.; ртуть – *Ambrosia artemisiifolia* L., *Onopordum acanthium* L., *Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Lactuca tatarica* (L.) S.A. Mey.; кобальт – *Tanacetum vulgare* L., *Arctium lapa* L.; свинец – *Tragopogon major* Jacq., *Sonhus arvensis* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Achillea nobilis* L. Ранее такие сопряженные группы в Донбассе не устанавливали. Значимым также для экологического мониторинга является система получения данных в максимально не-

прерывной череде программ наблюдений, что для открытых ландшафтных систем и фитомониторинга в степной зоне Европы возможно при подключении данных на ранних и поздних этапах вегетации.

Таким образом, используя многосекторный корреляционный анализ можно получить дополнительные значения признаков и факторов, связанных с ними для выполнения процедуры полевой диагностики состояния экотопов по растениям-индикаторам.

Библиографический список

1. Гермонова Е. А. Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч.-конф. Т. 2. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019. С. 202–204.

2. The criteria of assessment of ecological state of environment on thresholds of sensitivity of bioindicators / S. V. Bepalova, O. S. Goretsky, A. I. Safonov, A. D. Shtirts // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2011. № 1. С. 25–43.

3. Bepalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. Determination of bioindicators sensitivity thresholds for ecologically unfavourable environmental factors // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2010. № 1 (10). С. 9–25.

4. Safonov A., Glukhov A. Ecological phytomonitoring in Donbass using geoinformational analysis // Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions 2021. BIO Web Conf. 2021. Vol. 31. Article No. 00020. doi: 10.1051/bioconf/20213100020

5. Сафонов А. И. Динамика фитомониторинговых показателей антропогенеза в Донбассе (2000–2019 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 1–2. С. 31–36.

6. Сафонов А. И., Глухов А. З. Эмпирические критерии фитомониторинга техногенной нагрузки в Донбассе // Экобиотех. 2021. Т. 4, № 3. С. 195–202. doi: 10.31163/2618-964X-2021-4-3-195-202

7. Зайцева Е. В. Комплексные показатели уровня трансформации экотопов в г. Донецке по данным фитомониторинга // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Донецк : ДонНУ, 2021. Вып. 13, Т. 1. С. 74–78.

8. Yeprintsev S. A. Technologies for creating geographic information resources for monitoring the socio-ecological conditions of cities // IOP Conference Series : materials Science and Engineering. Electronic edition. 2019. Article No. 012012.

9. Абрамян Е. А. Эмбриональные признаки растений-индикаторов г. Донецка // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Донецк : ДонНУ, 2021. Вып. 13, Т. 1. С. 5–9.

10. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 6–12.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТА НОРМАЛИЗОВАННОГО ОТНОСИТЕЛЬНОГО АЛЬГОИНДЕКСА

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

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

² *ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com*

В статье представлены результаты расчета нормализованного относительного альгоиндекса для акватории четырех крупнейших водохранилищ Кировской области, используемых для культурно-бытовых целей. Отмечено, что фитопланктон развивался преимущественно на прибрежных мелководных участках водохранилищ. Интенсивное «цветение» воды во всех изучаемых водоемах визуально и на индексных изображениях отмечали в июле и августе 2016, 2018 и 2020 гг. При сравнении степени развития фитопланктона значимых отличий между изучаемыми водохранилищами не выявлено.

Ключевые слова: внутренние воды, мониторинг, дистанционное зондирование, фитопланктон, цианобактерии.

Изучение фитопланктона занимает особое место в экологическом мониторинге водоемов. Это связано с тем, что фитопланктон является первым звеном трофической цепи, играет важную роль в процессах самоочищения водных объектов и быстро реагирует на изменение качества воды [1]. Для оценки степени развития фитопланктона в последние годы всё чаще применяются косвенные методы исследования, например, спектрофотометрическое определение пигментов в сестоне [2], расчет различных спектральных индексов по данным космоснимков [3] и другие.

Одним из спектральных индексов, используемых для дистанционного обнаружения скоплений фитопланктона в водоемах, является нормализованный относительный альгоиндекс (NDAI) [4]. Ранее нами было показано, что данный индекс может быть использован для оценки динамики развития фитопланктона в водохранилищах Кировской области [5]. Значения индекса могут быть от -0,5 до 1,5. Чем выше значение NDAI, тем интенсивнее развитие фитопланктона в водоеме.

Цель данной работы – сравнить значения нормализованного относительного альгоиндекса для четырех крупнейших водохранилищ Кировской области за период с 2015 по 2020 гг.

Объекты исследования: Белохолуницкое, Омутнинское, Большое Кирсинское и Чернохолуницкое водохранилища. Это русловые равнинные водохранилища, созданные в период с 1729 по 1810 гг. Площадь зеркала водоемов составляет от 3,0 до 17,4 км², длина – от 4,5 до 11,6 км, ширина – от 0,7 до 3,0 км. Водоохранилища формировались в сходных географических условиях,

длительное время использовались для водоснабжения металлургических предприятий. Все водохранилища относятся к категории водоемов культурно-бытового назначения.

Расчет значений NDAI и построение индексных изображений проводили в программном продукте QGIS версии 3.20. Исходными данными были космические снимки, сделанные со спутника Sentinel 2, размещенные в свободном доступе на ресурсе <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Для работы выбирали малооблачные снимки, сделанные в вегетационный период (с мая по сентябрь) в 2015–2020 гг. Всего было отобрано 26 космоснимков, пригодных для дешифрирования. При этом большая часть акватории Белохолуницкого водохранилища на всех имеющихся снимках, сделанных в июне 2015–2020 гг., была покрыта облаками, в связи с чем расчет NDAI для данного водоема в июне не проводили.

Анализ полученных результатов показал, что значения NDAI на акватории исследуемых водохранилищ находились в пределах от 0,3 до 1,0. На большинстве космоснимков величина альгоиндекса возрастала в направлении от центральных глубоководных участков к прибрежным мелководным участкам водохранилищ, размах значений NDAI центральных и прибрежных участков при этом достигал 0,15–0,20. Более интенсивное развитие фитопланктона на мелководных участках по сравнению с глубоководными типично для большинства русловых равнинных водохранилищ. Согласно литературным данным, благоприятными факторами для развития фитопланктона на прибрежных мелководьях являются повышенное содержание биогенных элементов и более интенсивный прогрев воды по сравнению с центральными участками водоемов [6, 7].

В периоды интенсивного «цветения» водорослей и цианобактерий (ЦБ) высокие значения NDAI (более 0,6) отмечали как на прибрежных, так и на центральных участках водохранилищ. Массовое развитие фитопланктона визуально и на индексных изображениях отмечали во всех водохранилищах, кроме Белохолуницкого – 25.08.2016, в Омутнинском и Большом Кирсинском водохранилищах – 26.07.2018, во всех четырех водоемах – 08.07.2020. В пробах фитопланктона в период интенсивного «цветения» воды преобладали ЦБ *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault. Данный вид ЦБ довольно часто отмечают при «цветении» воды в водоемах Европейской части России [6–9].

При анализе сезонной динамики отмечено, что во всех изучаемых водоемах в течение вегетационного периода значения альгоиндекса возрастали с мая по июль (реже – август), а в сентябре снова снижались (табл.). На более интенсивное развитие фитопланктона в июле, вероятно, благоприятно повлияли температурные условия: среднемесячная температура воздуха в июле достигала 20–22 °С, а в остальные месяцы – 12–17 °С. В таблице для четырех изучаемых водохранилищ представлены диапазоны значений NDAI от минимальных, отмеченных на участках с чистой прозрачной водой, до максимальных, отмеченных на участках с «цветущей» водой.

**Значения NDAI для крупнейших водохранилищ Кировской области
за период 2015–2020 гг.**

Водохранилище	Месяц				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
Белохолуницкое	0,36–0,63	–	0,70–0,80	0,41–1,00	0,40–0,80
Омутнинское	0,36–0,58	0,37–0,55	0,48–0,80	0,41–0,80	0,39–0,60
Большое Кирсинское	0,36–0,49	0,41–0,60	0,40–0,80	0,40–0,73	0,40–1,00
Чернохолуницкое	0,32–0,59	0,38–0,75	0,40–0,84	0,40–0,82	0,39–0,70

Примечание: указаны диапазоны от минимальных до максимальных значений NDAI. Прочерк обозначает отсутствие данных.

На рисунке представлены средние значения альгоиндекса, наиболее характерные для акваторий изучаемых водоемов в мае–сентябре 2015–2020 гг. Согласно полученным результатам (рис.), степень развития фитопланктона, определенная по величине NDAI, в Омутнинском, Большом Кирсинском и Чернохолуницком водохранилищах отличалась незначительно. Провести точную оценку степени развития фитопланктона в Белохолуницком водохранилище не удалось в связи с малым количеством полученных данных.

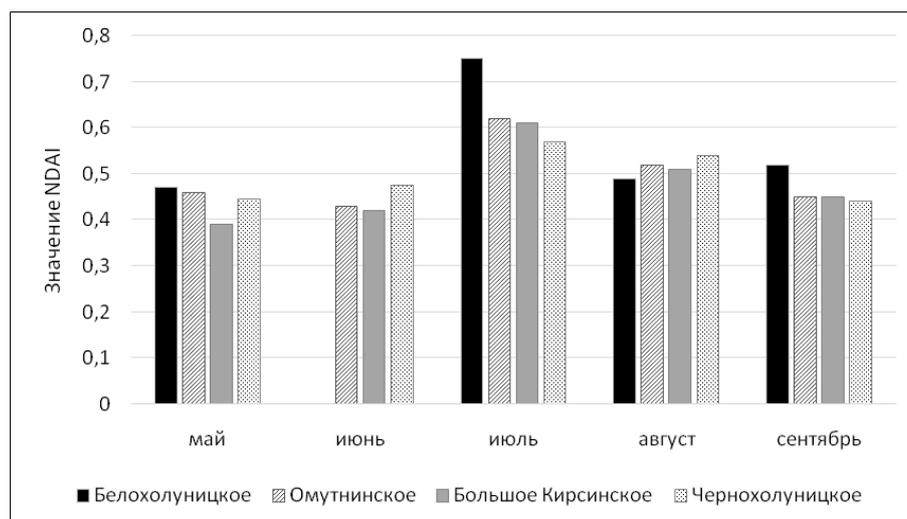


Рис. Средние значения NDAI на акватории крупнейших водохранилищ Кировской области в 2015–2020 гг.

Таким образом, был проведен расчет нормализованного относительного альгоиндекса для четырех крупнейших водохранилищ Кировской области. По результатам этого расчета оценена пространственная и временная динамика развития фитопланктона. Отмечено, что фитопланктон развивался преимущественно на прибрежных мелководных участках водохранилищ. Массовое развитие водорослей и ЦБ чаще всего наблюдали в июле и августе. Интенсивное «цветение» воды было зафиксировано в 2016, 2018 и 2020 гг. При сравнении степени развития фитопланктона значимых отличий между изучаемыми водохранилищами не выявлено.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых – кандидатов наук (МК-5830.2021.1.5).

Библиографический список

1. Шаров А. Н. Оценка качества вод разнотипных холодноводных озер по показателям фитопланктона // Региональная экология. 2017. № 2 (48). С. 40–47.
2. Сиделев С. И., Бабаназарова О. В. Анализ связей пигментных и структурных характеристик фитопланктона высокоэвтрофного озера // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2008. № 2. С. 162–177.
3. Применение методов обработки и анализа космических снимков для изучения эвтрофированных водоёмов (обзор) / Т. И. Кутявина, Г. Я. Кантор, Т. Я. Ашихмина, В. П. Савиных // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 14–25. doi: 10.25750/1995-4301-2020-2-014-025
4. Силкин К. Ю. Методика оценки экологического состояния Воронежского водохранилища по материалам многозонального дистанционного зондирования // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. 2012. № 1. С. 220–223.
5. Кутявина Т. И., Рутман В. В., Ашихмина Т. Я. Использование нормализованного относительного альгоиндекса для оценки «цветения» воды в водохранилищах Вятско-Камского Предуралья // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 60–65. doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-060-065
6. Сахарова Е. Г., Корнева Л. Г. Фитопланктон литорали и пелагиали Рыбинского водохранилища в годы с разными температурным и уровнем режимами // Биология внутренних вод. 2018. № 1. С. 11–18. doi: 10.7868/S0320965218010023
7. Халиуллина Л. Ю., Яковлев В. А. Фитопланктон мелководий в верховьях Куйбышевского водохранилища. Казань : Изд-во Академии наук РТ, 2015. 171 с.
8. Беляков Е. А., Сахарова Е. Г., Соколова А. С. Современное состояние и динамика флоры некоторых малых озер Ярославской области // Трансформация экосистем. 2020. № 4. С. 95–121. doi: 10.23859/estr-200519
9. Иванова Н. А., Шарипова Л. А. Состояние фитопланктона Ижевского пруда в районе водозабора МУП города Ижевска «Ижводоканал» в 2002–2005 годах // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2006. № 1. С. 17–24.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ ПЛОСКОЛИСТНОЙ

И. В. Исаева, В. Н. Макарова

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
velikaya_irisha71@mail.ru*

В статье представлен опыт применения метода флуктуирующей асимметрии листьев березы для оценки состояния воздушной среды на примере Ленинского района г. Владивостока.

Ключевые слова: биоиндикация, асимметрия, флуктуирующая асимметрия, листовые пластинки, береза плосколистная.

Озеленение территорий считается одним из самых эффективных способов снизить влияние городских агломераций на окружающую среду. Помимо того, что деревья обладают транспирирующей способностью, тем самым повышая влажность воздуха, их можно использовать в качестве биоиндикаторов для оценки состояния среды. Изучение последствий антропогенного воздействия на окружающую среду невозможно без применения методов биологической индикации.

Биоиндикация – обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания [1].

Нами рассматривается один из видов биологической индикации. При пассивной биоиндикации у свободноживущих организмов исследуются видимые или заметные изменения, или отклонения от нормы, являющиеся признаками стрессового воздействия. Так как растения способны реагировать на внешние стрессовые воздействия, то необходимо использовать методологию биоиндикационной оценки [2]. При формировании листовой пластины, по мере накопления токсичных веществ, происходит торможение ростовых процессов, и деформация листа. Наиболее доступная и широко применяемая морфогенетическая мера нарушения стабильности развития – флуктуирующая асимметрия. Впервые такая методология была предложена Международным фондом «БИОТЕСТ» и апробирована на территории Калужской области [3].

Флуктуирующая асимметрия – это вид асимметрии, который определяется как незначительные и ненаправленные отклонения морфологических признаков от идеальной симметрии [4].

Целью нашей работы является оценка состояния воздушной среды на примере Ленинского района города Владивосток при помощи метода флуктуирующей асимметрии по листовой пластинке березы.

Задачи: 1) выбрать площадку для проведения натурных исследований; 2) определить вид дерева для индикации; 3) отобрать образцы биологического материала для исследования (листовые пластинки березы плосколистной (*Betula platyphylla*)); 4) рассчитать усредненный показатель и определить по нему качество воздушной среды с помощью балльной системы.

В основу работы положена методология оценки качества среды, разработанная в Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН авторским коллективом ученых под руководством доктора биологических наук, члена-корреспондента РАН В. М. Захарова и рекомендуемая Центром экологической политики России [5].

Предмет исследования: качество воздушной среды Ленинского района г. Владивостока.

Объект исследования: листовая пластинка березы.

При выборе деревьев учитывается: 1) принадлежность деревьев к одному виду берез; 2) листья должны быть собраны с растений, находящихся в сходных экологических условиях; 3) учитывается возраст деревьев, у всех ис-

следуемых деревьев возраст должен быть примерно одинаковым, о чем свидетельствует примерно одинаковые диаметры стволов.

При сборе материала для биоиндикационных исследований учитываются следующие правила:

1) Вид растения. Для проведения исследований необходимо выбирать широко распространенный вид растения.

2) Время сбора. Проводить сбор материала следует после остановки роста листьев конец мая – начало июня и до их опадания осенью.

3) Возраст дерева. Для анализа используют только деревья среднего возраста, избегая молодые экземпляры и старые.

4) Число листьев. Каждая выборка включает в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 деревьев).

Для проведения замеров на собранном материале используются: линейка, транспортир, микрокалькулятор.

Измерения отобранного листа проводят по следующим параметрам:

- 1) ширина половинки листа;
- 2) длина второй от основания листа жилки второго порядка;
- 3) расстояние между основанием 1-й и 2-й жилок второго порядка;
- 4) расстояние между концами 1-й и 2-й жилок второго порядка;
- 5) угол между основной и второй от основания листа жилками второго порядка.

Расчёт интегрального показателя производили по методике В. М. Захарова [5]:

1) Сначала для каждого промеренного листа вычисляют относительные величины асимметрии для каждого признака. Для этого модуль разности между промерами слева L и справа R делят на сумму этих же промеров:

$$y_1 = \frac{x_R - x_L}{x_R + x_L}. \quad (1)$$

2) Вычисляют показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков:

$$z_1 = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5}{5}. \quad (2)$$

3) Определяют среднее относительное отличие на один признак для 10 листьев одного дерева:

$$z_1 = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10}}{10}. \quad (3)$$

Этот показатель характеризует степень асимметрии организма.

При оценке величины асимметрии по нескольким размерным признакам применяется интегральный показатель – среднее относительное различие между сторонами на признак.

Для данного показателя разработана пятибалльная шкала отклонения от нормы, в которой 1 балл – условная норма, а 5 баллов – критическое состояние.

Были собраны образцы биологического материала для исследования на ул. Некрасовской Ленинского района. Учитывалось произрастание деревьев вблизи автомобильных дорог (рис.). Сбор листовых пластинок березы был проведен в сентябре. При сборе и отборе биологического материала учитывались все правила используемой методики.

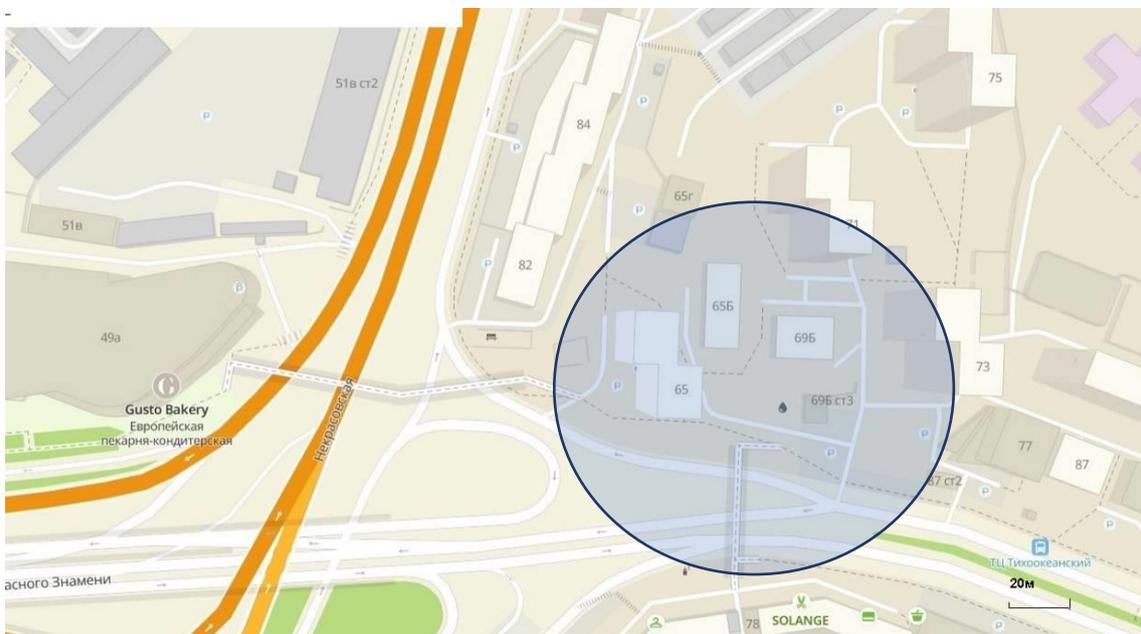


Рис. Место отбора биологических образцов

Далее было необходимо определить вид дерева-индикатора. Для этого мы изучили характеристику предполагаемого вида дерева, использовали образцы листьев и фотографию взятой в качестве индикатора березы и сравнили с другими видами берез, которые произрастают на территории Приморского края. В результате мы определили вид березы. Это береза плосколистная (*Betula platyphylla*).

Далее были проведены измерения по всем указанным параметрам. Затем нами была составлена таблица для результатов измерений всех листьев (табл.).

Таблица

Результаты замеров, мм

Замеры левой стороны листа					
лист	ширина половинок листа	длина второй жилки	расстояние между основанием первой и второй жилки	расстояние между концами первой и второй жилки	угол между центральной и второй жилкой
1	2	3	4	5	6
1	27	43	5	14	51
2	21	42	6	15	50
3	20	41	7	13	49
4	25	44	5	15	43
5	22	41	5	14	45
6	37	56	10	16	42
7	26	48	4	17	39

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
8	29	46	6	15	39
9	21	37	6	14	49
10	24	41	7	17	50

Первым этапом мы для каждого промеренного листа вычислили относительные величины асимметрии для каждого признака. Вторым этапом вычислили показатель асимметрии для каждого листа. Третьим этапом определили среднее относительное отличие на один признак для 10 листьев одного дерева.

Мы получили данные, согласно которым флуктуирующая асимметрия, усредненная по всем образцам деревьев, находится в интервале от 0,052 до 0,086.

Интегральный показатель в результате наших расчетов равен 0,066. Оценка загрязненности воздуха проводится по шкале таблица 2.

Таблица 2

Шкала оценки загрязненности воздуха

№ п/п	Оценочная шкала	Характеристика состояния воздушной среды
1	$< 0,055$	чистый воздух
2	0,055–0,060	относительно чистый воздух
3	0,060–0,065	загрязненный воздух
4	0,065–0,070	сильно загрязненный воздух
5	$> 0,070$	очень сильно загрязненный воздух

В ходе исследования получен результат, который соответствует оценке 4 по пятибалльной шкале – сильно загрязненный воздух.

Выводы

1. Была отобрана площадка в районе произрастания берез по ул. Некрасовской Ленинского района.

2. Определили вид дерева для индикации – береза плосколистная (*Betula platyphylla*).

3. Отобран биологический материал для исследования на выбранной площадке, произведена математическая обработка первичных полученных данных.

4. Флуктуирующая асимметрия, усредненная по всем образцам деревьев, находится в интервале 0,052–0,086, что соответствует 4 баллам по оценочной шкале и характеризует воздух как сильно загрязненный.

Таким образом, с помощью метода флуктуирующей асимметрии проведена оценка состояния воздуха городской среды на примере Ленинского района г. Владивосток.

Библиографический список

1. Ляшенко О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды : учебное пособие. СПб. : СПб ГТУРП, 2012. 67 с.

2. Мелехова О. П., Егорова Е. И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М. : Академия, 2007. 288 с.

3. Стрельцов А. Б. Региональная система биологического мониторинга качества (здоровья) окружающей среды в Калужской области // Проблемы региональной экологии. 2012. № 6. С. 158–162.

4. Баранов С. Г., Зыков И. Е., Федорова Л. В. Изучение внутривидовой изменчивости липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) на основе билатеральной асимметрии листовых пластин // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. № 2 (30). С. 134–145.

5. Здоровье среды: практика оценки / В. М. Захаров, А. Т. Чубинишвили, С. Г. Дмитриев, А. С. Баранов, В. И. Борисов, А. В. Валецкий, В. Ю. Крысанов, Н. Г. Кряжева, А. В. Пронин, Е.К. Чистякова. М. : Центр экологической политики России, 2000. 318 с.

ТОКСИЧНОСТЬ РАЗНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ ДЛЯ ТЕСТ-ОРГАНИЗМОВ РАЗЛИЧНОЙ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Р. А. Ложкина¹, И. И. Томилина¹, А. С. Олькова², Г. М. Чуйко¹

¹ Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,

² Вятский государственный университет,

Lozhkina.roza@yandex.ru

Представлены данные по влиянию разноразмерных частиц диоксида церия в макро-, микро- и наносостоянии на тест-организмы, принадлежащие к различным таксономическим группам. Определена чувствительность исследованных организмов, диапазон эффективных концентраций и наблюдаемые токсические эффекты.

Ключевые слова: диоксид церия, разноразмерные частицы, биотестирование, тест-организмы.

Интенсивное развитие новых технологий на основе использования редкоземельных элементов (РЗЭ) и все более возрастающая потребность в них, привели в последнее время к заметному расширению ассортимента содержащей их продукции, областей ее применения и масштабов производства. Редкоземельные элементы используются в различных отраслях техники: радиоэлектронике, приборостроении, машиностроении, химической промышленности, металлургии, сельском хозяйстве и др. [1]. Имеется широкий ряд работ по влиянию водорастворимых солей церия(III) (нитрат, хлорид, сульфат и ацетат) на гидробионтов, лишайники, растения [2]. Также имеются сведения о некоторых нерастворимых соединениях (стеарат и оксалат церия), в том числе в форме коллоидных растворов на организм человека [3].

Диоксид церия – неорганическое соединение, нерастворимое в воде и биологических жидкостях. В связи с этим до недавнего времени данному веществу практически не уделяли внимания. Широкое применение диоксида

церия в современной промышленности в значительной степени сдерживается отсутствием достоверных, полных, а порой – наличием противоречивых сведений об их воздействии на живые организмы и окружающую среду [4–6]. Известно, что при переходе в нанокристаллическое состояние диоксид церия значительно изменяет свои физико-химические свойства, в частности увеличивается его удельная площадь [7], что, в свою очередь, может приводить к возрастанию токсичности.

Цель работы – оценить токсическое действие разноразмерных частиц диоксида церия на тест-организмы различной систематической принадлежности.

В работе использовали водные суспензии малорастворимого диоксида церия CeO_2 в макро-, микро- и наносостоянии. Исходную насыщенную суспензию (1000 мг/л) готовили методом диспергирования на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-2Т в режиме 0,5 А, 44 кГц непосредственно перед экспериментом. Исследуемые концентрации в диапазоне 0,01–500 мг/л получали путем последовательного разведения исходной суспензии отстоянной водопроводной водой (рН 7,0–7,5, общая жесткость 4,0–4,5 ммоль/л Ca^{2+} и Mg^{2+}).

В работе использовали широко применяемые в практике тест-организмы, имеющие различное систематическое положение: *Escherichia coli* (Migula, 1895) Castellani and Chalmers, 1919; *Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1838; *Chlorella vulgaris* Beijerinck, 1890; *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, 1900; *Daphnia magna* Straus, 1820; *Chironomus riparius* Meigen, 1804; *Danio rerio* Hamilton, 1822.

Все эксперименты проводили в трех повторностях по стандартным методикам [8–14]. Поддерживали оптимальные условия среды: температуру воды – 24 ± 2 °С, растворенный кислород – на уровне насыщения. В качестве контроля использовали отстоянную артезианскую воду.

Для сравнения чувствительности тест-объектов использовали общепринятые в токсикологии величины эффективных ЕС50 и летальных ЛС50 концентраций. Для их расчета использовали гамма-функцию и графический метод пробит анализа соответственно [8, 15, 16].

Наибольшей токсичностью среди разноразмерных частиц диоксида церия обладали наночастицы, для макрочастиц величины ЛС50 были выше 200 мг/л (табл.). Чувствительность тест-организмов к разноразмерным частицам диоксида церия снижалась с увеличением их таксономического статуса. Наиболее чувствительными к воздействию оказались инфузории *P. caudatum*, менее – икра *D. rerio*.

Эффективные и сублетальные концентрации разноразмерных частиц диоксида церия (мг/л)

Тест-организм	Наночастицы	Микрочастицы	Макрочастицы
эффективные концентрации EC50			
тест-система Эколюм	эффект стимуляции		
<i>P. caudatum</i>	18,8	50,6	> 200
сублетальные концентрации LC50			
<i>C. vulgaris</i>	62,5	171,6	260,7
<i>C. affinis</i>	97,1	177,8	269,5
<i>D. magna</i>	107,1	203,2	361,1
<i>C. riparius</i>	177,8	234,2	> 200
<i>D. rerio</i>	> 500	> 500	> 500

Для тест-системы «Эколюм» отмечен стимулирующий эффект свечения препарата на уровне контрольных значений, что свидетельствует о нечувствительности и непригодности данного метода для оценки токсического действия разноразмерных частиц диоксида церия. Частицы диоксида церия, находясь в неустойчивом состоянии, образовывали агрегаты и агломераты, которые активно использовались для строительства трубок домиков личинками *C. riparius*, а также налипали на оболочку икры *D. rerio*.

Биологическое действие наночастиц часто радикально отличается от свойств этого же вещества в форме сплошных фаз или макроскопических дисперсий. Небольшой размер наночастиц позволяет им проходить через биологические мембраны, накапливаться во внутренней среде. Большая удельная поверхность повышает их химический потенциал на межфазных границах и приводит к аномальному увеличению растворимости и реакционной способности.

Таким образом, токсичность диоксида церия неоднозначна, но напрямую связана с его размерами. Наиболее токсичными для исследованных тест-организмов оказались наночастицы CeO₂.

Работа частично выполнена в рамках государственного задания № 121050500046-8.

Библиографический список

1. Баренбойм Г. М., Авандеева О. П., Коркина Д. А. Редкоземельные элементы в водных объектах (экологические аспекты) // Вода: химия и экология. 2014. № 5. С. 42–56.
2. An updated review of toxicity effect of the rare earth elements (REEs) on aquatic organisms / N. Malhotra, H. S. Hsu, S. T. Liang, M. J. M. Roldan, C. D. Hsiao // Animals. 2020. No. 10 (9). P. 1–27. doi: 10.3390/ani10091663
3. Jakupec M. A., Unfried P., Keppler B. K. Pharmacological properties of cerium compounds // Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology. 2005. No. 153. P. 101–111. doi: 10.1007/s10254-004-0024-6
4. Kagan V. E., Bayir H., Shvedova A. A. Nanomedicine and nanotoxicology: two sides of the same coin // Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine. 2005. No. 1. P. 313–316. doi: 10.1016/j.nano.2005.10.003

5. Tsuji J. S., Maynard A. D. Risk assessment of nanoparticles // *Toxicological Sciences*. 2006. No. 89 (1). P. 42–50.
6. Моргалёв Ю. Н. Биотестирование наноматериалов: о возможности транслокации наночастиц в пищевые сети // *Российские нанотехнологии*. 2010. Т. 5, № 11–12. С. 131–135.
7. Иванов В. К., Щербаков А. Б., Усатенко А. В. Структурно-чувствительные свойства и биомедицинские применения нанодисперсного диоксида церия // *Успехи химии*. 2009. № 78 (9). С. 924–941.
8. Методика определения интегральной токсичности поверхностных, в том числе морских, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных экстрактов почв, отходов, осадков сточных вод по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм». ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.8-04. М. : ЗАО «НВО «Иммунотех», 2010. 26 с.
9. Методика определения токсичности проб природных, питьевых, хозяйственно-питьевых, хозяйственно-бытовых сточных, очищенных сточных, сточных, талых, технологических вод экспресс-методом с применением прибора серии «Биотестер». Федеральный реестр (ФР). ФР.1.39.2015.19242. СПб. : ООО Спектр-М, 2015. 21 с.
10. ГОСТ Р 54496-2011 (ИСО 8692:2004). Вода. Определение токсичности с использованием зеленых пресноводных одноклеточных водорослей. М. : Стандартинформ, 2012. 53 с.
11. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. Федеральный реестр (ФР). ФР.1.39.2007.03221. М. : АКВАРОС, 2007. 56 с.
12. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. Федеральный реестр (ФР). ФР.1.39.2007.03222. М. : АКВАРОС, 2007. 41 с.
13. ГОСТ 32541-2013. Методы испытаний химической продукции, представляющих опасность для окружающей среды. Краткосрочное испытание токсичности на эмбрионах и предличинках рыб. М. : Стандартинформ, 2014. 14 с.
14. Ingersoll C. G., Nelson M. K. Testing sediment toxicity with *Hyalella azteca* (Amphipoda) and *Chironomus riparius* (Diptera) // *Aquatic Toxicology and Risk Assessment*. Philadelphia: Amer. Soc. Test. and Mater. 1990. No. 13. P. 93–109. doi: 10.1520/STP20101S
15. Finney D. J., Probit Analysis. Cambridge.: Cambridge University Press, 1971. 333 p. doi: 10.1017/S0020268100052938.
16. Bliss C. I. The method of probits // *Science*. 1934. Bliss C. I. The method of probits // *Science*. 1934. Vol. 79 (2037). P. 38–39. doi: 10.1126/science.79.2037.38

РТУТЬ В МЫШЦАХ ЛЕЩА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА

***Р. А. Ложкина*¹, *В. А. Гремячих*¹, *И. А. Антипов*², *В. Т. Комов*^{1,3}**

¹ *Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,*

² *Ярославская государственная сельскохозяйственная академия,*

³ *Череповецкий государственный университет,*

Lozhkina.roza@yandex.ru

Исследовано содержание ртути в мышцах леща *Abramis brama* L., 1758 водохранилищ Волжского каскада. Максимальные концентрации ртути в мышцах леща зарегистрированы для Угличского и Куйбышевского водохранилищ, минимальные – для Горьковского водохранилища.

Ключевые слова: ртуть, *Abramis brama*, водохранилища, река Волга.

Ртуть и ее соединения обладают высокой токсичностью для всех живых организмов [1]. В окружающую среду ртуть поступает из естественных (извержение вулканов, испарение с поверхности мирового океана) и антропогенных источников (сжигание ископаемого топлива, изготовление цемента, очищение нефти, золотодобыча) [2]. Разнообразие источников позволяет говорить о глобальном и локальном круговороте ртути, которые определяют интенсивность поступления элемента в наземные и водные экосистемы [3]. В результате атмосферного переноса ртуть попадает даже в удаленные от промышленных источников в водоемы, накапливаясь в донных отложениях и в тканях гидробионтов [4], однако ее содержание в природных водах невелико, порядка 5–15 нг/л [5]. Содержание ртути в живых организмах возрастает при переходе по трофической цепи и достигает максимальных значений у представителей высших трофических уровней – хищных рыб, рыбоядных птиц и млекопитающих [6].

Лещ *Abramis brama* L., 1758 широко распространен по всему бассейну Волги, является одним из многочисленных видов и составляет основу промысла [7]. Большинство публикаций посвящено накоплению ртути хищными рыбами (окунь, судак, щука), в то время как для остальных рыб данные фрагментарны.

Цель работы – сравнить содержание ртути в мышцах леща Волжских водохранилищ.

Леща *Abramis brama* отлавливали в летний период 2016 г. из 8 водохранилищ Волжского каскада: Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Горьковское, Чебоксарское, Куйбышевское, Саратовское и Волгоградское.

Концентрации ртути в мышцах (мкг/г сухой массы) определяли с использованием ртутного анализатора РА-915+ с приставкой ПИРО (Люмэкс, Россия) атомно-абсорбционным методом посредством пиролиза. Точность аналитических методов измерения контролировали с использованием сертифицированного биологического материала DORM-2 и DOLM-2 (Институт химии окружающей среды, Оттава, Канада).

Результаты обрабатывали статистически, данные представляли в виде средних значений и их ошибок ($\bar{x} \pm SE$). Достоверность различий содержания ртути в мышцах оценивали с помощью критерия Краскела Уоллиса ($Z, p < 0,05$).

Средняя длина тела выловленных особей леща (170 экз.) варьировала в пределах 273–434 мм, масса тела 303–1432 г. Возраст особей находился в интервале 5–13 лет, средний возраст составил 8 лет.

Анализ содержания ртути в мышцах леща Волжских водохранилищ показал значимые различия между выборками. Максимальные концентрации ртути отмечены в мышцах леща Угличского и Куйбышевского водохранилищ ($0,59 \pm 0,05$ и $0,64 \pm 0,04$ мкг/г), минимальные – Горьковского ($0,23 \pm 0,02$ мкг/г) (рис.).

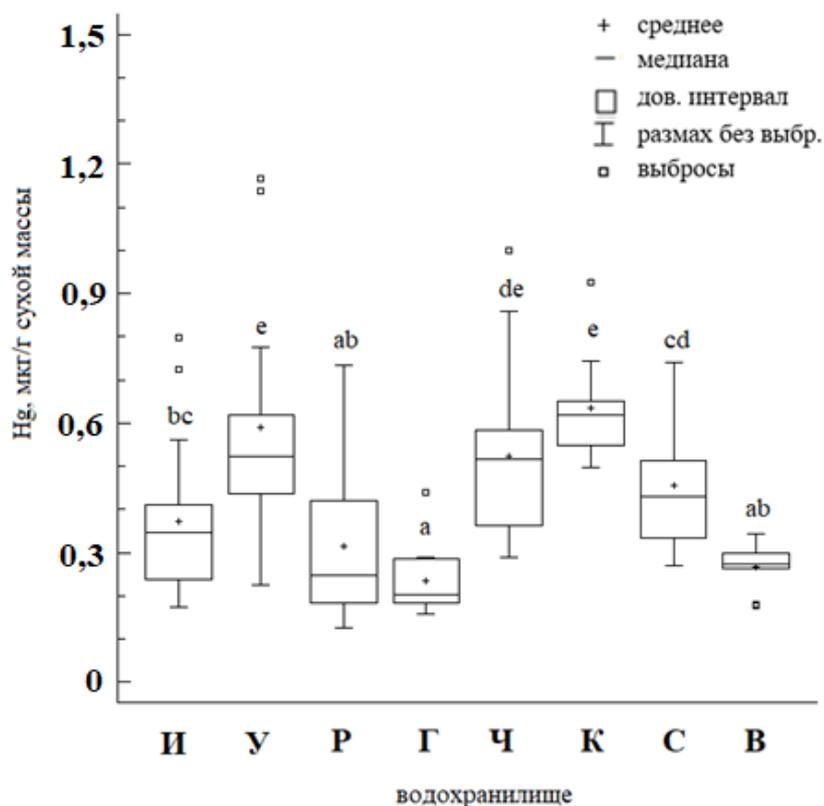


Рис. Содержание ртути в мышцах леща Волжских водохранилищ
a, b, c – буквенные индексы статистически значимых различий

Длина и масса выловленных особей леща из Ивановского и Угличского водохранилищ была значимо ниже особей, выловленных из остальных водохранилищ. Существенных различий содержания ртути в мышцах леща по полу не зафиксировано. Исключение составило Угличское водохранилище, в котором самцы статистически значимо накапливали ртути больше по сравнению с самками.

По данным А. В. Горбунова [8] содержание ртути в мышцах леща бассейна Волги находилось в интервале 0,15–0,47 мкг/г в пересчете на сухую массу. В Рыбинском водохранилище концентрации ртути находились в промежутке от 0,20 до 0,47 мкг/г в пересчете на сухую массу [9, 10]. По данным Т. И. Моисеенко [11] в мышцах леща отмечены следующие концентрации ртути: Верхняя Волга (Иваньковское, Горьковское водохранилища) – 0,00–0,04 мкг/г; Средняя Волга (Куйбышевское водохранилище) – 0,02–0,09 мкг/г и Нижняя Волга (Волгоградское водохранилище, незарегулированный участок, дельта Волги) – 0,01–0,07 мкг/г сухой массы.

Таким образом, содержание ртути в мышцах леща Волжских водохранилищ находилось в промежутке от 0,13 до 1,36 мкг/г, составляя в среднем $0,43 \pm 0,02$ мкг/г, что в целом сопоставимо с результатами других исследователей.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 121050500046-8.

Библиографический список

1. Mason R. P., Benoit J. M. Organomercury compounds in the environment // *Organometallic Compounds in the Environment* / Eds. P. Craig. John Wiley and Sons Ltd., 2003. P. 57–99.
2. UNEP. Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. 2013. 44 p.
3. Modeling the atmospheric transport and deposition of mercury to the Great Lakes / C. Cohen, R. Artz, R. Draxler, P. Miller, L. Poissant, D. Niemi, D. Ratte, M. Deslauriers, R. Duval, R. Laurin, J. Slotnick, T. Nettesheim, J. MacDonald // *Environmental Research*. 2004. Vol. 95. No. 3. P. 247–265. doi: 10.1016/j.envres.2003.11.007
4. Geochemistry of mercury in the environment, treatise on geochemistry / W. F. Fitzgerald, C. H. Lamborg, D. H. Heinrich, K. T. Karl. Oxford: Pergamon, 2007. 47 p.
5. Horvat M. Mercury analysis and speciation in environmental samples // *Global and Regional Mercury Cycles*. Dordrecht : Acad. Publ. 1996. 257 p.
6. Scheuhammer A. Effect of Environmental Methylmercury on the Health of Wild Birds, Mammals and Fish // *AMBIO*. 2007. Vol. 36. P. 12–18. doi: 10.1579/0044-7447(2007)36[12:ЕОЕМОТ]2.0.CO;2
7. Рыбы Рыбинского водохранилища: популяционная динамика и экология / под ред. Ю. В. Герасимова. Ярославль : Филигрань, 2015. 418 с.
8. Биоаккумуляция ртути в тканях пресноводных рыб / А. В. Горбунов, С. М. Ляпунов, О. И. Окина, В. С. Шешуков // *Экология человека*. 2018. № 11. С. 26–31. doi: 10.33396/1728-0869-2018-11-26-31
9. Степанова И. К., Комов В. Т. Накопление ртути в рыбе из водоемов Вологодской области // *Экология*. 1997. № 4. С. 196–202.
10. Паразито-хозяйственные отношения в системе плероцекоиды *Lugula intestinalis* (L.) (Cestoda; Pseudopyllidea) – карповые рыбы и особенности аккумуляции ртути в мускулатуре зараженных хозяев / А. В. Тютин, Е. Н. Медянцева, В. А. Гремячих, В. Т. Комов // *Паразитология*. 2019. Т. 53, № 3. С. 241–250. doi: 10.1134/S0031184719030062
11. Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л. П., Гашкина Н. А. Оценка геохимического фона и антропогенной нагрузки по биоаккумуляции микроэлементов в организме рыб // *Водные ресурсы*. 2005. Т. 32, № 6. С. 700–711.

К ПЕРСПЕКТИВАМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЙ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЕМЯН В БИОМОНИТОРИНГЕ И СОХРАНЕНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

*В. Е. Землянова, Л. М. Кавеленова, Д. Д. Накрайникова,
Е. А. Павлова, А. В. Помогайбин, Н. О. Розулева,
П. В. Родионова, С. А. Розно, И. В. Рузаева, Н. В. Янков*
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, *lkavelenova@mail.ru*

Представлены первичные результаты экспресс-оценки качества семян различных растений с использованием метода рентгенографии. Метод открывает широкие перспективы для оценки качества семян, предназначенных для посева, сохранения в генбанках, а также для оценки условий окружающей среды по качеству семян регионально верифицированных видов-индикаторов.

Ключевые слова: качество семян, экспресс-оценка, рентгенографический скрининг, биоиндикация.

Качество семян растений, формируемых в природных экосистемах, лесокультурах, агроценозах, урбосреде, представляет собой решающий фактор, определяющий успешное появление новых особей и наличие эффективного «резерва» в форме банков семян в почве [1]. С другой стороны, качество семян может рассматриваться в качестве информативного биоиндикационного показателя, характеризующего уровень негативного воздействия абиотических и биотических факторов в период формирования семян. Выбор видов-индикаторов, как следует ожидать, в конкретных природно-климатических условиях будет представлять собой отдельную задачу, решение которой расширит перечень регионально верифицированных объектов-биоиндикаторов.

Для оценки качества семян могут применяться различные способы, как правило, требующие временных затрат, иногда достаточно значительных (проращивание), приводящих к необратимой потере семян как «расходного материала» (обработка красителями, разрезание). Экспресс-визуализация качества семян, не оказывающая на них какого-либо негативного воздействия, возможна при применении современных рентгеноскопических аппаратов, отечественная линейка которых разработана и успешно внедряется специалистами Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» [2, 3].

В 2020 г. в рамках федерального проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации» национального проекта «Наука в конце 2020 г.» для объединенной лаборатории Ботанического сада и биологического факультета Самарского университета был приобретен комплекс специализированного лабораторного оборудования, самым важным звеном которого является уникальная рентгенодиагностическая установка ПРДУ. Данная установка и предшествовавшие ей модели успешно используются не только для оценки качества семян пищевых культур, но и для изучения семян различных растений специалистами ботанических садов [4]. В данном сообщении мы кратко опишем первоначальные результаты, полученные при оценке качества семян различных объектов – травянистых и древесных видов из природных биотопов Самарской области и коллекционных фондов Ботанического сада Самарского университета.

Исследование внутренней структуры семян выполнялось методом цифровой микрофокусной рентгенографии, включенным в международные стандарты для оценки заражения и повреждения зерна. Установка ПРДУ включает защитную камеру для проведения рентгенографии, моноблочный источник рентгеновского излучения РАП70М-0,1Н-1, приемник рентгеновского изображения на основе многофункционального портативного плоскопанельного детектора рентгеновского излучения ViVIX-S для цифровой рентгенографии. Управление установкой осуществлялось с компьютеризированного пульта с авторским программным обеспечением для анализа цифровых рентгеновских

изображений семян. Образцы семян помещали в камеру прибора на пластиковых планшетах при разном удалении от рентгеновской трубки в области чувствительности детектора. В течение 10 с изображение выводилось на экран монитора для корректировки и последующего анализа. На полученных цифровых фото визуально выявлялись семена, имеющие следующие признаки дефектности: недоразвитие семени (наличие полости между семенем и оболочкой), отсутствие развитого семени внутри покровов, дефекты зародышей, механические повреждения (трещины).

На рисунках 1 и 2 в качестве примера представлены цифровые фото проб семян двух видов древесных интродуцентов – ореха грецкого *Juglans regia* L., коллекция экземпляров которого в Ботаническом саду Самарского университета насчитывает более 800 экземпляров, и липы крупнолистной *Tilia platyphyllos* Scop. Заметим, что изображения могут быть получены в виде позитива или негатива. На негативном изображении плодов ореха, имеющих плотные оболочки (скорлупу), хорошо заметны выполненность ядра (заполнение оболочки светлым содержимым) у качественных плодов, недоразвитие, либо отсутствие содержимого внутри скорлупы (рис. 1). Для плодиков липы крупнолистной, помимо описанных выше отклонений, обнаружился также дефект в виде формирования двух, вместо одного, семян в одной оболочке (рис. 2). Проводя подсчет доли дефектных плодов от общего количества диаспор на снимке, достаточно несложно получить сведения о качестве пробы семян, обработав необходимое число образцов. Технические быстрота и легкость проведения скрининга, как нам думается, открывают широкие возможности в оценке качества семян различных растений, исключение могут составить лишь виды с наиболее мелкими диаспорами. Оценка качества семян различных видов, собранных в специально выбранных точках в городских насаждениях, лесокультурах, природных экосистемах открывает перспективы выявления видов-биоиндикаторов, для которых будет установлена достоверная зависимость качества формирующихся диаспор от уровня воздействия определенного фактора.

Нами было в тестовом режиме оценено качество семян для ряда модельных видов редких травянистых растений (ирисы: безлистный *Iris aphylla* L., солелюбивый *I. halophila* Pall., низкий *I. pumila* L., сибирский *I. sibirica* L., пион тонколистый *Paeonia tenuifolia* L.) из природных местообитаний, Ботанического сада и пунктов реинтродукции, сформированные в различные годы (в том числе, хранившиеся в семенной лаборатории Ботанического сада). Среди первых изучавшихся объектов тестировались также семена видов рода Каталпа (*Catalpa*), Сосна (*Pinus*) из дендрария и Пассифлора (*Passiflora*) из оранжереи Ботанического сада и др., а также семена дуба черешчатого урожая 2021 г. из природных биотопов Самарской области.

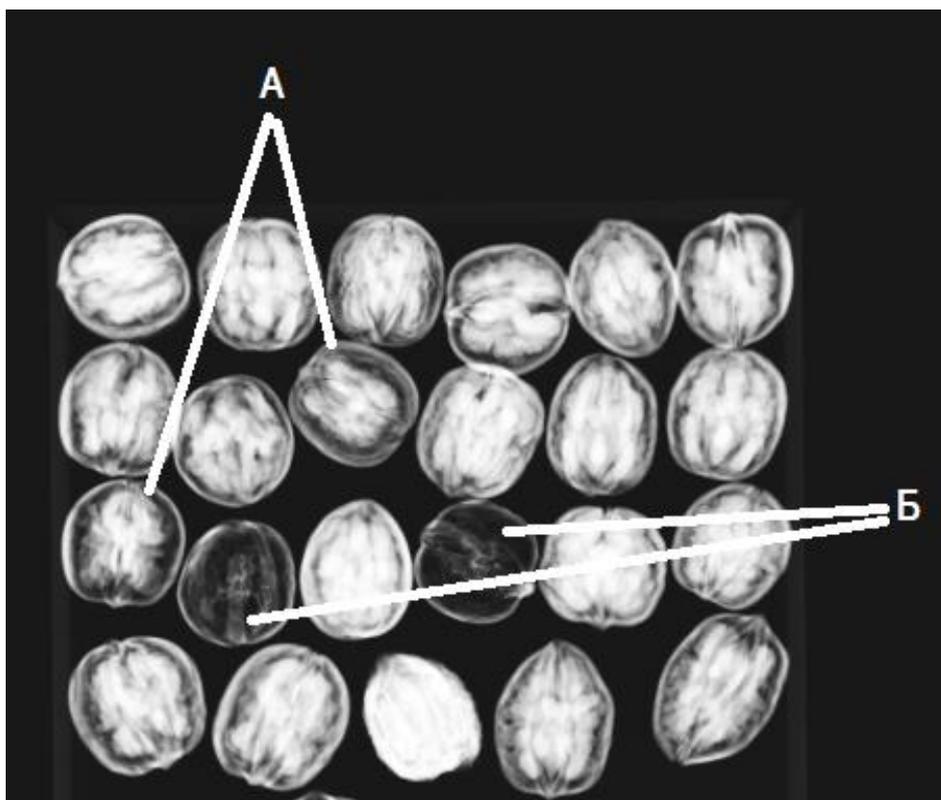


Рис. 1. Цифровые фото плодов ореха грецкого (негативное изображение): А – плоды с недоразвитием ядра, Б – плоды с отсутствием развитого ядра

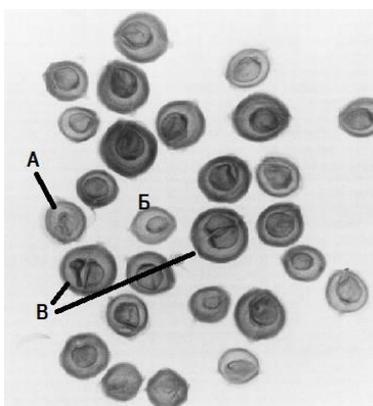


Рис. 2. Цифровые фото плодиков липы крупнолистной (позитивное изображение): А – пример плодика с отсутствием развитого ядра, Б – плоды с двумя ядрами, В – пример плодика с недоразвитием ядра

Для удобства обработки проб семян была разработана серия специальных планшетов с ячейками разного размера, размеченных буквами и цифрами (по строкам и столбцам), которые были напечатаны на 3D-принтере. Экспонирование семян на таких планшетах облегчает процедуру подсчета результатов и позволяет безошибочно выбраковывать из выборки дефектные семена, выявленные при рентгенографическом сканировании. Данный прием является обязательным для различных направлений последующего использования семян, связанного с практикой работы ботанического сада – использова-

нием для посева и получения новых экземпляров, передачи коллегам в рамках обмена семенами, а также закладки на сохранение в генетический банк [5] семян, не испытывавших никакого негативного воздействия в ходе скрининга качества. Перечисленные действия представляют собой различные аспекты сохранения биологического разнообразия растений – сохранение в культуре (*ex situ*) в форме резервных популяций, получения материала для реинтродукции, формирования генетических банков глобального, национального и регионального масштабов.

Работа по формированию регионального банка семян редких растений начата нами и будет осуществляться с использованием приобретенного лабораторного комплекса, включающего общелабораторное и специализированное оборудование, основным и наиболее дорогостоящим компонентом которого является установка ПРДУ. Мы будем рады предложить нашим коллегам проведение совместных исследований с использованием этого уникального прибора, пока не получившего должного распространения в арсенале отечественных лабораторий.

Библиографический список

1. Seeds. Physiology of Development, Germination and Dormancy / J. D. Bewley, K. J. Bradford, H. W. M. Hilhorst, H. Nonogaki. 3rd Edition Springer Science+Business Media, LLC, 2013. 399 p.
2. Архипов М. В., Гусакова Л. П., Алферова Д. В. Рентгенография растений при решении задач семеноведения и семеноводства // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2011. № 22. С. 336–341.
3. Методические рекомендации по рентгенографическому анализу качества семян овощных культур / Ф. Б. Мусаев, М. С. Антошкина, М. В. Архипов, Л. П. Великанов, Л. П. Гусакова, В. Б. Бессонов, А. Ю. Грязнов, К. К. Жамова, В. О. Косов, Е. Н. Потрахов, Н. Н. Потрахов. СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 39 с.
4. Ткаченко К. Г., Староверов Н. Е., Грязнов А. Ю. Рентгеноскопическое изучение качества плодов и семян // Hortus Botanicus. 2018. Vol. 13. С. 52–66.
5. Karunakaran C., Jayas D. S. X-ray Imaging // Imaging with Electromagnetic Spectrum. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. P. 33–55.

ВЛИЯНИЕ БЕНЗ[А]ПИРЕНА НА РАЗВИТИЕ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ И РОСТ ПРОРОСТКОВ ПЕЛЮШКИ

С. Г. Скугорева¹, Л. И. Домрачева^{1,2}, О. М. Абдухаллилов³

¹ *Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, skugoreva@mail.ru*

² *Вятский государственный агротехнологический университет, dli-alga@mail.ru*

³ *Вятский государственный университет, alimbay.1998@mail.ru*

Внесение в почву бенз[а]пирена (БП) в дозах 20 и 40 нг/г приводило к снижению численности аммонификаторов и микромицетов до 2,5 раза, обилия азотобактера – до 3,6 раза. В присутствии БП в почве не отмечали нега-

тивного влияния на рост проростков пелюшки. В дозе 40 нг/г наблюдали ростостимулирующий эффект БП: усиление накопления биомассы проростками, увеличение длины корня, снижение интенсивности перекисного окисления липидов в побегах проростков.

Ключевые слова: бенз[а]пирен, микроорганизмы, численность, растения, горох полевой, рост, всхожесть, биомасса, перекисное окисление липидов.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) относятся к высоко опасным для биоты поллютантам. Они образуются при сжигании и переработке нефтепродуктов, угля, древесины, мусора и др. Чаще всего показателем присутствия ПАУ в окружающей среде служит бенз[а]пирен (БП). Он является канцерогеном, мутагеном, токсикантом 1 класса опасности. Согласно нормативам Российской Федерации, предельно допустимая концентрация (ПДК) БП для почвы – 20 нг/г (СанПин 1.2.3685-21), для растений ПДК БП и других ПАУ не установлены.

Растения способны поглощать, аккумулировать, синтезировать и расщеплять ПАУ. При действии поллютантов у растений возникает неспецифическая ответная реакция – окислительный стресс. Ранее [1] нами было показано, что БП в дозе равной 10 ПДК приводит к усилению процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и снижению накопления фотосинтетических пигментов 15-суточными растениями ячменя при выращивании на гидропонике. В работе [2] выявлено, что загрязнение песчаного субстрата БП (0,5–2 ПДК) приводило к уменьшению всхожести семян до 80%, снижению высоты и биомассы 30-суточных растений ячменя до 3,6 раза.

В качестве индикаторных организмов на загрязнение почвы БП можно использовать три физиологические группы микроорганизмов (МО), обеспечивающие интенсивность процессов минерализации азотсодержащих органических веществ (аммонификаторы), безазотистых – полисахаридов (микромикцеты), интенсивность первичного накопления азота (азотобактер).

Целью работы было оценить влияние бенз[а]пирена на развитие почвенных микроорганизмов и рост проростков пелюшки.

Модельный эксперимент проводили с использованием почвы, отобранной в парке им. С.М. Кирова вблизи верхнего пруда. Содержание большинства ПАУ в почве было меньше нижней границы определяемого содержания, за исключением БП, содержание которого составило $1,7 \pm 0,5$ нг/г почвы [3], что не превышало ПДК.

Навески почвы массой 40 г насыпали в чашки Петри. Бенз[а]пирен вносили в дозах 20 и 40 нг/г почвы, что соответствует 1 и 2 ПДК БП, в виде водного раствора, приготовленного из ГСО БП в ацетонитриле (7515-98 МСО 0184:2000). Контрольный вариант – без внесения БП (ацетонитрил в количестве, равном в вариантах с БП). Повторность в опыте трехкратная.

В течение 7 суток инкубировали почву с внесенным БП при температуре 20 °С в воздушном термостате АТ1 в темноте. Далее проводили микробиологический анализ почвы и фитотестирование с использованием гороха полевого (пелюшка) (*Pisum sativum* subsp. *arvense*) сорта Рябчик.

Количественный учет МО в почве проводили методом предельных разведений с последующим посевом на селективные питательные среды ГРМ-агар (гидролизат рыбной муки) (аммонификаторы) и на сусло-агар (микробицеты) в трехкратной повторности. Обнаружение бактерий р. *Azotobacter* проводили методом обрастания почвенных комочков, помещенных на агаризованную среду Эшби в чашки Петри [4].

В инкубированную с БП почву высаживали по 15 семян пелюшки на чашку Петри, которые помещали в климатическую камеру, где осуществляли контроль за температурой и фотопериодом: день (16 ч, $t = 20 \pm 1$ °С)/ночь (8 ч, $t = 13 \pm 1$ °С). Полив проводили регулярно дистиллированной водой из расчета 60% от полной влагоемкости почвы. Эксперимент проводили в течение 8 суток.

На 4-е и 8-е сутки от момента посадки определяли энергию прорастания и всхожесть семян (ГОСТ 12038-84). После окончания опыта растения извлекали из субстрата и измеряли высоту побега и длину корня, а также их сырую биомассу. Содержание малонового диальдегида (МДА), конечного продукта ПОЛ, определяли в побегах и корнях 3–6 проростков, повторность определения четырехкратная. Накопление МДА определяли спектрофотометрическим методом ($\lambda = 532$ нм) по окраске вытяжки из свежих растительных тканей после 30 мин кипячения на водяной бане с 0,5% раствором тиобарбитуровой кислоты в 20% трихлоруксусной кислоте [5].

В таблицах приведены средние арифметические значения и ошибки средних. Достоверность расхождений средних арифметических значений с контролем проводили при помощи *t*-критерия Стьюдента.

В ходе микробиологического анализа установлено, что в контрольном варианте численность аммонификаторов составила 12127 тыс.; микромицетов – 341 тыс. КОЕ/г сухой почвы (табл. 1). В присутствии БП в почве происходило существенное снижение количества МО до 2,5 раз. Между содержанием БП в почве и численностью МО выявлена обратная корреляционная взаимосвязь, особенно сильная для микромицетов ($r = -0,99$).

Таблица 1

**Влияние БП на численность аммонификаторов и микромицетов
($\cdot 10^3$ КОЕ/г сухой почвы)**

Вариант	Аммонификаторы	Микромицеты	Всего
Контроль	12127±840	341±41	12468±881
БП 20 нг/г	5122±513**	268±33	5390±546**
БП 40 нг/г	4805±257**	151±5*	4956±262**
<i>r</i>	-0,88	-0,99	-0,89

Примечание: *r* – корреляционная связь между численностью МО и дозой внесения БП; различия с контролем значимы при * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,001$.

Изучение структуры микробных популяций почв показало, что в контрольном варианте абсолютное доминирование принадлежит бактериям-аммонификаторам (табл. 2). Внесение БП не влияло на структуру микробных комплексов.

Таблица 2

Влияние БП на структуру бактериально-грибных комплексов (%)

Вариант	Бактерии	Грибы
Контроль	97,27	2,73
БП 20 нг/г	95,03	4,97
БП 40 нг/г	97,00	3,00

В соответствии с применяемой методикой, обилие азотобактера в почве и, следовательно, степень ее плодородия определяют по проценту обрастания комочков почвы колониями азотобактера. Процент обрастания комочков почвы азотобактером в контрольном варианте составил 91,1% (табл. 3), что характеризует почву как плодородную. Внесение БП в почву в дозах 20 и 40 нг/г вызывало снижение обилия азотобактера в 2,2 и 3,6 раза соответственно. При этом с увеличением дозы внесения БП уменьшался процент обрастания комочков почвы азотобактером ($r = -0,96$).

Таблица 3

Влияние БП на степень обрастания комочков почвы азотобактером (%)

Вариант	Процент обрастания
Контроль	91,0±4,2
БП 20 нг/г	42,0±2,8**
БП 40 нг/г	25,0±5,8**

Примечание: ** – различия с контролем значимы при $p < 0,001$.

Внесение БП в почву не оказывало влияния на энергию прорастания семян пелюшки (табл. 4). Всхожесть семян в присутствии поллютанта снижалась на 11%, но различия с контролем были не значимы.

Таблица 4

Влияние БП на энергию прорастания и всхожесть семян пелюшки

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Контроль	42,2±5,9	68,9±5,9
БП 20 нг/г	42,2±2,2	57,8±2,2
БП 40 нг/г	42,2±5,9	57,8±8,0

В присутствии в почве 20 нг БП/г почвы высота побега, длина корня и их сырые биомассы не отличались от контроля (табл. 5). Внесение БП в почву в дозе 40 нг/г приводило к усилению накопления биомассы побегами в 1,2 раза и корнями – в 1,3 раза. В данном варианте отмечали достоверное увеличение длины корня проростков в 1,4 раза по сравнению с контролем.

Таблица 5

Влияние БП на ростовые параметры и биомассу проростков пелюшки

Вариант	Побег		Корень	
	высота, см	биомасса, г	длина, см	биомасса, г
Контроль	3,15±0,35	0,139±0,019	2,97±0,24	0,071±0,009
БП 20 нг/г	2,47±0,21	0,104±0,011	2,85±0,27	0,070±0,007
БП 40 нг/г	2,82±0,29	0,166±0,035	4,08±0,38*	0,089±0,009

Примечание: * – различия с контролем значимы при $p < 0,05$.

В ходе исследования получены данные по накоплению МДА в растительных тканях (табл. 6). Внесение БП в почву не влияло на накопление МДА корнями пелюшки. В побегах проростков содержание МДА в контроле и в варианте 20 нг/г было практически одинаковым: 4,41 и 4,16 мкмоль/г сырой массы соответственно. В присутствии БП в дозе 40 нг/г отмечали достоверное снижение накопления МДА побегами в 1,4 раза по сравнению с контролем, что свидетельствует о снижении интенсивности процессов ПОЛ.

Вероятно, что доза БП 40 нг/г почвы является относительно низкой для растений пелюшки на начальной стадии онтогенеза. Известно, что БП обладает способностью усиливать рост и размножение ряда растений [6]. Впервые это было показано для водоросли *Obelia geniculata* [7]. С тех пор многочисленными исследованиями подтверждено, что в малых концентрациях БП обладает ростостимулирующим действием.

Таблица 6

Влияние БП на накопление МДА проростками пелюшки, мкмоль/г сырой массы

Вариант	Корень	Побег
Контроль	6,68±0,27	4,41±0,27
БП 20 нг/г	6,94±0,46	4,16±0,07
БП 40 нг/г	6,30±0,31	3,24±0,13*

Примечание: * – различия с контролем значимы при $p < 0,05$.

Таким образом, в ходе исследования установлено, что внесение в почву БП в дозах 20 и 40 нг/г приводит к снижению численности аммонификаторов и микромицетов до 2,5 раза, обилия азотобактера – до 3,6 раза. Между дозой внесения БП в почву и численностью МО выявлена обратная корреляционная взаимосвязь.

Внесение в почву БП не оказало негативного влияния на рост проростков пелюшки. Напротив, в дозе 40 нг/г отмечали ростстимулирующий эффект БП: усиление накопления биомассы, достоверное увеличение длины корня и снижение интенсивности процессов перекисного окисления липидов в побегах проростков. Вероятно, что на данной стадии развития растения гороха полевого не чувствительны к действию БП при внесении его в почву в относительно низких дозах (20 и 40 нг/г).

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздей-

ствия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.

Библиографический список

1. 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.
2. Яковлева Е. В., Габов Д. Н., Безносиков В. А. Влияние бенз[а]пиренового загрязнения на ростовые процессы и состав полиаренов растений // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 4. С. 45–51. doi: 10.25750/1995-4301-2015-4-045-051
3. Особенности микробиологического и химического состава урбаноземов парков г. Кирова / С. Г. Скугорева, Л. И. Домрачева, О. М. Абдухалилов, Ю. С. Забубенина, А. И. Фокина, В. Н. Кулаков // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. с междунар. участием конф. Киров : ВятГУ, 2021. Книга 1. С. 277–282.
4. Практикум по биологии почв / Г. М. Зенова, А. Л. Степанов, А. А. Лихачева, Н. А. Манучарова. М. : Изд-во МГУ, 2002. 120 с.
5. Лукаткин А. С., Голованова В. С. Интенсивность перекисного окисления липидов в охлажденных листьях теплолюбивых растений // Физиология растений. 1988. Т. 35. Вып. 4. С. 773–780.
6. Бигалиев А. Б., Синтюрина А. В., Бияшева З. М. К вопросу о патогенном действии бензапирена, как загрязнителя окружающей среды (обзор) // Вестник КазНУ. 2009 [Электронный ресурс]. – URL: <https://articlekz.com/article/7146> (дата обращения : 28.10.2021).
7. Шабад Л. М. О циркуляции канцерогенов в окружающей среде. М. : Медицина, 1973. 367 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В БИОИНДИКАЦИОННОЙ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Л. Н. Шакирова, А. Р. Ильясова
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
sunshine35789@mail.ru, lie4ka_101@mail.ru

В статье представлены результаты оценки качества воздушной среды г. Кукмор (Республика Татарстан) с использованием биоиндикационных свойств сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Рассмотрена возможность применения метода биоиндикации в научно-исследовательских работах школьников.

Ключевые слова: биоиндикация, качество воздушной среды, антропогенная нагрузка, антропогенное воздействие, загрязняющие вещества.

Экологическая исследовательская деятельность учащихся имеет значительное разнообразие направлений с использованием широкого арсенала научных методик. Для определения состояния экосистем города используется мониторинг зеленых насаждений, которые находятся под влиянием различных стрессовых факторов, в том числе загрязнения окружающей среды. Широко используются методы, которые основываются на получении объективных данных о комплексном воздействии факторов на основе использования биоиндикаторных свойств хвойных деревьев [1]. Хвойные растения удобны тем, что могут служить биоиндикаторами круглогодично, при этом их использование на малых территориях также весьма информативно [2].

Для оценки состояния окружающей среды применяют биоиндикационный подход, основанный на оценке морфометрических параметров. Данный метод исследований основан на зависимости степени повреждения хвои сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. от уровня загрязнения атмосферного воздуха. Практическая значимость данного исследования состоит в том, что показано преимущество биоиндикационного метода, а также возможность его применения на урбанизированных территориях, на которых ранее такие исследования не проводились.

Цель исследования – оценить качество воздушной среды г. Кукмор, используя биоиндикационные свойства сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Исследования проводились на территории г. Кукмор, расположенном в северо-восточной части Республики Татарстан, на правом берегу р. Вятка. Основу экономической базы города составляет промышленность. В районе расположены крупные предприятия: ОАО «Кукморский валяльно-войлочный комбинат», ПК меховая фабрика «Мелита-Кукмор», ОАО «Кукморский завод металлопосуды», ОАО «Кукморнефтепродукт». Нагрузка на компоненты окружающей среды обусловлена в наибольшей степени воздействием автотранспорта. Ежегодно количество автотранспортных средств в г. Кукморе увеличивается в среднем на 500–1500 единиц, вместе с тем выбросы также возрастают от 3,24 до 3,93 тыс. т. Суммарный выброс загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу составил 4,57 тыс. т.

В районах исследования были определены 6 участков с различным уровнем антропогенной нагрузки (АН), отличающиеся удалением от автодорог, интенсивностью движения автотранспорта и наличием предприятий. Контрольным участком был участок № 6 («Камышловский лес»), расположенный в 6 км от центра города.

В качестве объекта исследования была выбрана сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Для определения состояния хвои был использован комплекс методик, включающих в себя сбор и камеральную обработку материала [3]. Проанализировано по 100 пар разновозрастной хвои сосны с 10–15 деревьев с каждого пробного участка. Всего было собрано 1800 пар хвоинок. Было определено состояние хвои по степени выраженности хлорозов и некрозов. При определении состояния хвои сосны обыкновенной руководствовались

шкалой бонитентных классов повреждения хвои [4]. Проведена статистическая обработка данных, вычислялись средние арифметические, стандартные отклонения, ошибка стандартного отклонения, был проведен дисперсионный анализ.

Значения средней длины хвои сосны обыкновенной варьировали от 49 до 63 мм (табл.). Наибольшие длины хвои встречаются в районах с пониженным уровнем антропогенного воздействия и озелененных участках города.

Таблица

Средние значения длины хвои (в мм) на различных участках

Год отбора	Номер участка					
	1	2	3	4	5	6
2017	60,1	55,7	52,7	48,5	43,9	60,8
2018	63,3	55,1	51,0	49,1	52,0	68,2
2019	53,7	50,6	43,4	39,0	46,0	60,0

Наибольшая средняя длина хвои (68 мм) за 3 года была отмечена на участке № 6 (контроль). На участках с большей степенью загрязнения средняя длина хвои заметно снижается, достигая в некоторых точках исследования 49 мм (участок № 4). По средней длине хвои даже в пределах города можно условно выделить участки с очень сильным, средним и слабым загрязнением, поскольку длина хвоинок различна.

Участок № 1, где длина хвои составила 63 мм, характеризуется слабым загрязнением, которое обусловлено тем, что автодорога не сильно загружена и промышленные предприятия располагаются на удаленном расстоянии. Участки № 2 и № 5, длина хвои на которых составляет 55 и 52 мм соответственно, можно отнести к участкам со средним загрязнением. Наличие большого количества автотранспорта и многолюдность данных территорий непосредственно может влиять на состояние сосны обыкновенной. Сильное загрязнение отмечается на участках № 3 и № 4, где средняя длина хвои заметно меньше, и составляет 50 и 49 мм соответственно. Данные участки находятся под сильным антропогенным воздействием. Отмечено, что загрязненность атмосферного воздуха существенно влияет на физиологические процессы растений и на их развитие в целом.

Далее были проведены замеры длины побегов за 2017–2019 годы, и по анализируемым данным была построена диаграмма (рис. 1).

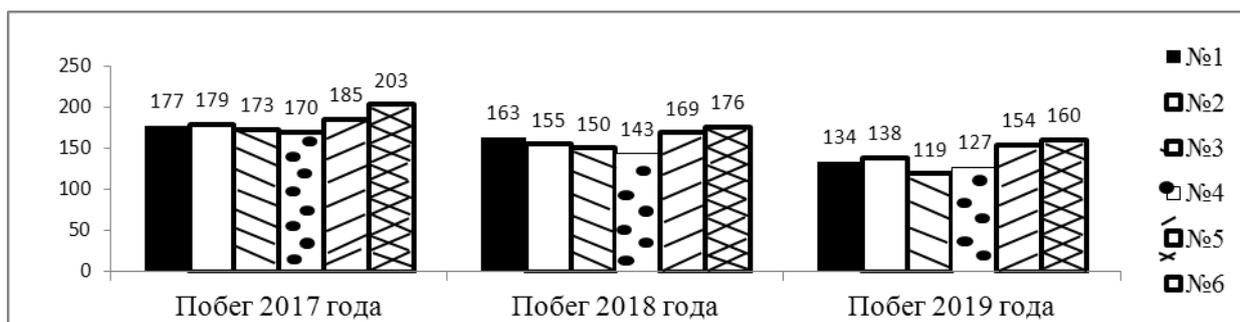


Рис. 1. Показатели средней длины побегов (в мм)

По показателям определения средней длины побегов (рис. 1) наименьшие значения отмечены у побегов 2019 г. За 2017 г. и 2018 г. отмечена наименьшая длина побегов на участке № 4, которая составила 170 и 143 мм соответственно, наибольшая длина на участке № 6 – 203 и 176 мм соответственно. За 2019 г. наименьшее значение определено на участке № 3 – 119 мм, наибольшая длина – на контрольном участке № 6 (160 мм).

Таким образом, наименьшая длина побегов сосны наблюдается вблизи промышленных объектов и нагруженных автотранспортом дорог, где растения остро реагируют на изменения окружающей среды, а наибольшая длина зарегистрирована на озелененном участке (контроль). На контрольном участке (№ 6) степень повреждения хвои незначительна, но наблюдаются повреждения с небольшим числом мелких пятнышек, а на участках в центре города – высокие показатели по наличию хлорозов и некрозов (рис. 2, рис. 3), что свидетельствует о неблагоприятности окружающей среды.

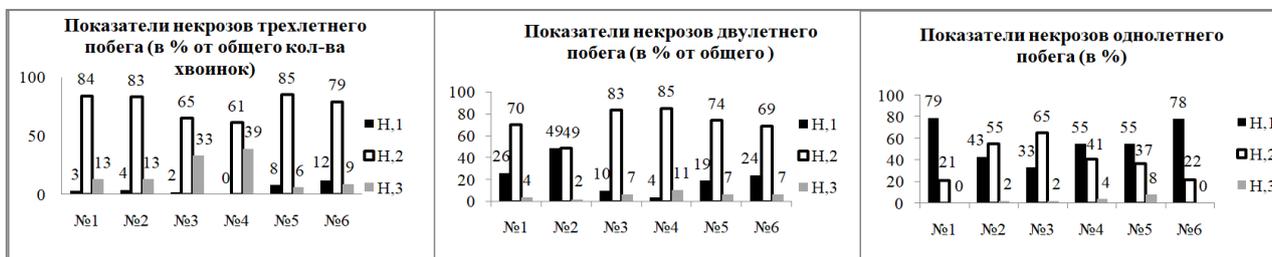


Рис. 2. Обобщенная диаграмма некрозов на побегах за 2017–2019 гг.: № 1–№ 6 – участки отбора, Н,1–Н,3 – классы некрозов

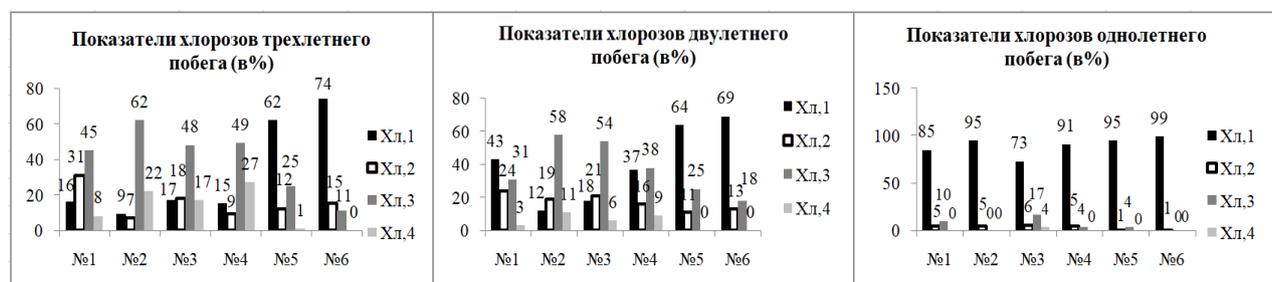


Рис. 3. Обобщенная диаграмма некрозов на побегах за 2017–2019 гг.: № 1–№ 6 – участки отбора, Хл,1–Хл,4 – классы хлорозов

В наибольшей степени пораженной оказалась хвоя сосны на участке № 4, это можно объяснить высокой степенью АВ. Распределение параметров сходно, равно как близко к распределению длины хвоинок.

По результатам исследования выявлена степень загрязнения на всех участках. По отдельным точкам исследования состояния атмосферного воздуха можно заключить, что на территории города он характеризуется следующими степенями загрязнения: относительно чистый (1 группа); загрязненный (2 группа) и сильно загрязненный (3 группа). Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) проявила высокую чувствительность к загрязнению окружающей среды. Повреждения и усыхания, а также уменьшение длины побегов и хвои

отражают экологическое состояние г. Кукмор. В дальнейших исследованиях необходимо накопление нового материала, что позволит более подробно интерпретировать полученные результаты для дальнейшего мониторинга данной среды.

По проведенному исследованию можно отметить, что сосна обыкновенная является достаточно удобным растительным биоиндикатором для научно-исследовательских работ школьников при формировании познавательного интереса у учащихся и применения теоретических знаний на практике, что обусловлено высокой скоростью реагирования сосны на изменение состояния окружающей среды.

Библиографический список

11. Алексеев С. В., Беккер А. М. Практикум по экологической оценке состояния окружающей среды. СПб. : Санкт-Петербург. гор. ун-т пед. мастерства, 1993. 64 с.
2. Мелехова О. П., Егорова Е. И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М. : Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.
3. Ашихмина Т. Я. Экологический мониторинг. М. : Академический Проект; Альма Матер, 2008. 416 с.
4. Jager E. J. Indikation von Luftverunreinigungen durch morphometrische Uulerscllungen an Hoheren Pflanzen // Bioindikation, Teil 3, Kongress und Tagungsberichte der Martin-Luther-Universitat Halle-Wittenberg / Eds. R. Schubert, J. Schuh. Wiss. Beitrage, 1980. P. 43–52.

БИОИНДИКАЦИЯ В ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

А. М. Пчелкин, В. Н. Макарова

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
Aleksandr03062003@gmail.com, Vera.Makarova@vvsu.ru*

В статье представлен опыт применения биоиндикации для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха. Определен наиболее чувствительный к загрязнению биоиндикатор. Выявлена степень загрязнения атмосферного воздуха на территории Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, участок проспекта Красного Знамени с пересечения с ул. Некрасовской до пересечения с ул. Толстого.

Ключевые слова: биоиндикация, атмосферный воздух, качество воздуха, город Владивосток.

Для проведения биоиндикации отобраны по 10 листьев с 10 деревьев березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) в Ленинском районе г. Владивостока:

– территория Владивостокского государственного университета экономики и сервиса;

– участок проспекта Красного Знамени с пересечения с ул. Некрасовской до пересечения с ул. Толстого.

Для исследования отобранных биоматериалов измеряли следующие параметры:

- ширина половины листа;
- длина второй от основания листа жилки второго порядка;
- расстояние между основанием первой и второй жилок второго порядка;
- расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка;
- угол между основной и второй от основания листа жилками второго порядка (рис. 1).

Жилки измеряли курвиметром или линейкой с точностью до 1 мм. Затем определяли процент асимметрии по данным показателям. Отдельно фиксировали «изогнутость» верхушки листа (рис. 2). Величину флуктуационной асимметрии оценивали при помощи интегрального показателя – величины среднего различия.

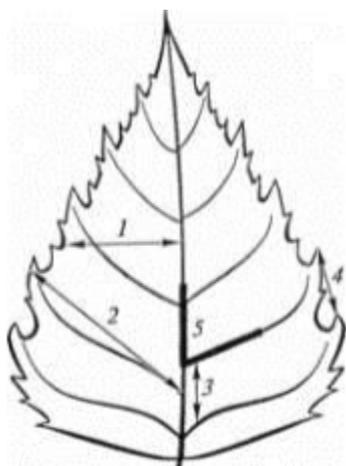


Рис. 1. Параметры измерений листа березы *Betula pubescens* Ehrh.:
1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй жилки от основания листа;
3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной и основными жилками

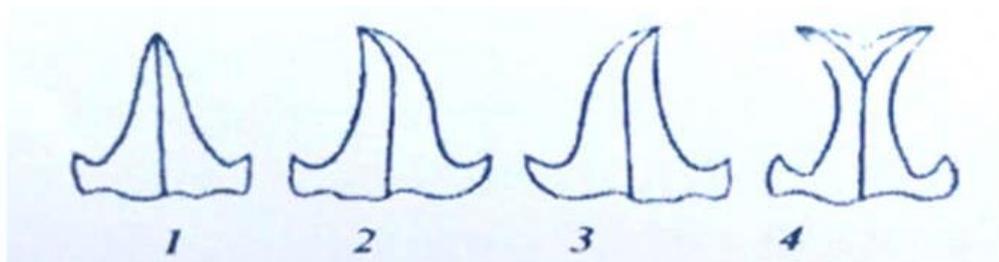


Рис. 2. Примеры «загнутости» верхушки листа: 1 – не загнутая;
2 – загнутая влево; 3 – загнутая вправо; 4 – хвост ласточки

Затем выполняли расчет флуктационной асимметрии [1]. Для этого измеряли признаки с левой и правой стороны (табл. 1). После чего определяли относительное отличие в измерениях для каждого из пяти признаков с обеих сторон листа (табл. 2) по формуле:

$$y = |(x_l - x_n)/(x_l + x_n)|. \quad (1)$$

Таблица 1

Параметры измерения отобранных листьев, мм

Лист	Левая сторона					Правая сторона				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	35	50	6	32	40	37	52	5	31	41
2	37	50	9	20	30	36	52	10	23	31
3	36	50	7	18	34	35	52	8	19	38
4	36	42	8	19	29	35	40	9	20	27
5	35	40	6	15	35	37	39	8	16	37
6	35	35	9	28	37	37	33	10	16	36
7	37	43	9	20	30	39	41	7	24	34
8	3,9	4,7	10	37	33	33	49	11	35	36
9	38	48	10	20	26	39	46	9	22	29
10	40	47	7	18	32	41	44	9	16	36

Таблица 2

Результаты расчета флуктационной асимметрии

y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
0,0277	0,0196	0,0909	0,0158	0,0123
0,0137	0,0196	0,0526	0,0697	0,0163
0,0140	0,0196	0,0667	0,0270	0,0555
0,0140	0,0243	0,0588	0,0256	0,0357
0,0278	0,0126	0,1428	0,0322	0,0277
0,0278	0,0294	0,0526	0,2727	0,0136
0,0263	0,0238	0,1250	0,0909	0,0625
0,7886	0,0824	0,0476	0,0277	0,0434
0,0129	0,0212	0,0526	0,0476	0,0545
0,0123	0,0329	0,1250	0,0588	0,0588

Затем определяли среднее относительное отличие на один признак для каждого отдельного листа (табл. 3). Для этого сумму отличий по каждому из пяти признаков делили на 5, то есть на число измеренных признаков:

$$z = (y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5)/5. \quad (2)$$

Таблица 3

Среднее относительное отличие

z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}
0,0333	0,0344	0,0365	0,0317	0,0486	0,079	0,0657	0,034	0,0378	0,0575

Затем определяли среднее относительное отличие на один признак для данной выборки листьев, то есть для 10 листьев одного дерева:

$$X = (z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10})/10. \quad (3)$$

Показатель X характеризует степень асимметрии организма. Для данного показателя разработана 5-балльная шкала отклонения от нормы, в которой 1 балл ($< 0,055$) – чистый воздух; 2 балла ($0,055–0,060$) – относительно чистый воздух; 3 балла ($0,060–0,065$) – загрязнённый воздух, 4 балла ($0,065–0,070$) – сильно загрязненный воздух; а 5 баллов ($> 0,070$) – очень сильно загрязненный воздух.

Таким образом, для данной выборки среднее отличие на один признак составляет 0,0771. А для всей выборки этот показатель составляет 0,0745, что является показателем очень сильно загрязненного воздуха на исследуемой территории и соответствует 5 баллам шкалы отклонения от нормы.

Библиографический список

1. Ляшенко О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды : учебное пособие. СПб. : СПб ГТУРП, 2012. 67 с.

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЕМЕНАХ МАША

Д. М. Сараева, Т. А. Адамович

Вятский государственный университет, sdmbye@gmail.com

В результате исследования было определено содержание микроэлементов (железа, марганца, меди) в семенах маша разных производителей методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Установлено, что массовая концентрация марганца и меди в исследуемых образцах практически не отличается, в то время как содержание железа в семенах из Таджикистана больше, чем в семенах из Узбекистана, в 2,6 раза.

Ключевые слова: семена маша, микроэлементы, атомно-адсорбционный метод.

Данная работа посвящена определению в семенах маша таких микроэлементов, как железо, марганец и медь. В очень малых количествах они входят в состав биологически активных веществ, которые необходимы для нормальной жизнедеятельности растений и человека. Данные металлы и их соединения в избыточных концентрациях также могут оказывать и вредное воздействие на организм человека, способны накапливаться в тканях, вызывая ряд заболеваний.

Железо – микроэлемент, который играет важную роль в организме человека. Оно служит катализатором в процессах кислородного обмена, обеспечивает нормальное протекание всех биохимических процессов в организме, поддерживает нормальное функционирование кровеносной системы, разрушает токсины, участвует в холестеринном обмене, превращая калории в

энергию, помогает иммунной системе организма справляться с агрессорами. Железо участвует в синтезе гормонов щитовидной железы, управляющих процессами развития и функционирования нервных импульсов. Дефицит железа в организме может привести к железодефицитной анемии, а его избыток – к болезням крови и печени, развитию атеросклероза, сахарного диабета, сердечной недостаточности, циррозу печени [1].

Марганец – жизненно необходимый микроэлемент для организма человека. Он участвует во многих биохимических процессах организма (синтез и обмен нейромедиаторов, синтез инсулина, кроветворение, обмен веществ и т. д.). В организме человека этот микроэлемент концентрируется в основном в костях, мозге, печени, поджелудочной железе и почках. Недостаток марганца приводит к угнетению нервной системы, нарушению сна и головокружению, а также к различным проблемам с развитием плода, неспособностью осуществления репродуктивной функции, анемии, задержке роста и развития. Чрезмерное содержание марганца оказывает негативное воздействие, которое сказывается на центральной нервной системе, вызывая сонливость, ухудшение памяти, галлюцинации, потерю аппетита. Избыток микроэлемента отрицательно влияет на работу легких, сердца и может привести к аллергии и мутагенному эффекту [2, 3].

Медь в организме человека выполняет множество функций, именно поэтому она является важнейшим микроэлементом. Основные запасы меди находятся в печени, но присутствует она во всех тканях организма и входит в состав множества ферментов. Избыток меди может стать причиной болей и колик в животе, тошноты, диареи, рвоты, поражения печени. Негативное влияние оказывает повышенный уровень меди у пациентов с болезнью Вильсона, генетическим расстройством способности аккумулировать медь в различных органах, приводит к нарушениям синтеза белка для переноса меди в крови. Также чрезмерное содержание меди в организме может провоцировать шизофрению, гипертензию, депрессию, бессонницу, раннее старение и предменструальный синдром [4].

Маш (*Vigna radiate*) является однолетним травянистым растением семейства бобовых, относящихся к роду *Vigna*. Его семена и проростки употребляют в пищу с древности, широко используют в Индии, Бангладеше, Юго-Восточной Азии и Западных странах. Маш содержит большое количество белка и пищевых волокон, аминокислот, олигосахаридов, а также биологически активных веществ. Все это вносит основной вклад в антиоксидантное, антимикробное, противовоспалительное и противоопухолевое действие [5, 6].

Целью работы является определение содержания микроэлементов в семенах маша атомно-абсорбционным методом.

Содержание микроэлементов в семенах маша определяли атомно-абсорбционным методом [7]. В качестве объектов исследования были выбраны семена маша, странами происхождения которых являются Таджикистан и

Узбекистан. Данные по содержанию микроэлементов, полученные в ходе эксперимента, представлены в таблице.

Таблица

Содержание микроэлементов в семенах маша

Страна-производитель	Микроэлемент, мкг/г		
	Fe	Mn	Cu
Таджикистан	340±85	12,7±2,9	14,8±3,4
Узбекистан	128±32	9,3±2,3	18±4

В результате проведенных исследований было установлено, что массовая концентрация железа в семенах маша составляет от 128 до 340 мкг/г. Больше его количество содержится в семенах маша, страной происхождения которых является Таджикистан (рис.).

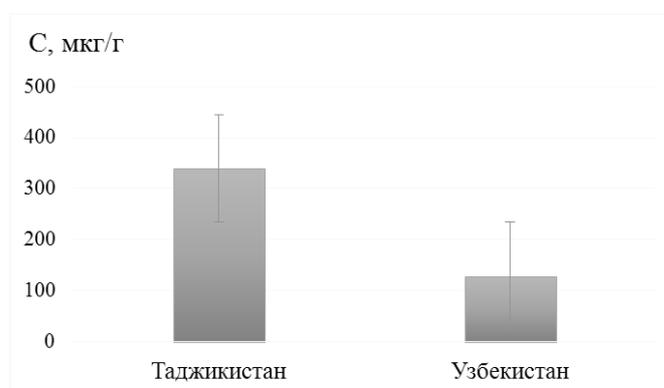


Рис. Массовая концентрация железа в семенах маша в зависимости от страны происхождения

Значения массовых концентраций марганца и меди в исследуемых образцах отличались не значительно и составили 9,3–12,7 мкг/г и 14,8–18,0 мкг/г соответственно.

Таким образом, массовая концентрация марганца и меди в исследуемых образцах практически не отличается, в то время как содержание железа в семенах маша из Таджикистана в 2,6 раза больше, чем в семенах из Узбекистана.

Библиографический список

1. Ягупова В. Т., Везирова Д. Р. Влияние микроэлемента железа на организм человека // Поиск (Волгоград). 2019. № 1. С. 74–77.
2. Ярославцева О. Д. Марганец и его нейротоксическое действие на живые организмы (обзор) // Международный студенческий научный вестник. 2021. № 1. С. 37.
3. Швец Н. И., Сидорова К. А. Физиолого-экологические особенности марганца и его влияние на человека // Современные научно-практические решения в АПК : сб. статей II Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. 2018. С. 66–70.
4. Сульдина Т. И. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и влияние на организм // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 1. С. 136–140.

5. Молчанова Е. Н., Иноземцева Ю. С., Исабаев И. Б. О тенденциях производства маша (*Vigna radiata*) и перспективах его использования // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы V Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 15-летию кафедры технологии хранения и переработки животноводческой продукции Кубанского ГАУ. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2019. С. 569–576.

6. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (*Vigna radiata*) / D. Tang, Y. Dong, H. Ren, L. Li, C. He // Chemistry Central Journal. 2014. Vol. 8. No. 1. Article No. 4. doi: 10.1186/1752-153X-8-4

7. ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М. : Стандартинформ, 2010. 32 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УТИЛИТАРНЫХ МАКРОСОВ MS EXCEL ДЛЯ УПРОЩЕНИЯ РАСЧЕТА ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А. Э. Зайнулгабидинов¹, Ю. А. Игнатьев²

¹ Казанский федеральный университет, *notaurorin@gmail.com*

² Институт проблем экологии и недропользования АН РТ,
chromyura95@mail.ru

Был разработан макрос, с помощью которого реализована автоматизация расчета аналитических показателей по данным, получаемым методом хроматографии. Рассчитываются коэффициенты, используемые для оценки степени биодegradации органического вещества в почве.

Ключевые слова: газожидкостная хроматография, Excel VBA, n-алканы, изопреноиды.

Фундаментальную роль в функционировании почвы играет органическое вещество (ОВ). Изменения в его составе может быть индикатором различных почвенных процессов, в том числе биотрансформации углеводов (УВ) и их цикла в экосистеме под влиянием внешних условий [1]. В составе ОВ выделяют почвенные липиды – фракция, отличающаяся от остальных своей гидрофобностью [2], в состав которых входят вещества, извлекаемые из почвы неполярными органическими растворителями.

Для определения состава органических соединений почвы в настоящее время активно применяется хроматография. Она может использоваться для мониторинга нефтезагрязнения почв [3], в частности для анализа комплекса УВ загрязнителей [4].

Наиболее простыми для идентификации среди других ОВ почвы являются n-алканы с длиной углеродной цепи от 8 до 36 атомов углерода (обозначаются буквой «С» с порядковым номером, например С₈, С₉, С₁₀ и др.) [5], а также изопреноиды – пристан и фитан. Эти соединения могут быть использованы для решения различных экологических задач, связанных с нефтезагрязнением. К примеру, изменение характеристик липидной фракции позволяет

оценить скорость протекания процессов трансформации ОВ. Также н-алканы считаются характеристическими компонентами почвенных липидов.

Программа «Хроматэк Аналитик» версии 2.6, прилагаемая к используемому нами хроматографу «Хроматэк Кристалл-5000», рассчитывает площади пиков выявленных ОВ, не проводя автоматизированного расчета хроматограмм почвенных экстрактов.

Таким образом, целью данной работы явилось создание макроса для автоматического расчета часто используемых аналитических параметров по данным, полученным методом хроматографии.

Для этого нами было решено создать утилитарный макрос на базе «Microsoft Excel», который бы выполнял следующие задачи: выделение из полученных с помощью программы «Хроматэк Аналитик» данных площади пиков имеющихся н-алканов ряда C₈–C₃₆, перерасчет площади пиков хроматограммы в процентах и на 1 г почвы; расчет соотношения изопреноидов пристана и фитана (Pr/Ph), а также отношения гомологов C₁₇ и C₁₈ к ним соответственно (C₁₇/Pr и C₁₈/Ph); расчет отношения нечетных гомологов к четным, индекса CPI и отношения высокомолекулярных н-алканов к низкомолекулярным.

Макрос написан на основе встроенной в программу «Microsoft Excel» реализации языка программирования «Visual Basic» — среды «Visual Basic For Applications» («VBA»).

После запуска программы Microsoft Excel через вкладку «Разработчик» или сочетанием клавиш Alt+F11 (по умолчанию) запускали рабочий интерфейс VBA и создавали новый модуль, в котором писали код макроса.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
74	Расчет по компонентам								
75	№	Время, мин	Компонент	Площадь	Высота	Площадь, %	Концентрация	Ед. концентрации	
76	1	6,377	C10	1,211	0,524	0,011			
77	2	11,433		12,468	2,419	0,117			
78	3	11,744		2,049	0,538	0,019			
79	4	12,763		70,604	4,053	0,661			
80	5	13,392	C13	35,629	5,183	0,333			
81	6	15,297		593,439	31,369	5,554			
82	7	15,811	C14	178,795	31,885	1,673			
83	8	17,322		1437,762	48,55	13,456			
84	9	18,141	C15	428,123	56,925	4,007			
85	10	19,441		1552,941	26,56	14,534			
86	11	20,371	C16	319,989	50,666	2,995			
87	12	21,481		1409,199	37,282	13,189			
88	13	22,507	C17	236,589	32,622	2,214			
89	14	22,695	Pr	256,733	32,868	2,403			
90	15	23,627		782,129	12,27	7,32			
91	16	24,545	C18	128,848	20,141	1,206			
92	17	24,679		20,569	6,493	0,193			
93	18	24,781	Ph	216,868	31,506	2,03			
94	19	25,434		459,552	7,781	4,301			
95	20	26,475	C19	95,142	12,526	0,89			
96	21	27,433		413,913	5,444	3,874			
97	22	28,301	C20	64,451	9,123	0,603			

Рис. 1. Фрагмент исходных данных

Для запуска макроса вставляли в файл MS Excel полученные при помощи программы «Хроматэк Аналитик» данные площадей пиков всех имеющихся на хроматограмме веществ, после чего через меню «Разработчик» или сочетанием клавиш Alt+F8 (по умолчанию) вызывали необходимый макрос.

В момент запуска макрос выделяет из исходных данных (рис. 1) имеющиеся *n*-алканы ряда C₈–C₃₆ на отдельный лист, на котором и проводятся дальнейшие расчеты. Часть кода макроса, отвечающая за этот процесс, проиллюстрирована на рисунке 2.

```
Worksheets("Данные").Activate
Do While Not Cells(i, 1) = "Расчет по компонентам"
    i = i + 1
Loop
i = i + 1
i_f = i
Do While Not IsEmpty(Cells(i, j + 1))
    j = j + 1
Loop
Do While Not IsEmpty(Cells(i_f + 1, 1))
    i_f = i_f + 1
Loop
Range(Cells(i, 1), Cells(i_f, j)).Copy
Worksheets("ОЧ").Activate
Cells(1, 1) = "Навеска"
Cells(2, 1) = "Объём"
Cells(1, 2) = g
Cells(2, 2) = m1
Cells(1, 3) = "г"
Cells(2, 3) = "мл"
With Range("A3")
    .Insert
    .Replace What:=",", Replacement:="."
End With
Columns("E").Delete
Columns("G").Delete
Cells(3, "F") = "Площадь, на 1 г"
i = 4
Do While Not IsEmpty(Cells(i, 4))
    k = k + 1
    i = i + 1
Loop
```

Рис. 2. Иллюстрация кода макроса

Затем макрос рассчитывает аналитические показатели, используя заранее прописанный алгоритм.

Сначала проводится нормализация пиков *n*-алканов и перевод их площади в проценты на 1 г почвы. Затем рассчитываются следующие отношения: Pr/Ph, C₁₇/Pr и C₁₈/Ph. Они используются многими авторами для решения различных задач, например оценка аэробных/анаэробных условий почвы [6], определение типа керогена и оценка зрелости нефти [7]. Также макрос вычисляет отношение нечетных гомологов *n*-алканов к четным (Odd-to-Even), индекс CPI (Carbon Preference Index) и отношение высокомолекулярных *n*-алканов к низкомолекулярным (*L/H*). CPI – коэффициент нечетности, вычисляющийся по формуле:

$$\text{CPI} = \frac{\left(\frac{C_{23} + \dots + C_{33}}{C_{22} + \dots + C_{32}} \right) + \left(\frac{C_{23} + \dots + C_{33}}{C_{24} + \dots + C_{34}} \right)}{C_{24} + \dots + C_{34}}$$

Он представляет собой отношение нечетных гомологов к четным для высокомолекулярной области [8] и используется для определения источника и зрелости ОВ [9]. Отношение Odd-to-Even является аналогом CPI, но используется как для высокомолекулярных, так и для низкомолекулярных *n*-алканов. Отношение *L/H* может использоваться для определения степени микробной деградации и вычисляется по следующей формуле [5]:

$$\frac{L}{H} = \frac{\sum_{\leq C21}}{\sum_{\geq C22}}$$

Таким образом, был создан макрос, автоматически рассчитывающий аналитические показатели – Pr/Ph, C₁₇/Pr, C₁₈/Ph, Odd-to-Even, CPI, *L/H*, используя для этого первичные данные, полученные при помощи программы «Хроматэк Аналитик» версии 2.6. Совокупность этих коэффициентов используется для оценки степени биodeградации органического вещества в почве.

Библиографический список

1. Формы и факторы накопления полициклических ароматических углеводородов в почвах при техногенном загрязнении (Московская область) / А. Н. Геннадиев, Ю. И. Пиковский, С. С. Чернянский, Т. А. Алексеева, Р. Г. Ковач // Почвоведение. 2004. № 7. С. 804–818.
2. Гузев В. С., Левин С. В. Перспективы эколого-микробиологической экспертизы состояния почв при антропогенных воздействиях // Почвоведение. 1991. № 9. С. 50–62.
3. Экология Арктики и Севера, природные ресурсы / Ю. С. Глянцева, И. Н. Зуева, О. Н. Чалая, С. Х. Лифшиц // Арктика и Север. 2012. № 5. С. 1–8.
4. Егазарьянц С. В. Хроматографические методы анализа нефтепродуктов // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. 2009. Т. 50, № 2. С. 75–99.
5. Влияние длительности инкубации на состав нормальных углеводородов при разных уровнях начального содержания нефти в почве. / Э. Р. Зайнулгабидинов, Ю. А. Игнатьев, А. М. Петров, Р. Э. Хабибулин // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19, № 10. С. 56–60.
6. Organic geochemical indicators of paleoenvironmental conditions of sedimentation / В. М. Didyk, В. R. T. Simoneit, S. C. Brassel, G. Eglinton // Nature. 1978. Vol. 272. P. 216–222. doi: 10.1038/272216a0
7. Leythaeuser D., Schwarzkopf T. The pristane/*n*-heptadecane ratio as an indicator for recognition of hydrocarbon migration effects. // Org. Geochemistry. 1986. Vol. 10. P. 191–197. doi: 10.1016/0146-6380(86)90022-7
8. Распределение *n*-алканов, стероидов и тритерпеноидов в торфе и растениях болота Темное / М. А. Дучко, Е. В. Гулая, О. В. Серебренникова, Е. Б. Стрельникова, Ю. И. Прейс // Известия Томского политехнического университета. 2013. Т. 323, № 1. С. 40–44.
9. Evaluating different methods for calculating the Carbon Preference Index (CPI): Implications for palaeoecological and archaeological research / A. V. Herrera-Herrera, L. Leierer, M. Jambriña-Enríquez, R. Connolly, C. Mallol // Organic Geochemistry. 2020. Vol. 146. P. 1–6. doi: 10.1016/j.orggeochem.2020.104056

СЕКЦИЯ 3 ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Л. В. Переломов¹, Д. Л. Пинский², С. О. Козак¹, Ю. М. Атрощенко¹

¹ *Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого,
perelomov@rambler.ru*

² *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
pinsky43@mail.ru*

Изучено общее содержание и содержание подвижных форм ряда тяжёлых металлов в серых лесных почвах агроэкосистем и широколиственных лесов Среднерусской возвышенности. Обнаружены различия в содержании валовых и подвижных форм тяжелых металлов в пахотных почвах и почвах под лесами. Выявлено совпадение экспериментально выявленных тенденций изменения общего содержания тяжелых металлов в пахотных почвах с расчетными данными для почв Верхнеокского бассейна. В почвах агроэкосистем наблюдается снижение концентраций подвижных форм большинства изученных микроэлементов. Анализ форм соединений тяжелых металлов методом последовательных экстракций позволяет выявить компоненты почв, ответственные за данные изменения.

Ключевые слова: микроэлементы, почвы, формы соединений, последовательные экстракции.

Сопоставление содержания тяжелых металлов (ТМ) в атмосферных осадках и речном стоке Верхнеокского бассейна [1] показывает, что в целом поступление Cu, Zn, Ni, Cd на изученной территории с атмосферными осадками почти в 2 раза ниже их выноса с речным стоком, а баланс свинца близок к нулю. Поступают ТМ в бассейн преимущественно в растворимой форме, а выносятся, главным образом, со взвешенным веществом. При этом региональные модули атмосферных выпадений Mn и Cu близки к глобальным, а модули выпадений Zn, Ni, Pb, Cd – в 1,5–3 раза выше глобальных.

Сравнение основных составляющих приходной части геохимического баланса ТМ на уровне типичного для изученной территории агропроизводственного ландшафта (поступление элементов с жидкими и твёрдыми осадками, удобрениями, без учёта поступления с пожнивными остатками и опадом, посевным материалом, известковой мукой) с потерями микроэлементов за счёт различных миграционных процессов демонстрирует, что сложившийся-

ся баланс также отрицательный, за исключением цинка. За счёт специфических агрогенных источников ТМ в пахотные почвы возможно поступление на 1 м²: 256–542 мг железа, 28–53 мг марганца, 23–47,5 мг цинка, 2,3–4,6 мг никеля, 0,6–2 мг свинца и 0,05–0,23 мг кадмия. При этом поступление ТМ в агроландшафт составляет от 13% для Mn до 50–70% для остальных элементов от их суммарного выноса из агроценоза. В то же время с учётом вышеперечисленных недостающих статей баланс практически для всех элементов, кроме железа, меди, свинца и частично никеля становится положительным. Для агроэкосистем, где выращиваются зерновые и технологическая эрозия отсутствует, баланс Cr, Ni и Zn положительный, Mn, Cu и Co – отрицательный, Pb – приблизительно нулевой, либо в отдельные годы – положительный. Восполнение потерь ТМ в почве за счёт внесения минеральных удобрений не превышает 15–35% от суммарных потерь агроэкосистемой [2].

С химической точки зрения существует относительно небольшое количество принципиально различающихся форм соединений ТМ в почвах: формы, образованные в результате изоморфного замещения и фиксации элементов в дефектах кристаллических структур почвенных минералов, осадки малорастворимых солей, сформировавшиеся в результате процессов осаждения или соосаждения совместно с другими малорастворимыми осадками, собственные минералы элементов и ионы, адсорбированные на поверхности почвенных частиц и аккумулярованные на поверхности или внутри клеток почвенной биоты [3, 4]. Однако, реальная картина распределения тяжёлых металлов по формам нахождения значительно сложнее. Одним из распространённых подходов к изучению форм соединений элементов в почвах, особенно для практических целей и в практике охраны природы, является использование методов последовательных химических экстракций, которые позволяют классифицировать микроэлементы по их подвижности (прочности связи с почвенными частицами) и взаимосвязи с теми или иными компонентами почв. Нами были изучено общее содержание и формы соединений ряда тяжёлых металлов в серых лесных почвах агроэкосистем Тульской области, а также под климаксовым сообществом широколиственного леса методом последовательных экстракций (табл. 1) [5].

Таблица 1

Схема последовательных селективных экстракций Tessier et al. (1979) [5]

Название фракции	Экстрагент, условия экстракции
1. Обменная (Ex)	1 М MgCl ₂ (pH 7)
2. Связанная с карбонатами (специфически сорбированная для некарбонатных почв) (AcNa)	1 М CH ₃ COONa (pH 5)
3. Связанная с оксидами/гидроксидами Fe и Mn (Ox)	0,04 NH ₂ OH×HCl + 25% (V) CH ₃ COOH (96±3°)
4. Связанная в прочные комплексы с органическим веществом (Or)	HNO ₃ + H ₂ O ₂ (t = 85±2°)
5. Остаточная (Res)	HClO ₄ + HF

Объектами исследований являлись пахотные серые лесные почвы, расположенные на территории центра и севера Тульской области. В качестве фоновых были выбраны серые лесные почвы под дубравой на территории планируемого национального парка «Тульские засеки». Почвообразующие породы серых лесных почв представлены преимущественно покровными и лессовидными суглинками.

Химические и физические свойства верхнего горизонта изученных почв определены принятыми в отечественном почвоведении методами. Подвижные формы металлов извлекались ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8. Для изучения форм соединений ТМ использовалась схема последовательных экстракций Tessier et al. (1979) [5], которая позволяет выделить 5 форм (фракций) металлов (табл. 1). Анализ тяжелых металлов проводился методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

Общее содержание ТМ в изученных почвах приведено в таблице 2.

Таблица 2

Общее содержание ТМ в серых лесных почвах (слой 0-20 см)

ТМ	Пахотные почвы			Лесные почвы			Пахотные почвы			Лесные почвы		
	общее содержание, мг/кг						подвижные формы, мг/кг					
	n	X	Sx	n	X	Sx	n	X	Sx	n	X	Sx
Fe	75	18960	271	7	14500	750	20	10,6	0,7	7	20,4	1,2
Mn	82	662	13	7	1544	85	67	48,2	2,2	7	138,6	1,9
Zn	84	80	2	7	66	3	72	5,8	0,3	7	2,4	0,2
Ni	83	27	0,6	7	24	1,0	73	0,5	0,03	7	0,7	0,04
Pb	23	17	0,7	7	18	0,8	72	0,42	0,02	7	0,47	0,03
Cd	82	0,20	0,01	7	0,42	0,03	76	0,05	0,001	7	0,15	0,01

Полученные нами данные об общем содержании Mn, Zn, Ni и Pb в пахотных почвах согласуются с расчетными данными о балансе этих элементов в почвах Верхнеокского бассейна. В пахотных почвах по сравнению с почвами под лесом происходит уменьшение содержания подвижных форм большинства элементов (Fe, Mn, Ni, Pb, Cd) и увеличивается содержание подвижных форм Zn.

Формы соединений Mn, Zn и Pb показы в таблице 3.

Таблица 3

Формы соединений Mn, Zn и Pb, извлеченные по методу Tessier et al. (1979) [5] из серых лесных почв различного использования

ТМ	Использование	Экстрагируемая форма						
		Ex	AcNa	Ox	Or	Rs	Сумма	Валовые
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mn	пашня	0,3	7,4	70,8	7,9	13,6	699,9	780
		2,4	52	495	55,5	95		
	лес	0,7	10,2	78,5	5,1	5,5	1375,3	1440
		8,8	140,1	1081,5	70,2	75,5		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zn	пашня	но	4,5	6,2	35,0	54,3	110,5	125
			5,0	6,8	38,7	60		
	лес	но	3,5	16,8	9,9	69,8	71,6	70
			2,5	12	7,1	50		
Pb	пашня	< 0,1	6,6	30,8	28,8	33,9	14,6	17,5
			0,96	4,5	4,2	4,95		
	лес	< 0,1	7,5	48,5	7,2	36,8	17,6	17,5
			1,32	8,5	1,26	6,5		

Примечание: верху – процентное содержание, внизу – концентрация мг/кг.

Изменение содержания тяжелых металлов в серых лесных пахотных почвах может быть объяснено изменением их содержания в отдельных фракциях, связанных с различными компонентами почв. Так, очевидно, что уменьшение содержания Mn в пахотных почвах обусловлено, главным образом, уменьшением его содержания в относительно мобильных фракциях – специфически сорбированной и оксидов/гидроксидов. Увеличение содержания Zn связано с ростом его содержания во фракции, связанной с органическим веществом, и частично – в остаточной. У Pb в пахотных почвах также происходит рост содержания в форме, связанной в прочные комплексы с органическим веществом и одновременно уменьшается содержание во фракции оксидов/гидроксидов Fe и Mn и остаточной фракции.

Таким образом, анализ форм соединений тяжелых металлов методом последовательных экстракций позволяет выявить компоненты почв, ответственные за агрогенные изменения их содержания.

Работа поддержана грантом правительства Тульской области в сфере науки и техники «Изучение критических нагрузок соединений тяжелых металлов на почвы Тульской области».

Библиографический список

1. Золотарева Б. Н. Тяжелые металлы в почвах Верхнеокского бассейна // Почвоведение. 2003. № 2. С. 173–182.
2. Учватов В. П. Природные и антропогенные потоки вещества в ландшафтах Русской равнины : дис. ... д-ра биол. наук. Пушино, 1994. 471 с
3. Пинский Д. Л. Ионнообменные процессы в почвах. Пушино, 1997. 166 с.
4. Переломов Л. В., Переломова И. В., Пинский Д. Л. Молекулярные механизмы взаимодействия между микроэлементами и микроорганизмами в биокосных системах (биосорбция и биоаккумуляция) // Агрехимия. 2013. № 3. С. 80–94.
5. Tessier A., Campbell P. G. C., Bisson M. Sequential extraction procedure for the specification of particulate trace metals // Analytical chemistry. 1979. Vol. 51. No. 7. P. 844–851.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «МАРАДЫКОВСКИЙ»

Е. В. Дабах

ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com

Изучалось современное состояние почв в окрестностях строящегося в Кировской области производственно-технического комплекса (ПТК) по утилизации отходов 1–2 класса опасности. Показано, что исходное содержание в почвах тяжелых металлов Cu, Cr, Ni и Cd, присутствие которых возможно в промышленных отходах, подлежащих переработке на ПТК, может быть существенно выше ПДК, ОДК и фоновых значений. Такие природные особенности почв и почвообразующих пород необходимо учитывать при проведении мониторинга и оценке степени загрязнения почв.

Ключевые слова: почвы, почвообразующие породы, тяжелые металлы.

Изучалось состояние почв в окрестностях будущего производственно-технического комплекса (ПТК) по утилизации отходов 1–2 класса опасности, строительство которого осуществляется на базе бывшего объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский». Особое внимание уделялось содержанию в почвах 4 тяжелых металлов Cu, Cr, Ni и Cd, присутствие которых возможно в промышленных отходах, подлежащих переработке на ПТК.

Объектами исследования были почвы на участках мониторинга объекта хранения и уничтожения химического оружия (ОХУХО), образцы которых отбирались по профилю, а также смешанные образцы из верхних горизонтов почв. Валовое содержание ТМ определялось методами масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (PQ-2, Elemental, Англия) и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICAP-61, Thermo Jarrell Ash, США) в АСИЦ ИПТМ РАН (г. Черноголовка Московской области). Относительное стандартное отклонение для всех элементов не превышало 0,3 при измерении содержания этих элементов до 5*ПО и не превышало 0,15 при измерении содержания > 5*ПО.

На рассматриваемой территории, представляющей собой санитарно-защитную зону ОХУХО, наибольшие площади занимают слабо- и среднеподзолистые песчаные почвы (около 40%), в комплексе с ними встречаются дерново-сильноподзолистые супесчаные почвы, а в понижениях рельефа – сильноподзолистые и дерновые глеевые почвы. На всей площади СЗЗ абсолютно преобладают почвы легкого гранулометрического состава. В таблице 1 представлены характерные для подзолистых супесчаных почв содержания ТМ, а также значения $pH_{КС1}$, которые позволяют оценить концентрации элементов в почвах при сравнении с ОДК.

Таблица 1

Кислотность и валовое содержание ТМ в подзолистых супесчаных почвах

Горизонт	Глубина (см)	рН _{KCl}	Содержание ТМ, мг/кг			
			Cu	Ni	Cr	Cd
A ₀	0-2(5)	3,60±0,45	7,05±1,72	5,17±1,75	15,61±4,71	0,12±0,07
A ₂	5-15	3,55±0,34	4,65±1,76	3,12±1,32	16,27±3,62	0,059±0,006
B	20-50	4,27±0,21	8,42±4,20	15,89±5,02	31,30±10,33	0,079±0,04
BC (C)	80-100	4,40±0,11	8,40±0,46	19,10±0,46	33,73±15,81	0,066±0,011
ОДК (ГН 2.1.7.2511-09)			33	20		0,5
Региональный фон (Эколого-геохимическая карта почв Кировской области. Санкт-Петербург : ВСЕГЕИ, 1996.)			2	33	84	

Таблица 2

Кислотность и валовое содержание ТМ в дерново-подзолистых супесчаных и легкосуглинистых почвах

Горизонт	Глубина (см)	рН _{KCl}	Содержание ТМ, мг/кг			
			Cu	Ni	Cr	Cd
A1 (Апах)	0-20	5,26±0,65	7,57±1,86	13,37±5,895	26,80±6,10	0,14±0,05
B	45-55	5,47±0,25	6,90±0,44	15,23±1,30	28,01±3,25	0,07±0,03
ОДК (ГН 2.1.7.2511 -09)			33	20		0,5
Региональный фон			28	33	84	
Ориентировочные значения для дерново-подзолистых почв средней полосы (песчаные, супесчаные) по СП 47-13330-2012) и СП 11-102-97			8	6		0,05

Таблица 3

Кислотность и валовое содержание ТМ в дерново-подзолистых средне- и тяжелосуглинистых почвах

Горизонт	Глубина (см)	рН _{KCl}	Содержание ТМ, мг/кг			
			Cu	Ni	Cr	Cd
A1 (Апах)	0-20	4,81±0,44	16,63±1,70	37,10±9,55	47,79±2,88	0,20±0,07
B	45-55	4,58±0,86	52,10±19,05	122,37±45,59	113,75±9,48	0,09±0,01
ОДК (ГН 2.1.7.2511-09)			66	40		1,0
Региональный фон			28	33	84	
Ориентировочные значения для дерново-подзолистых почв средней полосы (суглинистые и глинистые) по СП 47-13330-2012) и СП 11-102-97			15	30		0,12

Таблица 4

Кислотность и валовое содержание ТМ в почвах с нарушенным профилем

Глубина (см)	рН _{KCl}	Содержание ТМ, мг/кг				
		Cu	Ni	Cr	Cd	
0-20	6,12±0,53	13,07±4,23	26,67±6,65	37,83±5,43	0,16±0,03	
45-55	6,04±0,24	13,13 ±5,23	34,27±1,97	44,24±12,89	0,22±0,22	
85-100	6,41±0,44	18,73±10,19	43,13±16,24	49,87±26,45	0,12±0,04	
ОДК (ГН 2.1.7.2511 - 09)			132	80		2,0
Региональный фон			28	33	84	

Почвы сильнокислые, среднее содержание в них ТМ ниже ОДК и фоновых концентраций. Распределении по профилю Cu, Ni и Cr элювиальное. Относительное накопление Cu, Ni и Cd отмечается в лесной подстилке. В том случае, если в песчаных почвах на небольшой глубине (до 1 м) выявляется подстилающая суглинистая или глинистая порода, значения показателей существенно возрастают. Так, к северу от объекта в глинистых отложениях на глубине около 0,8 м содержание Ni составляло 158 мг/кг, а Cr достигало 203 мг/кг. При этом Ni прочно связан с минеральной частью почвы, поскольку содержание подвижной формы не превышало 1,9 мг/кг (при ПДК 4мг/кг). Такое высокое для данной территории содержание хрома соответствует диапазону нормальных концентраций для подзолистых суглинистых почв мира – 10–300 мг/кг [1].

Дерново-подзолистые почвы занимают 28% территории СЗЗ. Почти все они в прошлом распахивались, что отражается в строении профиля – наличии резкой границы между бывшим пахотным и нижележащими горизонтами. Подзолистый горизонт не выделяется, так как профили маломощные и этот горизонт был полностью вовлечен в пахотный слой. Поскольку восточная и юго-восточная часть изучаемой территории представлена водораздельными холмами и их склонами, а северная и западная – долинным комплексом р. Вятки, дерново-подзолистые почвы, представленные в обеих частях, существенно различаются. Почвы, характерные для водораздела, в основном средне- и тяжелосуглинистые, на речных террасах – супесчаные и легкосуглинистые. Дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава относятся к слабокислым, содержание в них изучаемых ТМ мало отличается от подзолистых супесчаных почв (табл. 2). По содержанию Cu, Ni, Cr горизонты различаются незначительно, по Cd – в большей степени.

Суглинистые дерново-подзолистые почвы водораздела характеризуются среднекислой реакцией среды и резкой дифференциацией профиля (табл. 3). Вероятно, однозначно объяснить такое резкое разделение профиля по содержанию ТМ процессами элювирования-иллювирования нельзя. Почва распахивалась, ее верхние горизонты перемешаны, и возможно, что более легкий гранулометрический состав верхней толщи обусловлен не только накоплением органического вещества и вымыванием илистых частиц, но и исходной неоднородностью материала – перекрытием коренных глин маломощным слоем супесчаного наноса, вовлеченного в пахотный слой. В средней части профиля отмечается значительное превышение ОДК Ni. Высокое содержание элемента, по-видимому, является особенностью местных глин. По литературным данным содержание никеля в почвах Кировской области существенно ниже – 30–106 мг/кг [1], а для суглинистых подзолистых почв мира диапазон нормальных концентраций Ni – 11–25 мг/кг [2].

Почвы с нарушенным профилем встречаются под ЛЭП, в районе автостоянки, около ограждений объекта – это в основном перерытые земли. Хотя они не образуют больших массивов, в целом площадь их достигает 22%. Они отличаются нейтральной реакцией среды (вероятно, за счет изъятия подсти-

лающих карбонатных глин) и однородным распределением ТМ по профилю (табл. 4). Содержание ТМ соответствует концентрации их в старопахотном горизонте суглинистых дерново-подзолистых почв и значительно ниже предельно допустимых значений.

Таким образом, почвенный покров в районе ПТК отличается неоднородностью. Особенности строения и свойств почв необходимо учитывать при проведении мониторинга и оценке степени загрязнения почв. В частности, превышающее ОДК содержание Ni и повышенное по сравнению с фоном содержание Cr в суглинистых дерново-подзолистых почвах следует рассматривать как унаследованную почвой особенность почвообразующих пород.

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

Библиографический список

1. Шихова Л. Н., Егошина Т. Л. Тяжелые металлы в почвах и растениях таежной зоны Северо-Востока Европейской России. Киров : Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2004. 264 с.
2. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 2010. 548 p. doi: 10.1201/b10158

АДСОРБЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ В ПОЧВЕ УДМУРТИИ

М. А. Шумилова, В. Г. Петров

*Удмуртский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук,
shumilovama@udman.ru, petrov@udman.ru*

В работе показано различие в поведении в почве ионов тяжелых металлов в форме катионов и анионов. Применены несколько моделей адсорбции для объяснения данных различий. Учитывая особенности поведения поллютантов, необходимо скорректировать подходы к организации непрерывного экологического мониторинга.

Ключевые слова: изотермы и константы адсорбции, почва, ионы тяжелых металлов.

В период с 2006 по 2009 гг. в г. Камбарке Удмуртской Республики (УР) проводились работы по уничтожению запасов люизита в соответствии с Международной конвенцией об уничтожении химического оружия и Федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» [1]. Результаты мониторинга почв на содержание в них тяжелых металлов (ТМ) за указанный период свидетельствовали о свое-

образии поведения в почве ионов мышьяка по сравнению с ионами тяжелых металлов. Целью проводимых нами исследований стало изучение процессов сорбции почвой ионов мышьяка и металлов гальванической группы для совершенствования подхода к организации непрерывного мониторинга окружающей среды.

Для исследования процессов адсорбции ТМ в статических лабораторных условиях была выбрана дерново-карбонатная почва, поскольку данный тип широко представлен в Удмуртии. Отбор, транспортировка и хранение почвенных образцов для проведения лабораторного эксперимента осуществляли в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 28168-89. Пробоподготовку почвенных образцов и определение таких агрохимических показателей, как рН солевой и водной вытяжек, содержание гумуса проводили в соответствии с требованиями стандартных методов [2]. Отобранная почва характеризуется как тяжелосуглинистая, слабогумусированная (содержание гумуса 3,28 %) и слабокислая (рН солевой вытяжки 5,57, водной – 6,63).

Исходные растворы мышьяка, хрома, цинка и меди с содержанием металла ~0,1М готовили растворением навески соответствующей соли квалификации «ч.д.а.», точную концентрацию раствора устанавливали спектрофотометрически. Для минимизации влияния реакций ионного обмена на сорбцию исследования проводили на фоне 0,01М раствора CaCl_2 при соотношении почва : раствор = 1: 9. Воздушно-сухие почвенные образцы массой 18 г, измельченные до размера частиц < 0,1 мм, помещали в центрифужные колбы, к ним добавляли по 180 мл раствора с варьируемой концентрацией металла. После установления химического равновесия в надосадочной жидкости определяли равновесную концентрацию ионов металлов на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Shimadzu-AA7000» с электротермической атомизацией по стандартной методике [3]. Реактивы, используемые для спектрального анализа, имели квалификацию «о.с.ч.».

Количество поглощенных ионов металлов находили по разности между исходными и равновесными концентрациями. Эксперимент проводили в двух биологических и трех аналитических повторностях. Представленные данные являются их средними величинами, значение относительного стандартного отклонения не превышает 6,0%.

Результаты исследования подвижности ионов ТМ в дерново-карбонатной почве, проведенного на специальном лабораторном стенде [4], подтверждают и объясняют обнаруженные при проведении мониторинга закономерности. Согласно полученным экспериментальным данным константы скорости выделения поллютантов-анионов приблизительно на три порядка выше, чем у катионов ТМ ($K_{\text{скор}}$, с^{-1} , табл.1), что обуславливает достаточно высокую подвижность анионов ТМ в почве. Следует отметить, что для одного и того же элемента – хрома разница в величине констант выделения катионной и анионной форм составляет практически четыре порядка. Соответственно, период полувыведения загрязняющих веществ в катионной форме на несколько порядков выше ($T_{0,5}$, лет, табл.1), что ведет к различию в тенденции

накопления ТМ в почве в естественных условиях под воздействием атмосферных осадков. Отсутствие прочной связи между почвенным поглощающим комплексом (ППК) и анионами объясняется отрицательным зарядом почвенных коллоидов: $pH_{KCl} - pH_{H_2O} \approx -1,06$ [5], а больший по величине заряд бихромат-иона практически препятствует закреплению аниона почвой. Во избежание потерь растворимых поллютантов, подвижных в природных средах, при проведении мониторинга нами было предложено усовершенствовать способ пробоотбора [6].

Таблица 1

Параметры подвижности ионов ТМ в дерново-карбонатной почве

	AsO ₂ ⁻	Cr ₂ O ₇ ²⁻	Cr ³⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺
K _{сбор} , с ⁻¹	1,770·10 ⁻⁷	4,815·10 ⁻⁶	7,791·10 ⁻¹⁰	5,602·10 ⁻⁹	1,238·10 ⁻⁹
T _{0,5} , лет	3,01	1,01	51,0	866,1	32,0

Способность пахотного горизонта дерново-карбонатной почвы удерживать ионы ТМ изучали с помощью изотерм сорбции, полученных экспериментальным путем. По классификации Джайлса [7] изотермы арсенит-, бихромат- ионов, катионов цинка и меди относятся к S-типу с несколькими точками перегиба, являющимися следствием влияния полифункциональности и энергетической неоднородности обменных центров ППК и других факторов. Изотерма катионов хрома соответствует L-типу, для которого характерны минимальные изменения формы изотермы и заполнения монослоя Лэнгмюра; а также высокое химическое сродство с поверхностью адсорбата.

Для изучения адсорбционного процесса ТМ почвой полученные изотермы аппроксимировались классическим моделям Лэнгмюра [8] для ограниченной адсорбции на монослое и Фрейндлиха [9] – для неограниченной адсорбции, в математическом виде их можно представить следующим образом:

$$A = A_{\max} \frac{K_L \cdot C}{1 + K_L \cdot C} \quad (1)$$

где A – количество компонента, адсорбированного твёрдой фазой, отнесённой к её массе; C – равновесная концентрация компонента в растворе; K_L – эмпирический коэффициент адсорбции, или коэффициент Лэнгмюра, характеризующий прочность связи между элементом и сорбционными участками и энергию их взаимодействия; A_{max} – максимум адсорбции, или ёмкость монослоя Лэнгмюра; и, соответственно:

$$A = K_F \cdot C^{1/n} \quad (2)$$

где K_F – константа равновесия уравнения Фрейндлиха, характеризующая общую сорбционную способность твёрдой фазы; 1/n – эмпирический показатель степени в уравнении Фрейндлиха, n – характеризует интенсивность взаимодействия адсорбент – адсорбат и распределение активных центров.

Константы обеих моделей, рассчитанные методом наименьших квадратов, представлены в таблице 2.

**Параметры моделей адсорбции Лэнгмюра, Фрейндлиха и
Дубинина-Радушкевича ионов ТМ и As дерново-карбонатной почвой**

Ионы ТМ	Лэнгмюр		Фрейндлих		Дубинин-Радушкевич		
	A_{\max} , моль/кг	K_L , дм ³ /моль	K_F , дм ³ /моль	n	A_{\max} , моль/кг	k , моль ² /кДж	E , кДж/моль
AsO ₂ ⁻	0,00243	704326,0	0,0175	2,79	0,00159	0,00958	2,28
Cr ₂ O ₇ ²⁻	0,00018	697627,3	0,2145	2,02	0,00568	0,0028	1,33
Cr ³⁺	0,01670	29785,0	288,6524	1,04	0,04698	0,0062	10,62
Zn ²⁺	0,02415	51445,9	63,8015	1,05	0,96604	0,0063	8,91
Cu ²⁺	0,01266	31809,8	394,6470	1,18	0,11201	0,0035	11,99

Согласно уравнению Лэнгмюра (1), чем больше величина A_{\max} и меньше константа K_L , тем лучшим сорбентом является вещество. Наибольшие величины A_{\max} определены у катионов Zn²⁺, Cr³⁺ и Cu²⁺ (табл. 2), при этом разница в значениях с анионами может достигать нескольких порядков; величины K_L у катионов существенно ниже, чем у анионов. Данное соотношение констант уравнения Лэнгмюра свидетельствует о высоком сродстве катионов к ППК и их достаточно прочной фиксации дерново-карбонатной почвой.

В соответствии с уравнением Фрейндлиха (2), чем больше K_F , тем интенсивнее протекает процесс адсорбции; аналогично и для этой модели катионы Cu²⁺, Cr³⁺ и Zn²⁺ (табл. 2) имеют преимущество в закреплении почвой по сравнению с арсенит- и бихромат-ионами. Степенной показатель n ($n > 1$) указывает на уменьшение энергии связи ППК – ион по мере заполнения активных центров поверхности, данная тенденция наиболее ярко выражена в варианте с арсенит-ионами. Вычисленные параметры свидетельствуют о различии в поведении в почвах ТМ и As в катионной и анионной формах, объясняя высокую подвижность последних.

Несмотря на широкое применение классических моделей адсорбции, они не предоставляют никакой информации о самом механизме адсорбции. Модель Дубинина-Радушкевича позволяет определить природу адсорбции адсорбата на адсорбенте, а также вычислить среднюю свободную энергию адсорбции [10]:

$$A = A_{\max} \exp(-k \cdot \varepsilon^2), \quad (3)$$

где k – константа (моль²/кДж²), связанная с энергией адсорбции; ε – потенциал Поляни (кДж/моль), отражающий изотермическую работу переноса одного моля иона металла из объема равновесного раствора к поверхности сорбента.

Параметры уравнения Дубинина-Радушкевича для изучаемых ионов ТМ, вычисленные методом наименьших квадратов, представлены в таблице 2. Аналогично классическим моделям адсорбции данная теория фиксирует более высокую поглотительную способность почвы по отношению к катионам цинка, меди и хрома по сравнению с анионами с разницей в несколько порядков. Величина свободной энергии адсорбции меди, хрома и цинка (>8 кДж/моль) указывает на химическую природу связи ППК – металл (табл. 2).

Величины свободной энергии арсенит- и бихромат-ионов характеризуют адсорбционный процесс как чисто физический, что и обуславливает высокую подвижность анионов в почве.

Константы рассматриваемых моделей адсорбции свидетельствуют о прочном фиксировании ППК дерново-карбонатной почвы катионов ТМ в отличие от анионов. Связь исследуемых катионов ТМ с ППК почвы имеет химическую природу, в то время как процесс сорбции анионов является физическим. Исследование параметров адсорбционных процессов позволяет предсказывать поведение поллютантов в почвенном покрове, на основе которых можно корректировать подходы в осуществлении пробоотбора при проведении экологического мониторинга, чтобы избежать потери подвижных поллютантов.

Библиографический список

1. Федеральная целевая программа Российской Федерации «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации», утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 марта 1996 г. № 305.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
3. М-02-902-125-2005. Методика количественного химического анализа. Определение As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn (кислоторастворимые формы) в почвах и донных отложениях атомно-абсорбционным методом. СПб., 2005. 28 с.
4. Петров В. Г., Шумилова М. А. Способ исследования особенностей поведения загрязняющих веществ в почвах. Патент РФ на изобретение № 2590554 от 19.12.14.
5. Химический анализ почв. Вопросы и ответы : учеб. пособие / Л. А. Воробьева, Д. В. Ладонин, О. В. Лопухина, Т. А. Рудакова, А. В. Кирюшин. М. : МГУ, 2012. 186 с.
6. Петров В. Г., Шумилова М. А. Устройство для мониторинга промышленного загрязнения почвы и грунтовых вод. Патент РФ на изобретение № 2595653 от 15.12.14.
7. Пинский Д. Л. Ионнообменные процессы в почвах. Пушкино : Ин-т почвоведения и фотосинтеза РАН: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. 166 с.
8. Langmuir I. The Constitution and Fundamental Properties of Solids and Liquids // J. Am. Chem. Soc. 1916. Vol. 38. No. 11. P. 2221–2295.
9. Freundlich H. M. F. Over the Adsorption in Solution // J. Phys. Chem. 1906. Vol. 57. P. 385–471.
10. Дубинин М. М., Радушкевич Л. В. К вопросу об уравнении характеристической кривой для активных углей. // Докл. АН СССР. 1947. Т. 55. С. 331–334.

ПОЛУЧЕНИЕ ГУМИНОВЫХ И ГИМАТОМЕЛАНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ ОТХОДОВ БУРЫХ УГЛЕЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОДЕГРАДАЦИИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

*И. А. Потапова, Е. В. Ниелина, Н. В. Прохорова
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, potap59.59@mail.ru*

Представлены результаты эксперимента по изучению влияния гуминовых веществ (ГВ) на скорость разложения нефти в почве. Подтверждена способность ГВ, выделенных из бурого угля по авторской методике, интенсифицировать биodeградацию нефти в течение первых двух недель эксперимента. Однако увеличение продолжительности эксперимента до 8 недель сопровождалось снижением влияния гуминовые препараты на степень биоразложения, поэтому рекомендуется вносить гуминовый концентрат по мере снижения его влияния на процесс биоразложения нефти.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, детоксикация земель, гуминовые вещества, бурый уголь.

Гуминовые вещества (ГВ), образующиеся в почвах, торфах, углях, других природных телах, накапливают элементы питания и энергию, участвуют в миграции катионов, снижают негативное действие токсичных веществ, влияют на развитие организмов и тепловой баланс [1].

В настоящее время накоплен обширный материал, подтверждающий положительные биологические свойства гуминовых кислот (ГК).

В нефтеперерабатывающей промышленности ГК применяют для рекультивации нефтезагрязненных земель. В связи с этим имеется большая потребность в эффективных, экологически безопасных препаратах для рекультивации нефтезагрязненных земель, какими и являются препараты на основе гиматомелановых кислот и метилольные производные гуминовых и гиматомелановых кислот.

Наличие в молекулах ГВ ароматического каркаса, замещенного функциональными группами, такими как карбоксильные, гидроксильные, карбонильные, азот и серосодержащие, обуславливает их способность вступать в реакции окисления-восстановления и комплексообразования.

Указанные свойства определяют возможность практического применения ГВ в качестве редокс- и комплексообразующих агентов при проведении рекультивации загрязненных металлами сред.

Гуминовые препараты (ГП), которые могут образовать комплексы с металлами [2], в промышленности получают из природных ресурсов (торфа, угля, донных отложений, органических отходов и др.), поэтому они в большой степени наследуют свойства гуминовых веществ исходного сырья.

Они используются как препараты для детоксикации, рекультивации и ремедиации загрязненных и деградированных почв, а также как мелиоранты и стимуляторы роста растений, повышающие способность растений противостоять засухе, болезням, переувлажнению, переносить повышенные дозы солей азота в почве [3], образуют комплексы с тяжелыми металлами и некоторыми веществами антропогенного происхождения, снижая их токсичность [4].

Гуминовые вещества имеют прямое или косвенное влияние на растения. Благодаря их косвенному влиянию происходит активизация микрофлоры, улучшение водно-физических свойств почвы, повышение эффективности использования минеральных удобрений, а также изменены миграции питательных элементов. Немаловажным аспектом является связывание токсических реагентов (тяжелых металлов, пестицидов, гербицидов и др.). Прямое воздействие заключается в разносторонней регуляции процессов роста и развития растений [5].

Перспективность практического использования гуминовых веществ определяется тем, что они содержатся в буром угле как отходе производства, торфе, сапропеле и другие каустобиолитах, запасы которых достаточно велики.

В связи с этим были проведены исследования по определению степени влияния гуминовых препаратов на эффективность биodeградации нефтяного загрязнения почв [6–10].

Исследования проводились в полевых и лабораторных условиях. На 165 км нефтепровода «Куйбышев – Лисичанск» на месте аварии, произошедшей 01.01.2017 г., были выбраны 3 пробные площади: пробная площадь 1 – контрольный образец, пробная площадь 2, 3 – опытные образцы. На каждой пробной площади были отобраны почвенные образцы для лабораторных исследований и помещены в лотки размерами 10*15 см: один лоток контрольный и два – с добавлением гуминового концентрата.

Объектами исследования служили: чистая почва, нефтезагрязненная почва, отобранная на месте аварии, гуминовые вещества, которые выделяли из бурых углей и впоследствии добавляли к нефтезагрязненной почве.

В данной работе использована авторская методика получения гуминовых и гиматомелановых кислот из бурого угля [11]. Установлено, что наиболее полное выделение гуминовых кислот из бурых углей происходит при экстракции 4% раствором NaOH, оптимальное время экстракции – 4 часа при температуре 80 °С.

Для проведения эксперимента были приготовлены модели:

Модель 1: незагрязненный грунт – контрольная площадка (К).

Модель 2: нефтезагрязненный грунт до обработки ГК.

Модель 3: нефтезагрязненный грунт + жидкий гуминовый концентрат, вносимый в начале первой, третьей и пятой недели.

Продолжительность эксперимента составила 8 недель.

Жидкий гуминовый концентрат (4% раствор гумата калия) вносился в загрязненную почву. В течение всего эксперимента площадки поливались водой. Пробы отбирали из каждого лотка методом конверта по пятиточечной схеме до внесения и раз в 2 недели после внесения гуминового концентрата.

Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица

Изменение содержания нефтепродуктов в загрязненном грунте

Хронология эксперимента	Контрольная проба, мг/кг	Проба № 1, мг/кг	Проба № 2, мг/кг
Начало эксперимента	6413	6413	6413
Вносимый ГК	0	0,001 мл	0,001 мл
Через 2 недели	6189	4325	4378
Вносимый ГК	0	0	0
Через 4 недели	6106	2753	1013
Вносимый ГК	0	0	0,001
Через 8 недель	6008	1326	620
% очистки	6	79	90

В отсутствие внесенного гуминового концентрата (отрицательный контроль) степень разложения нефти оставалась практически постоянной на протяжении всего эксперимента и составляла в среднем 6%. Однократное внесение гуминового концентрата (положительный контроль) приводило к возрастанию степени разложения нефти с 32% – за первые две недели до 79% – к моменту окончания эксперимента. Периодическое внесение гуминового концентрата (положительный контроль) приводило к более существенному возрастанию степени разложения нефти: к моменту окончания эксперимента – до 90%.

Внесение ГК способствовало интенсификации биодegradации нефти в течение первых двух недель эксперимента. Однако увеличение продолжительности эксперимента до 8 недель сопровождалось снижением влияния ГП на степень биоразложения, поэтому более выгодно вносить гуминовый концентрат по мере снижения его влияния.

Обработка загрязненных нефтепродуктами почв гуминовым концентратом (ГК) обеспечивает эффективную сорбцию углеводородов и активизацию микробиологических процессов, в результате чего происходит ускоренная деструкция нефтепродуктов и очистка почвы, улучшаются основные агрохимические свойства и повышается плодородие почв. Достоверное снижение фитотоксичности почв подтверждено биотестированием.

Использование гуминового концентрата уменьшает токсическое воздействие нефти, приближая показатели загрязнения грунта к фоновым на 8 недель раньше, чем в нефтезагрязненном грунте, не обработанном гуминовыми препаратами.

Библиографический список

1. Орлов Д. С Гуминовые вещества в биосфере // Статьи Соровского Образовательного журнала в текстовом формате. Химия. М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, 1997. [Элек-

тронный ресурс]. – URL: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/260.html> (дата обращения: 01.11.2021).

2. Пигорев И. Я., Лежнина А. В. Применение гуминовых препаратов на объектах КМА // Инновационные технологии в сельском хозяйстве : материалы I Междунар. науч. конф. (г. Москва, июнь 2015 г.). М. : Буки-Веди, 2015. С. 22–25.

3. Перминова И. В., Жилин Д.М. Гуминовые вещества в контексте зеленой химии / под ред. В. В. Лунина и др. // Зеленая химия в России : сб. науч. статей. М. : Изд-во МГУ, 2004. С. 146–162.

4. Schnitzer M., Khan S. U. Humic substances in the environment. N. Y., Marcel Decker. 1972. P. 12–17.

5. Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л. : Гидрометеиздат, 1986. С. 268.

6. Аввакумова Н. П. Природа защитного действия гуминовых веществ различного генезиса // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. № 1(8). Т. 14. С. 2104–2107.

7. Салем К. М. и др. Биорекультивация нефтезагрязненных почв гуминовыми препаратами // Экология и промышленность России. М. : Наука, 2003. № 4. С. 67–73.

8. Глебова Г. И. Гиматомелановые кислоты и их место в системе гумусовых веществ : автореф. дис. М. : МГУ, 1980. 23 с.

9. Использование гуминовых препаратов при биорекультивации нефтезагрязненных почв / М. Салеем Каид, И. В., Перминова Н. Ю. Гречищева, В. П. Муригина, С. В. Мещеряков. М. : Наука, 2003. 58 с.

10. Изучение детоксицирующей способности гуминовых препаратов по отношению к нефтяному загрязнению почв / М. Салеем Каид, И. В. Перминова, Н. Ю. Гречищева, С. В. Мещеряков. М. : Наука, 2003. 50 с.

11. Выделение гуминовых кислот из бурых углей и их применение для рекультивации нефтезагрязненных земель / И. А. Потапова, В. В. Вишняков, П. П. Пурыгин, С. А. Симакова, Д. В. Воробьев, В. Н. Ушакова // Известия Самарского научного центра РАН. Специальный выпуск «XIII конгресс Экология и здоровье человека». 2008. Т. 1. С. 215–218.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ТОРФА НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ

К. И. Южанин, Н. В. Сырчина

Вятский государственный университет, 0073158@mail.ru

Измеряемые значения удельной электропроводности (κ) торфа зависят от исходной влажности отобранных проб. Чем выше влажность пробы, тем ниже значения κ водной вытяжки. Фильтрация приготовленной водной вытяжки приводит к повышению рН и снижению измеряемых значений κ . Существенное влияние на результаты измерений κ оказывает наличие в вытяжке не только минеральных солей, но и гумусовых веществ.

Ключевые слова: торф, качество торфа, удельная электропроводность, прямая кондуктометрия, влажность торфа.

В число важнейших показателей, характеризующих качество торфа и торфяных питательных грунтов (субстратов), входит удельная электропроводность (κ) водной вытяжки (ВВ), для определения которой применяется метод прямой кондуктометрии. Кондуктометрический метод прост и удобен в работе, не требует сложного оборудования и позволяет достаточно быстро получать информацию о содержании в субстрате электролитов. Растворы электролитов относятся к проводникам второго рода – ионным проводникам. Чем выше концентрация (C) ионов в растворе и чем слабее взаимодействие между носителями заряда, тем выше κ . В достаточно разбавленных растворах повышение концентрации ионов сопровождается ростом κ , что позволяет на основе измерений электропроводности судить о содержании растворимых солей в торфе или торфяных грунтах [1].

Согласно ГОСТ 27894.9-88 измерение κ торфов низкой степени разложения следует проводить в ВВ из торфа натуральной влажности, при этом измельченный торф и вода смешиваются в объемном отношении 1:5. Торф является сложной многокомпонентной полидисперсной системой, свойства которой существенно зависят от влажности [2]. Обезвоживание приводит к повышению гидрофобности торфа и затруднению перехода гидрофильных коллоидно-дисперсных компонентов (в том числе гумусовых кислот) в водную вытяжку, что не может не отразиться на величине κ . Вместе с тем соответствующий факт в методических руководствах по выполнению измерений практически не учитывается.

Цель настоящей работы состояла в изучении влияния влажности торфа и способа подготовки водной вытяжки на результаты измерения удельной электропроводности.

Для проведения исследований использовали образцы фрезерного верхового торфа низкой степени разложения (зольность – $4,33 \pm 0,15\%$), отобранные в июне 2021 г. на месторождении «Пищальское» Оричевского района Кировской области. Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 11305-2013; зольность – по ГОСТ 11306-2013; pH_{H_2O} – потенциометрическим методом в ВВ, приготовленной по ГОСТ 27894.9-88; электропроводность по ГОСТ 27894.9-88; насыпную плотность – по ГОСТ 13673-2013.

Массовая доля влаги в отобранных образцах составляла 88,4%. Для снижения влажности торф подсушивали в сушильном шкафу при температуре $50 \pm 2^\circ C$. Пробы для выполнения анализов отбирали на разных стадиях обезвоживания образцов с предварительным усреднением. Процесс высушивания заканчивали при достижении постоянной массы образцов. Для приготовления ВВ использовали деионизированную воду ($\kappa=0,25$ мкСм/см).

Измерения κ и pH проводили в нефльтрованных (суспензиях) и фильтрованных через беззольный фильтр (фильтратах) вытяжках. В процессе фильтрования из ВВ частично удалялись коллоиднодисперсные гумусовые вещества. Полученные данные статистически обрабатывали в программе «Microsoft Excel». В таблице приведены средние значения и стандартные отклонения величин.

Водные вытяжки, полученные из торфа натуральной влажности, имели более темную окраску, чем ВВ, полученные из высушенных образцов. Темный цвет ВВ вытяжек из влажного торфа обусловлен более высоким содержанием дисперсных частиц (преимущественно коллоидных частиц гумусовых кислот). Вытяжки из подсушенных проб были более прозрачными и светлыми, что свидетельствовало о меньшем содержании в них гумусовых соединений.

В таблице приведены результаты измерения κ и рН фильтратов и суспензий, приготовленных из проб торфа различной влажности.

Таблица

Удельная электропроводность и рН суспензий и фильтратов, приготовленных из торфа различной влажности

№	Время отбора проб, ч	Насыпная плотность, г/см ³	Влажность, %	Удельная электропроводность, мкСм/см		рН, ед. рН	
				суспензия	фильтрат	суспензия	фильтрат
1	0	0,316±0,021	88,40	17,68±1,03	16,81±1,12	4,39±0,05	6,33±0,07
2	1	0,196±0,002	80,94	20,17±1,65	22,47±1,32	4,44±0,06	5,99±0,04
3	2	0,167±0,008	75,11	21,01±1,54*	19,80±1,32	3,99±0,04	6,09±0,04
4	4	0,062±0,003	18,15	27,04±2,01	20,52±1,38	4,31±0,07	5,49±0,05
5	6	0,060±0,001	13,07	34,13±2,86	24,89±2,01	4,07±0,07	4,77±0,05

Примечание: * жирным шрифтом выделены статистически значимые различия показателей образцов торфа натуральной влажности и образцов, отобранных на разных стадиях высушивания ($P > 0,95$).

Согласно результатам исследований подсушивание торфа (снижение ρ) привело к повышению κ водных вытяжек. Электропроводность суспензий высушенного при температуре 50°C до постоянной массы торфа была практически в 2 раза выше, чем суспензий из торфа натуральной влажности (88,4%). Коэффициент корреляции (r) между ρ и κ суспензии составил – 0,87; фильтрата – -0,74. Значительная отрицательная корреляция наблюдалась между κ и рН фильтратов ($r = -0,82$), в суспензиях соответствующая зависимость не выявлена.

Полученные в ходе исследований данные свидетельствуют о значительном влиянии коллоидно-дисперсных компонентов на удельную электропроводность и рН водных вытяжек из торфа. Содержащиеся в суспензии отрицательно заряженные дисперсные частицы [3] сорбируют ионы проводимости противоположного знака, снижая таким образом измеряемые значения κ . Высокая влажность торфа способствует пептизации коллоидов, поэтому значения κ , полученные при исследовании таких образцов, могут иметь более низкие значения по сравнению с образцами торфа меньшей влажности. На κ ВВ из проб кислого низкоминерализованного торфа заметное влияние может оказать процесс фильтрования, приводящий к снижению рН. Наличие гумусовых компонентов в суспензии способствует получению более низких измеряемых значений удельной электропроводности и может привести к суще-

ственным ошибкам в определении содержания растворимых солей по результатам измерения электропроводности торфа.

Результаты выполненных исследований показывают, что различная влажность отобранных для анализа образцов торфа из одной партии может привести к получению различных значений электропроводности. Данный факт следует учитывать при выборе методик проведения аналитических испытаний.

Библиографический список

1. Использование метода кондуктометрии для оценки качества субстратов на основе верхового торфа / В. В. Носников, И. В. Соколовский, А. А. Домасевич, А. В. Юренин, А. М. Граник, О. А. Селищева, А. В. Романчук // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2018. № 2 (210). С. 91–97.

2. Гамаюнов Н. И., Гамаюнов С. Н. Осмотический массоперенос в торфе // Вестник ТГПУ. 2008. № 4. С. 15–21.

3. Электрокинетические свойства гуминовых веществ / Л. Г. Сивакова, Г. М. Ротова, Н. П. Лесникова, Н. М. Ким // Вестник КузГТУ. 2009. № 2. С. 153–155.

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ БИОЦЕНОЗАМИ

Л. Д. Стахурлова, А. М. Бахтин
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
stakhurlova@rambler.ru

Показано положительное влияние длительного окультуривания на агрохимические свойства дерново-подзолистых почв. В пахотном слое повышается содержание гумуса и степень насыщенности основаниями, снижается актуальная кислотность почвенного раствора, увеличивается содержание подвижного фосфора и обменного калия.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, биоценозы, плодородие, гумус, кислотность, элементы питания.

Агрохимические свойства – это одна из основных агроэкологических характеристик почвы, включающая совокупность показателей эффективного плодородия почвы: запасы питательных веществ, их распределение по профилю, пространственно-временное варьирование в почве и доступность для растений. Большая часть пахотных почв приходится на Нечерноземную зону, которую по праву можно считать основным пахотным фондом Российской Федерации. Дерново-подзолистые почвы таежно-лесной зоны в различных отраслях народного хозяйства определяют принципиальную направленность производственной деятельности человека. Однако их использование в сельском хозяйстве невозможно без внедрения различных агротехнических прие-

мов, важными из которых считают известкование, внесение минеральных и органических удобрений [1].

Целью настоящих исследований было выявление особенностей агрохимических свойств дерново-подзолистых почв под различными биоценозами на примере УО ПЭЦ МГУ «Чашниково» Московской области.

Объектом исследования служили слабодерновые и дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоленности и оглеенности на покровных суглинках и глинах, подстилаемых моренными отложениями, под различными биоценозами (хвойный лес, сенокос, пашня, залежь).

Среди агрохимических показателей чаще определяют содержание гумуса, сумму обменных оснований, кислотность. В исследованиях использовали общепринятые методы: определение гумуса по И.В. Тюрину, обменных оснований – комплексонометрически, $pH_{вод}$ – потенциометрически, гидролитическую кислотность определяли методом Каппена, подвижный фосфор по Чирикову, обменный калий по Масловой [1].

Устойчивость почв к различным факторам воздействия зависит от содержания гумуса и состояния почвенно-поглощающего комплекса (ППК). Дерново-подзолистые почвы характеризуются как малогумусные с низкой емкостью катионного обмена. Содержание гумуса в верхних горизонтах исследуемых почв варьировало от 2,2% до 3,6% (табл.). Вниз по профилю его количество заметно снижается, что объясняется генезисом этого почвенного типа. В результате длительной распашки, внесения удобрений, мелиорантов профиль дерново-подзолистых почв существенно трансформируется. Важнейшие генетические и диагностические горизонты (подстилка, гумусовый, частично или полностью элювиальный горизонт) замещаются гомогенным пахотным горизонтом. Происходит постепенная нивелировка по ряду свойств пахотных подзолистых, дерново-подзолистых и отчасти серых лесных почв, которая возрастает по мере их окультуривания.

Таблица

Показатели плодородия дерново-подзолистых почв под различными биоценозами

Вариант	Глубина, см	Гумус, %	pH	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Нг	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль (экв) /100 г			мг/100 г	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Опушка хвойного леса	6-12	3,04	5,26	13,8	8,4	62,2	5,7	8,3
	12-22	2,73	5,10	9,7	7,1	57,7	5,2	7,5
	22-39	1,31	5,27	9,5	5,8	62,1	4,3	4,6
	39-58	0,41	5,13	10,2	5,1	68,6	3,5	7,5
	58↓	0,29	5,95	8,2	4,5	64,6	2,9	12,5
Лес (ель-ник)	6-15	2,21	4,62	12,0	6,9	63,5	3,1	3,4
	15-21	1,87	4,75	11,6	6,6	63,7	2,8	5,1
	21-31	1,23	4,99	10,8	6,0	64,3	2,3	5,7
	31-45	0,48	5,03	10,7	5,2	67,3	2,1	7,2
	45↓	0,39	5,02	9,8	4,3	69,5	1,6	10,0

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сенокос	9-17	2,50	5,55	11,8	5,3	69,0	8,7	9,3
	17-24	1,53	5,53	10,6	5,1	67,5	7,6	8,2
	24-36	1,21	5,79	7,6	3,6	67,9	7,2	10,0
	36-85	0,39	6,12	8,3	2,8	74,8	7,4	10,0
	85↓	0,35	6,66	7,6	2,6	74,5	5,8	13,6
Пашня (посевы картофеля)	0-30	3,63	5,92	13,4	3,5	79,3	17,3	24,6
	30-44	1,27	6,48	11,8	2,8	80,8	12,2	13,2
	44↓	0,78	6,25	8,8	2,6	77,2	7,2	10,7
Залежь	4-16	3,27	6,52	14,1	4,0	77,9	13,5	12,3
	16-34	2,93	6,54	12,9	3,3	79,6	11,2	12,8
	34-44	1,44	6,66	12,8	3,2	80,0	8,1	10,0

Так, в почвах пашни по сравнению с почвами под лесом в 1,6 раза увеличилось количество гумуса, причем во всем пахотном горизонте до 30 см, глубже наблюдается резкое падение его количества. В почвах старопахотного участка, находящегося в настоящее время в залежи, содержание гумуса в аккумулятивном горизонте незначительно отличается от пахотного участка, но его количество равномерно снижается вниз по профилю (табл.).

Промывной тип водного режима приводит к выносу солей из верхней части почвенного профиля, способствует выходу в раствор поглощенных Ca^{2+} и Mg^{2+} в обмен на катионы водорода. Под различными биоценозами сумма обменных оснований – кальция и магния не превышала 14 ммоль (экв)/100 г.

Актуальная кислотность верхних слоев почв изменялась от кислой под естественными биоценозами до слабо кислой в почвах пашни и залежи. Окультуривание способствовало снижению гидролитической (скрытой) кислотности.

На рост, развитие и качество урожая сельскохозяйственных культур большое влияние оказывает питание их фосфором. Однако этот элемент находится в почве главным образом в виде нерастворимых, малодоступных для растений минеральных и органических соединений. В основе первых лежат ортофосфаты кальция, железа и алюминия, причём фосфаты кальция преобладают в чернозёмных почвах, имеющих близкую к нейтральной реакцию среды, фосфаты железа и алюминия – в почвах с кислой реакцией. Дерново-подзолистые почвы естественных биоценозов имеют низкую степень обеспеченности подвижными фосфатами, их количество не превышало 10 мг/100 г почвы (табл.1). Иная картина наблюдается в почвах пахотных и старопахотных вариантов. Количество подвижного фосфора в верхних слоях увеличивается более чем в 4 раза по сравнению с почвами под лесом. По степени обеспеченности подвижными фосфатами окультуренные почвы переходят в группу среднеобеспеченных почв для выращивания корнеплодов и картофеля, и высокообеспеченных для выращивания зерновых и зернобобовых культур [2].

Для калийного питания растений наибольшую практическую ценность представляют водорастворимые и обменные формы соединений калия. Содержание водорастворимого калия в почвах незначительно и не может объективно характеризовать обеспеченность растений калием, поэтому о его запасах в почве судят по количеству в ней обменного калия [1]. Дерново-подзолистые почвы естественных биоценозов имеют очень низкую степень обеспеченности калием – менее 10 мг/100 г почвы (в вытяжке Масловой). Почвы пашни переходят в группу высокообеспеченных калием для выращивания трав, зерновых, корнеплодов и картофеля (табл.1).

Таким образом, согласно результатам исследований агрохимических свойств дерново-подзолистых почв УО ПЭЦ МГУ «Чашниково» Московской области почвы под различными биоценозами характеризуются как малогумусные. В верхних гумусово-аккумулятивных слоях его содержание не превышает 4%. В горизонтах с явными признаками оподзоливания его количество резко снижается. Выявлено низкое содержание суммы кальция и магния. Под естественными лесными насаждениями обнаружена высокая актуальная и гидролитическая кислотность, низкая степень обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием. Окультуривание дерново-подзолистых почв способствует увеличению количества гумуса, оптимизации кислотности. По содержанию P_2O_5 и K_2O почвы пашни переходят в группу высокообеспеченных этими элементами почв, пригодных для выращивания трав, зерновых и зернобобовых, корнеплодов и картофеля. Полученные результаты исследований могут быть использованы службой агроэкологического мониторинга для прогнозирования состояния почвенного покрова южной подзоны таежно-лесной зоны.

Библиографический список

1. Воробьева Л. А. Химический анализ почв. М. : МГУ, 1998. 272 с.
2. Минеев В. Г. Агрохимия. М. : Изд-во МГУ, 2004. 720 с.
3. Почвоведение с основами растениеводства / А. П. Щербаков, Н. А. Протасова, А. Б. Беляев, Л. Д. Стахурлова. Воронеж : Изд-во Воронежского университета, 1996. 236 с.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ *MELISSA OFFICINALIS* L. ПОД ДЕЙСТВИЕМ *FUSARIUM CULMORUM* И ЕГО АНТАГОНИСТОВ

**А. И. Фокина¹, С. Г. Скугорева², М. А. Загоскин¹,
П. И. Гущина¹, Я. Ю. Благодатских¹**

¹ Вятский государственный университет, annushka-fokina@mail.ru

² ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, skugoreva@mail.ru

Внесение в грунт фитопатогенного гриба *Fusarium culmorum* приводит к окислительному стрессу растений мелиссы лекарственной, о чем свидетельствует увеличение содержания малонового диальдегида. Активация процессов перекисного окисления липидов вызывает отклик антиоксидантной си-

стемы: возрастает содержание фенольных соединений и суммы антиоксидантов в растениях. Цианобактерия *Fischerella muscicola* и микромицет *Trichoderma veride* снижают действие фитопатогена, однако их присутствие в среде выращивания Melissa приводит к накоплению фузариотоксина зеараленона.

Ключевые слова: мелисса, *Fusarium*, антагонисты, зеараленон, фенольные соединения, перекисное окисление липидов.

Мелисса лекарственная (*Melissa officinalis* L.) – одно из самых востребованных лекарственных растений. Качество растительного сырья зависит от состава субстрата, в том числе присутствия в нем различных микроорганизмов (МО). Продуктивность растений напрямую связана с их устойчивостью к фитопатогенам. Фитопатогенные МО синтезируют токсины, способные подавлять и задерживать рост растений. К таким МО относятся микромицеты рода *Fusarium*, широко распространенные в почвах и продуцирующие более 150 токсинов, в том числе зеараленон, накапливающиеся в растениях. Фузариотоксин зеараленон – лактон 6-(10-гидрокси-6-оксо-транс-1-ундеценил)- β -резорциновой кислоты обладает сильным эстрогенным действием [1]. Биологическая активность зеараленона обусловлена тем, что по своей химической структуре он похож на естественные эстрогеноподобные соединения, в результате чего в организме млекопитающих он способен встраиваться в α -эстрогенные (hER α) и андрогенные рецепторы (hAR) [2]. Это приводит к нарушениям синтеза, метаболизма или транспорта гормонов, влияющих на гомеостаз, рост и репродуктивные функции человека и животных [3].

Одним из основных механизмов поражения растений фитопатогенами является окислительный стресс, в основе которого лежит резкое усиление окислительных процессов в организме при недостаточном функционировании антиоксидантной системы [4]. В результате стресса усиливается образование свободных радикалов, которые индуцируют процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) и вызывают развитие деструктивных процессов, как на уровне клетки, органа, так и всего организма. Первичными продуктами ПОЛ являются диеновые конъюгаты и гидроперекиси, вторичными – спирты, кетоны, альдегиды, диальдегиды и др. Среди диальдегидов особый интерес представляет малоновый диальдегид (МДА), который служит маркером степени эндогенной интоксикации. По содержанию МДА в клетках растений можно судить об интенсивности ПОЛ.

Фенольные соединения (ФС) являются одними из наиболее мощных природных антиоксидантов. Антиоксидантные свойства ФС – восстановителей обусловлены их способностью служить «ловушками» для свободных радикалов [5]. Фенольные соединения способны взаимодействовать с гидроксильным (LO \bullet) и пероксильным (LOO \bullet) радикалами липидов, благодаря их способности отдавать электроны (или атомы водорода). В результате образуются радикалы фенолов – феноксилы, которые не участвуют в распространении окислительного процесса.

Подавлять развитие МО-фитопатогенов могут их антагонисты. Посредством выделения в окружающую среду различных химических соединений, антагонисты *F. culmorum* такие, как цианобактерия (ЦБ) *Fischerella muscicola* и микромицет *Trichoderma viride* способны влиять на рост фитопатогена и выработку им токсинов. Например, микромицеты рода *Trichoderma* вырабатывают фунгициды – антрахиноны: пахибазин, хризофанол, эмодин, ω-гидроксипахибазин, 1,5- и 1,7-дигидрокси-3-гидроксиметил-9,10-антрахиноны, которые способствуют закручиванию гиф микромицета вокруг гриба и способствуют его уничтожению (патогенез) [6]. Цианобактерии синтезируют разнообразные циклические липопептиды, обладающие фунгицидной активностью, действуя через холестерин- и эргостерин-зависимое разрушение мембран [7]. Однако сведения о влиянии фитопатогена *F. culmorum* в монокультуре и в присутствии его антагонистов – *F. muscicola* и *T. viride* на биохимические процессы в мелиссе лекарственной отсутствуют.

Поэтому целью данной работы стало количественное определение фузариотоксина зеараленона, фенольных соединений, суммы антиоксидантов и малонового диальдегида в мелиссе лекарственной, выращенной на субстратах, контаминированных фитопатогеном *F. culmorum* и его антагонистами – *F. muscicola* и *T. viride*.

Семена мелиссы лекарственной сорта «Лимонный аромат» проращивали в стерильных условиях в чашках Петри на увлажненной дистиллированной водой фильтровальной бумаге в течение 7 суток. Далее растения пересаживали в питательный грунт. Перед посадкой растений в грунт вносили суспензии микромицетов *F. culmorum* ($T = (5,0 \pm 0,1) \cdot 10^9$ кл./см³, 1 см³ на 60 г грунта), *T. viride* ($T = (5,0 \pm 0,1) \cdot 10^9$ кл./см³, 5 см³ на 60 г грунта), а также ЦБ *F. muscicola* ($T = (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^9$ кл./см³, 5 см³ на 60 г грунта). Схема опыта: 1) контроль (без добавок МО); 2) *F. culmorum*; 3) *F. culmorum* + *F. muscicola*; 4) *F. culmorum* + *T. viride*; 5) *F. culmorum* + *F. muscicola* + *T. viride*. Исследования проводили в двух сериях опытов, отличающихся между собой температурным режимом: серия № 1 – 21 ± 1 °С, серия № 2 – 29 ± 3 °С. В обеих сериях опыта контролировали смену дня и ночи (12 ч/12 ч). Через 2 месяца выращивания растений после посадки семян определяли содержание ФС в листьях мелиссы спектрофотометрическим методом с реактивом Фолина-Чокальтеу. Содержание МДА определяли методом спектрофотометрии с тиобарбитуровой кислотой, антиоксидантную активность (АОА) спиртовых вытяжек – методом кулонометрии. Содержание зеараленона определяли спектрофлуориметрическим методом.

В ходе исследования установлено, что внесение в грунт суспензии мицелия *F. culmorum* инициировало развитие окислительных процессов в клетках мелиссы (табл. 1). Концентрация МДА в листьях мелиссы в варианте № 2 (только с внесением *F. culmorum*) была в 1,8 выше, чем в контроле. В вариантах с внесением в грунт МО-антагонистов в растениях отмечали снижение накопления МДА практически до контрольных значений. В меньшей степени данный эффект проявился в варианте № 4 с внесением *T. viride*, что, вероятно,

обусловлено, относительно невысокой антагонистической активностью данного МО по отношению к *F. culmorum*. В большей степени снижает интенсивность ПОЛ у растений, обусловленной микромицетом, внесение в грунт *F. muscicola* (варианты № 3 и № 5).

В ответ на действие стресс-фактора активируется работа защитной системы организма, что проявляется в синтезе антиоксидантов. Общее содержание антиоксидантов в листьях Melissa при внесении в грунт суспензии мицелия *F. culmorum* (вариант № 2) было выше в 1,6 раза по сравнению с контролем. Использование МО-антагонистов значительно снижало данный показатель. В вариантах № 4 и № 5 АОА растений незначительно превышала контроль. При внесении в грунт *F. muscicola* (вариант № 3) значение общего содержания антиоксидантов было ниже контроля в 1,6 раза.

Активация процессов ПОЛ в растительных клетках приводила к накоплению ФС. С ростом температуры происходило усиление метаболизма растений, что приводило к росту содержания ФС. Так, при температуре 29 °С значения концентрации ФС в растениях Melissa были в 3,8–9,0 раз выше, чем при температуре 21 °С (табл. 1). В литературных источниках есть подтверждение тому, что температурный стресс влияет на антиоксидантную систему растений. Установлено, что при действии повышенных температур происходит рост активности и появление множественных форм ферментов в растениях [8], что объясняется увеличением метаболизма.

Существует прямая корреляционная зависимость между содержанием ФС и МДА ($r = 0,69$), ФС и АОА ($r = 0,84$), МДА и АОА ($r = 0,69$), что указывает на активацию антиоксидантной системы растений (накопление антиоксидантов и ФС) в условиях окислительного стресса.

Таблица 1

Влияние микроорганизмов на содержание полифенолов, малонового диальдегида и антиоксидантов (АО) в растениях Melissa

№	Варианты опыта	С (МДА),	АО,	ФС,	
		мкмоль/г	мг рутина/г	мг галловой кислоты/г	
		29 °С	29 °С	21 °С	29 °С
1	Контроль	4,02±0,32	46,4±2,6	7,4±0,04	50,9±0,6
2	<i>F. culmorum</i>	7,21±0,22	75,0±1,6	24,9±2,9	93,5±1,5
3	<i>F. culmorum</i> + <i>F. muscicola</i>	4,6±1,0	29,3±0,6	14,00±0,10	59,2±0,4
4	<i>F. culmorum</i> + <i>T. viride</i>	5,35±0,26	52,0±1,6	13,3±0,6	64,9±3,2
5	<i>F. culmorum</i> + <i>F. muscicola</i> + <i>T. viride</i>	4,30±0,29	60,0±0,8	9,40±0,06	84,3±0,3

Установлено, что в присутствии в среде произрастания лекарственного растения антагонистов фитопатогена наблюдается увеличение накопления в растениях зеараленона (табл. 2). Причем наибольшее влияние на фитопатоген оказала ЦБ, вызвав увеличение содержания зеараленона в Melissa, выращенной при 21 °С в 17 раз, а при 29 °С – в 5 раз по сравнению с вариантом с *F. culmorum* без добавления антагонистов. При этом аналогичный показатель в варианте с добавлением *T. viride* изменился в сторону возрастания в

11 (21 °С) и 3 (29 °С) раза соответственно. Усиление накопления зearаленона может быть связано не только с антагонистическими отношениями данных МО и *F. culmorum*, но и с неизбежным накоплением токсина из грунта за счет улучшения процессов поступления веществ в растения. Взаимосвязи между содержанием зearаленона и МДА в растениях не установлено, что свидетельствует о непричастности данного токсина к появлению окислительного стресса. Повышение температуры уменьшает накопление зearаленона.

Таблица 2

Содержание зearаленона в мелиссе лекарственной, мг/г

№	Варианты опыта	Температура	
		21 °С	29 °С
1	Контроль	1,54±0,39	ниже предела обнаружения
2	<i>F. culmorum</i>	3,7±1,0	2,81±0,11
3	<i>F. culmorum</i> + <i>F. muscicola</i>	64±6	14,99±0,14
4	<i>F. culmorum</i> + <i>T. viride</i>	39,31±0,12	7,25±0,09
5	<i>F. culmorum</i> + <i>F. muscicola</i> + <i>T. viride</i>	21,2±3,4	**

Примечание: ** – данные отсутствуют.

Таким образом, установлено, что присутствие фитопатогена *F. culmorum* приводит к окислительному стрессу, выражающемуся в увеличении количества МДА в растениях мелиссы. Активация процессов ПОЛ привела к отклику антиоксидантной системы, возросло содержание фенольных соединений и суммы антиоксидантов. *F. muscicola* и *T. viride* снижают действие фитопатогена, однако их присутствие в среде выращивания мелиссы приводит к накоплению фузариотоксина зearаленона.

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

Библиографический список

1. Zain M. E. Impact of mycotoxins on humans and animals // Journal of Saudi Chemical Society. 2011. Vol. 15. P. 129–144. doi: 10.1016/j.jscs.2010.06.006
2. Assessment of estrogenic and anti-androgenic activities of the mycotoxin zearalenone and its metabolites using in vitro receptor-specific bioassays / J. M. Molina-Molina, M. Real, I. Jimenez-Diaz, H. Belhassen, A. Hedhili, P. Torne, M. F. Fernández, N. Olea // Food Chem. Toxicol. 2014. Vol. 74. P. 233–239. doi: 10.1016/j.fct.2014.10.008
3. Zearalenone and its metabolites: Effect on human health, metabolism and neutralisation methods / A. Rogowska, P. Pomastowski, G. Sagandykova, B. Buszewski // Toxicon. 2019. Vol. 162. P. 46–56. doi: 10.1016/j.toxicon.2019.03.004
4. Почвенные грибы рода *Fusarium* и их метаболиты : опасность для биоты, возможность использования в биотехнологии (обзор) / Л. И. Домрачева, А. И. Фокина, С. Г. Скугорева, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 1. С. 6–12. doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-006-015
5. Колупаев Ю. Е., Ястреб Т. О. Физиологические функции неэнзиматических антиоксидантов растений // Вестник Харьковского национального аграрного университета, серия биология. 2015. Т. 2 (35). С. 6–25.

6. Гесслер Н. Н., Егорова А. С., Белозерская Т. А. Антрахиноны грибов (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2013. Т. 49. № 2. С. 109–123.

7. Chemical diversity and cellular effects of antifungal cyclic lipopeptides from cyanobacteria / D. P. Fewer, J. Jokela, L. Heinilä, R. Aesoy, K. Sivonen, T. Galica, P. Hrouzek, L. Herfindal // *Physiol. Plant.* 2021. Vol. 173. P. 639–650. doi: 10.1111/ppl.13484

8. Блинова А., Волчкова О. О., Иваченко Л. Е. Влияние температурного стресса на антиоксидантную систему сои сорта Лидия // Актуальные проблемы биологической и химической экологии : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 223–226.

СЕКЦИЯ 4

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ИЗМЕНЕНИЕ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ АКТИНОБАКТЕРИЙ В СРЕДАХ С НЕКОТОРЫМИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

И. Г. Широких

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, irgenal@mail.ru

Проведен анализ частоты встречаемости устойчивых к антибиотикам штаммов почвенных стрептомицетов в зависимости от наличия в среде ионов меди, марганца и кадмия. Показано, что на повышение устойчивости мицелиальных актинобактерий к антибиотикам среди исследованных тяжелых металлов оказал марганец – эссенциальный элемент, относимый к 3 классу опасности по шкале опасности ТМ и металлоидов.

Ключевые слова: *Streptomyces*, антибиотики, кадмий, марганец, свинец, антибиотикорезистентность.

Тяжелые металлы (ТМ) накапливаются в почве, воде и отложениях в результате промышленной и сельскохозяйственной деятельности. Многие металлы в малых концентрациях необходимы для жизнедеятельности почвенной биоты (Zn, Cu, Mn, Co, Cr и ряд других), однако в больших концентрациях они становятся токсичными, а отдельные металлы высокотоксичны даже в малых концентрациях (Ag, Pb, Hg, Cd и ряд других) и могут, так или иначе, влиять на почвенные микробные сообщества [1].

Помимо прямого токсического действия загрязнение металлами потенциально способствует поддержанию и распространению факторов устойчивости к антибиотикам, т. е. представляет собой селективный фон, имеющий как экологическое, так и клиническое значение [2]. Выявленная связь между загрязнением среды ТМ и специфическими проявлениями устойчивости бактерий к антибиотикам показывает, что возможен совместный отбор устойчивых форм, в основе которого лежит несколько механизмов: корезистентность, когда различные детерминанты резистентности присутствуют на одном и том же генетическом элементе [3] и перекрестная резистентность, если одни и те же генетические детерминанты ответственны за устойчивость к антибиотикам и металлам [4]. Такие общие ответные реакции на воздействие металлов и антибиотиков, как индукция формирования биопленок, также представляют собой потенциальный механизм совместного отбора, используемый прокариотами [2].

Загрязнение среды ТМ может способствовать распространению генов антибиотикорезистентности также в результате трансформации структуры почвенных микробных сообществ. Так, при компостировании осадка сточных вод с высоким содержанием ТМ наблюдались заметные изменения в структуре и составе бактериального сообщества, выразившиеся в доминировании актинобактерий на поздней стадии компостирования [5]. По мнению авторов, увеличение доли актинобактерий может частично объяснить положительную динамику генов устойчивости к антибиотикам во время компостирования.

Цель работы – изучить устойчивость природных изолятов актинобактерий рода *Streptomyces* к антибиотикам из разных классов и разного механизма действия в зависимости от наличия в среде ионов тяжелых металлов.

Объектами исследования служили 10 природных изолятов стрептомицетов из рабочей коллекции лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, выделенные из различных типов почв.

Стрептомицеты выращивали в жидкой среде Гаузе1 на качалке (100 об./мин.) при 20 ± 2 °С в течение 5 суток, после чего высевали газонем на агаризованную среду Гаузе1 для определения чувствительности/устойчивости штаммов к антибиотикам. Источниками ионов ТМ при введении в жидкую питательную среду служили сульфатные соли ТМ разных классов опасности: кадмия (I класс), меди (II класс) и марганца (III класс).

Антибиотикорезистентность природных изолятов определяли методом дисков в соответствии с МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам». В работе были использованы диски с антибиотиками разных механизмов действия: ингибитор синтеза нуклеиновых кислот из группы хинолонов – налидиксовая кислота (НК); ингибитор синтеза белка на уровне 30S – рибосом тетрациклин (ТЕТ); ингибитор синтеза РНК рибосом, нарушающий структуру и функции цитоплазматической мембраны канамицин (КАН); нарушающий синтез белка на уровне 50S – рибосом линкамицин (ЛИН); ингибитор синтеза клеточной стенки из группы пенициллинов амоксициллин (АКЦ); полусинтетический антибиотик из группы ансамакролидов, ингибитор ДНК-зависимой РНК-полимеразы рифампицин (РИФ); а также антиметаболит фолиевой кислоты триметоприм/сульфаметоксазол (ТС). Штаммы относили к устойчивым при зонах задержки роста до 13 мм – по КАН, до 17 мм – по ЛИН, до 13 мм – по НК, до 10 мм – по ТС, до 14 мм – по ТЕТ, до 14 мм – по АКЦ, до 16 мм – по РИФ.

В исследуемой выборке изолятов, выращенных в обычных условиях, устойчивость стрептомицетов чаще всего проявлялась в отношении антибиотика ЛИН (80%). С высокой частотой отмечалась устойчивость к НК и ТС (по 60%). Значительно реже встречались штаммы, устойчивые к АКЦ и РИФ (по 30%), КАН и ТЕТ (по 20%).

Среди природных изолятов стрептомицетов, выращенных в присутствии 5 мг/л ионов меди, чаще всего устойчивость проявлялась в отношении антибиотика ЛИН (60%) (рис. 1). С умеренной частотой встречались устойчи-

вые к НК (40%), ТС (50%), АКЦ (50%) и РИФ (40%). Значительно реже встречались штаммы, устойчивые к ТЕТ (20%). Штаммов с устойчивостью к КАН не обнаружено.

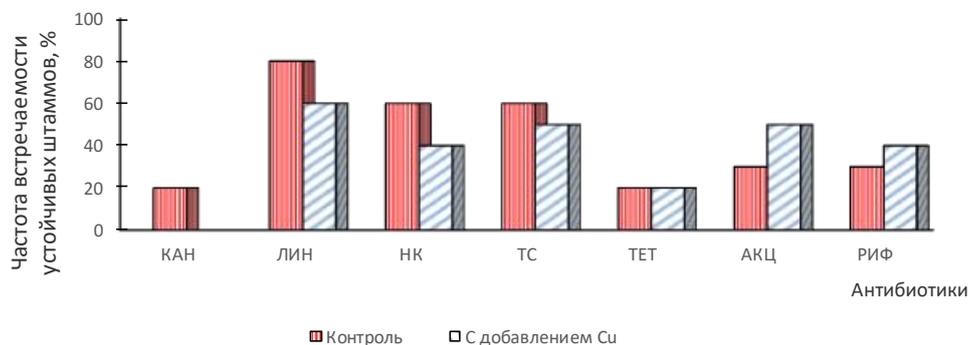
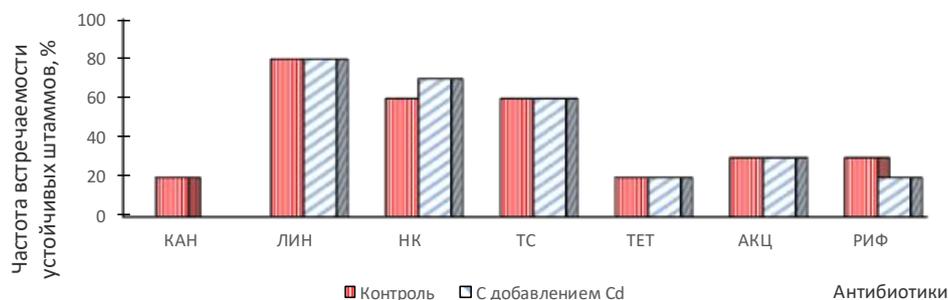


рис. 1. изменение устойчивости почвенных стрептомицетов к антибиотикам под влиянием ионов меди

По сравнению с контролем частота встречаемости устойчивых штаммов возросла к АКЦ и РИФ на 20 и 10% соответственно, осталась неизменной к ТЕТ (20%) и снизилась к другим использованным в работе антибиотикам. Не выявлено штаммов с устойчивостью к КАН.

При добавлении в среду 5 мг/л ионов кадмия частота встречаемости устойчивых штаммов возросла по сравнению с контролем: к НК – на 10%, осталась неизменной к ЛИН (80%), ТС (60%), ТЕТ (20%) и АКЦ (30%), снизилась к КАН на 20% и РИФ на 10% (рис. 2).



к антибиотикам под влиянием ионов кадмия

При выращивании стрептомицетов данной выборки в присутствии 5 мг/л ионов марганца чаще других проявлялась устойчивость в отношении антибиотика ЛИН (80%). С высокой частотой отмечалась штаммы, устойчивые к НК, ТС и АКЦ (по 70% к каждому). Реже встречались штаммы, устойчивые к ТЕТ (50%) и РИФ (40%). Устойчивых к КАН штаммов не выявлено (рис. 3).

По сравнению с контролем в присутствии ионов марганца возросла встречаемость штаммов, устойчивых к пяти антибиотикам: НК, ТС и РИФ – на 10%, к ТЕТ – на 30%, к АКЦ – на 40%. Встречаемость устойчивых к ЛИН

штаммов осталась неизменно высокой – 80%. Лишь в отношении КАН все исследованные штаммы проявили чувствительность.



к антибиотикам под влиянием ионов марганца

Таким образом, в результате выполненных экспериментов показано, что преинкубация актинобактерий рода *Streptomyces* в жидких средах с добавлением солей ТМ привела к изменению антибиотикорезистентности исследуемых культур. Под влиянием ионов меди (5 мг/мл) наблюдали повышение частоты встречаемости штаммов с устойчивостью к АКЦ на 20% и РИФ на 10%; под влиянием ионов кадмия (5 мг/мл) – с устойчивостью к НК на 10%; под влиянием ионов марганца (5 мг/мл) – с устойчивостью к ТЕТ на 30%, к АКЦ – на 40%, к НК, ТС и РИФ – на 10% к каждому. Марганец – эссенциальный элемент, относимый к III классу опасности по шкале опасности ТМ и металлоидов, способствовал распространению среди почвенных стрептомицетов устойчивости к пяти из исследованных антибиотиков, тогда как медь и кадмий – представители соответственно II и I классов опасности – характеризовались меньшим индуцирующим действием на распространение антибиотикорезистентности.

Полученные в лабораторном эксперименте результаты дают основание полагать, что и в условиях окружающей природной среды загрязнение ТМ может сыграть важную роль в поддержании и распространении устойчивости к антибиотикам. Учитывая, что уровни загрязнения почв ТМ в настоящее время на несколько порядков выше, чем уровни загрязнения антибиотиками, это должно вызывать особую озабоченность. В отличие от антибиотиков, металлы не подвергаются разложению, и в связи с этим могут длительное время служить фактором селективного отбора и содействовать тем самым поддержанию в почве пула генов антибиотикорезистентности.

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

Библиографический список

1. Химические основы токсического действия тяжелых металлов (обзор) / С. Г. Скугорева, Т. Я. Ашихмина, А. И. Фокина, Е. И. Лялина // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 1. С. 4–13. doi: 1025750/1995-4301-2016-1-014-019

2. Co-selection of antibiotic and metal resistance / C. Baker-Austin, M. S. Wright, R. Stepanauskas, J. V. McArthur // Trends in microbiology. 2006. Vol. 14. No. 4. P. 176–182.
3. Chapman J. S. Disinfectant resistance mechanisms, cross-resistance, and co-resistance// International biodeterioration & biodegradation. 2003. Vol. 51. No. 4. P. 271–276.
4. Mercury released from dental «silver» fillings provokes an increase in mercury-and antibiotic-resistant bacteria in oral and intestinal floras of primates / A. O. Summers, J. Wireman, M. J. Vimy, F. L. Lorscheider, B. Marshall, S. B. Levy, L. Billard // Antimicrobial agents and chemotherapy. 1993. Vol. 37. No. 4. P. 825–834.
5. Antibiotic resistome and its association with bacterial communities during sewage sludge composting / J. Q. Su, B. Wei, W. Y. Ou-Yang, F. Y. Huang, Y. Zhao, H. J. Xu, Y. G. Zhu // Environmental science & technology. 2015. Vol. 49. No. 12. P. 7356–7363.

ПОВЫШЕНИЕ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ ТАБАКА ПОД ВЛИЯНИЕМ ГЕНА *codA* ИЗ *ARTHROBACTER GLOBIFORMIS*

**И. Г. Широких^{1,2}, С. Ю. Огородникова¹,
Я. И. Назарова², О. Н. Шуплецова²**

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

² ФАНЦ Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, irgenal@mail.ru

Проведена оценка устойчивости к моделируемому солевому стрессу (200 мМ NaCl) табака исходного генотипа и трансформанта по гену холиноксидазы из почвенной бактерии *Arthrobacter globiformis*. Генотипы сравнивали по ростовым показателям и способности сохранять пул фотосинтетических пигментов. Выявлено повышение солеустойчивости растений, несущих гетерологичную бактериальную вставку *codA*.

Ключевые слова: *Nicotiana tabacum* L., засоление почв, трансген, глицинбетаин, адаптация.

Засоление почв охватывает около 10% поверхности континентов и является основным фактором, способствующим снижению продуктивности возделываемых почв [1]. В России засоленные почвы занимают более 50 млн га. В некоторых областях на их долю может приходиться до 40–50% возделываемых земель [2]. Засолению подвержены почвы разного генезиса и свойств, в любых климатических условиях, поскольку это процесс динамический и является результатом действия как природных, так и антропогенных факторов. Наиболее характерно это явление для аридной климатической зоны, с недостаточным количеством осадков для удовлетворения потребности сельскохозяйственных культур в воде и вымывания минеральных солей из корнеобитаемого слоя почвы [3]. Скопление значительного количества сульфатов, хлоридов, карбонатов в почвенных слоях, доступных для проникновения корневой системы, угнетает рост и жизнеспособность растений. По прогнозам, подверженные засолению площади, будут неизбежно возрастать в связи с изменением климата и хозяйственной деятельностью человека [4].

Как у бактерий, так и у растений одной из стратегий адаптации к повышенной солености среды является накопление в клетках соединений с осмопротекторным действием. Известны различные пути синтеза глицинбетаина (ГБ) из холина [5]. У растений ГБ синтезируется в результате двухэтапного окисления холина с участием ферментов холинмонооксигеназы и бетаин-альдегиддегидрогеназы. В отличие от растений, у некоторых бактерий, в частности – у *Arthrobacter globiformis*, биосинтез ГБ катализируется, всего одним ферментом – холиноксидазой (COD; EC 1.1.3.17) [6, 7]. На сегодняшний день этот фермент обнаружен также у видов *A. pascens* [8] и *A. phenanthrenivorans* [9]. Рядом работ было показано, что бактериальный ген холиноксидазы *codA* может играть положительную роль в адаптации к абиотическим стрессам в гетерологичном организме, обеспечивая в ответ на стресс накопление ГБ [10].

Целью настоящей работы являлась проверка гипотезы, что трансформация растений бактериальным геном может способствовать их адаптации к засолению почвы.

Модельным объектом в работе служили растения табака (*Nicotiana tabacum* L.) исходного генотипа (сорт Самсун) и трансгенной линии CodA 38 с внедренным геном фермента холиноксидазы (*codA*) из почвенной бактерии *A. globiformis*, полученные из Института физиологии растений имени К. А. Тимирязева (г. Москва). Размножение пробирочных растений проводили черенкованием *in vitro* на агаризованной среде МС. Высаженные по одному в вегетационные сосуды растения выращивали на двух почвенных фонах: 1 – контроль; 2–200 мМ NaCl (рис. 1). Генотипы в возрасте 6 недель сравнивали по морфометрическим и биохимическим показателям, как описано ранее [11]. Повторность в опыте шестикратная.

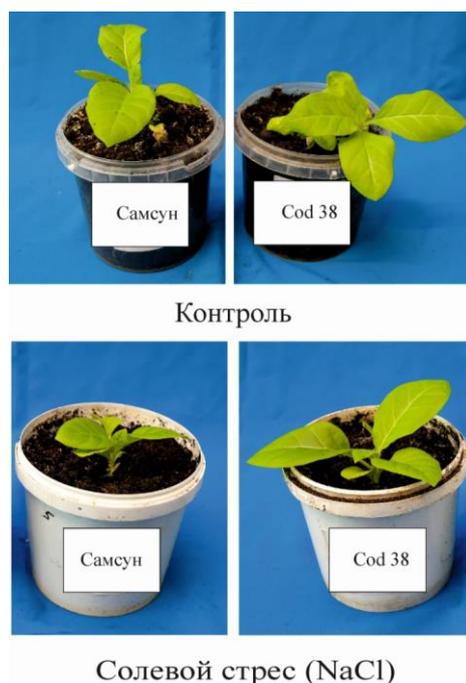


Рис. 1. Растения табака исходного генотипа Самсун и трансгенной линии *CodA* 38 в контроле и в условиях засоленной почвы (200мМ NaCl)

В обычных условиях растения табака сорта Самсун и трансгенной линии существенно не различались по морфометрическим показателям (табл. 1).

Таблица 1

Морфологические показатели растений исходного генотипа и трансгенной линии в зависимости от почвенного фона

Показатель	Почвенный фон			
	Контроль		NaCl	
	Самсун	CodA 38	Самсун	CodA 38
Высота растения до апекса, см	47,4±5,45	45,0±5,43	18,3±2,36	28,6±2,95*
Высота растения с флаговым листом, см	49,6±5,12	47,6±4,56	26,5±3,78	34,8±3,83*
Количество листьев, шт	13,2±3,20	19,2±3,49	10,0±2,44	14,2±3,42
Диаметр побега на уровне корневой шейки, см	0,7±0,05	0,7±0,07	0,6±0,12	0,6±0,07

Примечание: * различия с исходным генотипом достоверны при $P \geq 0,95$.

При стрессе, обусловленном пропиткой почвы 200 мМ раствором NaCl, растения трансгенной линии значительно превосходили табак исходного сорта по высоте растений, измеренной от уровня почвы как до точки роста, так и до верхушки вытянутого листа. По диаметру побега и количеству листьев сравниваемые генотипы различались несущественно.

Определение биохимических показателей, тестирующих у растений симптомы окислительного стресса не выявили у стрессированных растений значимого увеличения перекисного окисления липидов (содержание малонового диальдегида), накопления низкомолекулярных антиоксидантов (антоцианов) и активности антиоксидантного фермента пероксидазы (рис. 2). Вместе с тем, растения трансгенной линии CodA38, отличались от растений исходного сорта более высоким содержанием каротиноидов и способностью более эффективно поддерживать исходный уровень фотосинтетических пигментов при действии солевого стресса (табл. 2).

Таблица 2

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях табака исходного сорта и линии CodA 38 в зависимости от почвенного фона

Генотип	Почвенный фон	Хлорофиллы, мг/г		Каротиноиды, мг/г	Отношение a/b	Сумма $(a+b)$, мг/г	Соотношение хлорофиллы / каротиноиды
		a	b				
Самсун	Контроль	$1,23 \pm 0,12$	$1,68 \pm 0,19$	$0,26 \pm 0,02$	$0,73$	$2,91$	$11,19$
	NaCl	$7 \pm 0,03$	$0,62 \pm 0,03$	$0,31 \pm 0,01$	2,21	1,99	6,42
CodA38	Контроль	$1,42 \pm 0,12$	$0,67 \pm 0,01$	$0,32 \pm 0,03$	$2,12$	$2,09$	$6,53$
	NaCl	$1,60 \pm 0,01$	$0,74 \pm 0,01$	$0,34 \pm 0,01$	2,16	2,34	6,88

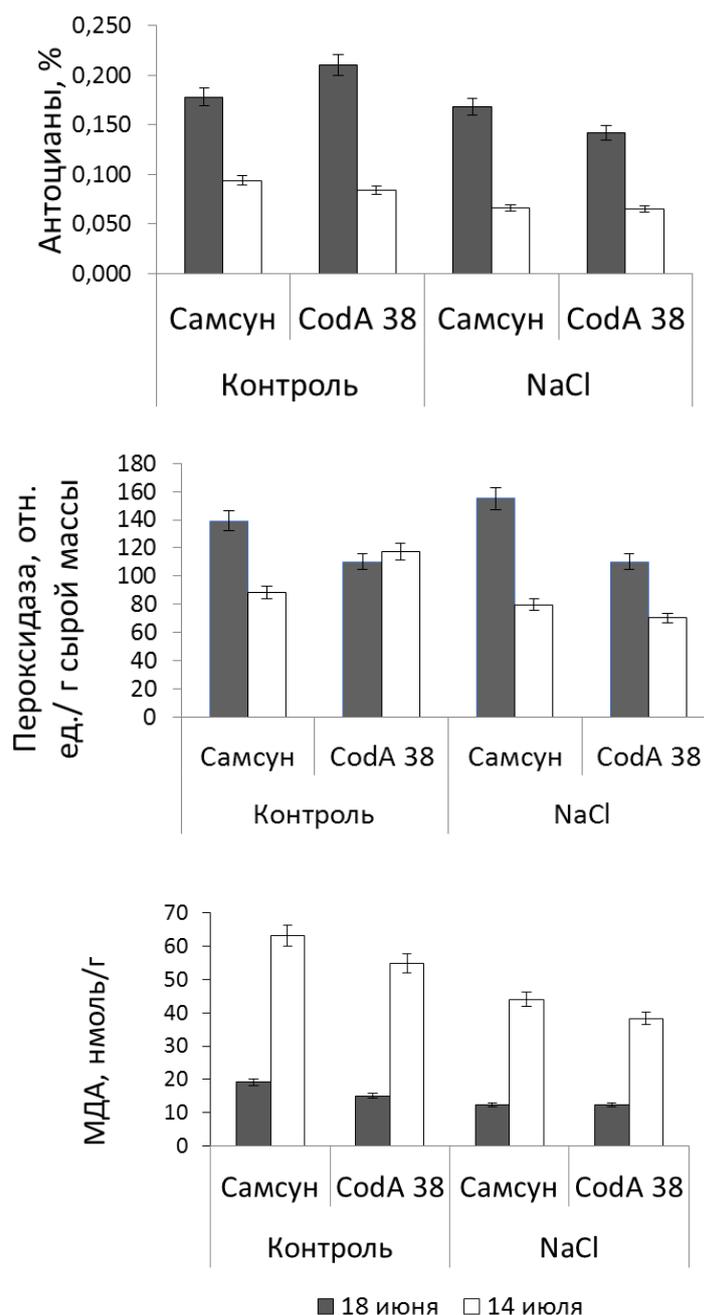


Рис. 2. Динамика содержания антоцианов, малонового диальдегида (МДА) и активности пероксидазы в листьях табака разных генотипов при выращивании в обычных условиях (Контроль) и на засоленной почве (NaCl)

Таким образом, трансформация растений бактериальным геном холинксидазы сопровождалась положительными эффектами, которые проявились в увеличении морфометрических показателей и лучшей сохранности при стрессе пластидных пигментов у трансформантов при выращивании на засоленной почве. Очевидно, выявленные различия между трансформантами и исходным генотипом были обусловлены экспрессией бактериальной вставки *codA* и функционированием глицинбетаина. Эти результаты показывают, что в дальнейших исследованиях, направленных на повышение адаптивности

сельскохозяйственных растений к соли и другим эдафическим стрессам, целесообразно ориентироваться на мобилизацию в этих целях не только генома диких сородичей культурных растений, но и генетического потенциала почвенного микробиома.

Библиографический список

1. Лопатовская О. Г., Сугаченко А. А. Мелиорация почв. Засоленные почвы. Иркутск : Иркутский гос. ун-т, 2010. 101 с.
2. Шишов Л. Л., Панкова Е. И. Засоленные почвы России. М. : Академкнига, 2006. 854 с.
3. Ковда В. А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира. М. : Наука, 2008. 415 с.
4. Machado R. M. A., Serralheiro R. P. Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization // Horticulturae. 2017. Vol. 3. No. 2. P. 30.
5. Sakamoto A., Murata N. Genetic engineering of glycinebetaine synthesis in plants: current status and implications for enhancement of stress tolerance // Journal of Experimental Botany. 2000. Vol. 51. No. 342. P. 81–88.
6. Ikuta S., Mamura S., Misaki H., Horiuti Y. Purification and characterization of choline oxidase from *Arthrobacter globiformis* // The Journal of Biochemistry. 1977. Vol. 82. No. 6. P. 1741–1749.
7. Fan F., Ghanem M., Gadda G. Cloning, sequence analysis, and purification of choline oxidase from *Arthrobacter globiformis*: a bacterial enzyme involved in osmotic stress tolerance // Archives of biochemistry and biophysics. 2004. Vol. 421. No. 1. P. 149–158.
8. Rozwadowski K. L., Khachatourians G. G., Selvaraj G. Choline oxidase, a catabolic enzyme in *Arthrobacter pascens*, facilitates adaptation to osmotic stress in *Escherichia coli* // Journal of bacteriology. 1991. Vol. 173. No. 2. P. 472–478.
9. Lokesha S., Ravi Kumar Y. S. Prashant Gaur, Arthrobacter Strains from Industrial Polluted Soil and its Oxidative Potential of Choline Oxidase Gene// J Pure Appl Microbiol. 2019. Vol. 13. No. 3. P. 1847–1854.
10. You L., Song Q., Wu Y., Li S., Jiang C., Chang L., Zhang J. Accumulation of glycine betaine in transplastomic potato plants expressing choline oxidase confers improved drought tolerance // Planta. 2019. Vol. 249. No. 6. P. 1963–1975.
11. Реакция растений *Nicotiana tabacum*, трансформированных геном холиноксидазы (*codA*), на действие пероксида водорода/ И. Г Широких, Я. И. Назарова, С. Ю. Огородникова, О. Н. Шуплецова // Прикладная биохимия и микробиология. 2021. Т. 57. № 2. С. 172–178. doi: 10.31857/S0555109921020148

ПРИМЕНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ

А. В. Бакулина¹, И. А. Лундовских²

¹ Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока,
имени Н. В. Рудницкого, tol-biol@fanc-sv.ru

² Вятский государственный университет

В статье обсуждаются наиболее доступные и удобные в рутинной экспериментальной работе молекулярно-генетические методы идентификации фитопатогенных грибов. Приведены примеры идентификации фитопатогенов

с использованием анализа данных секвенирования последовательности ITS и ПЦР со специфичными праймерами.

Ключевые слова: молекулярная идентификация, секвенирование, ПЦР, ITS, фитопатогенные грибы.

Процесс видовой идентификации является основным этапом при работе с любыми микроорганизмами, включая микромицеты. Для грибов известна трудность определения видовой принадлежности на основании изучения культурально-морфологических и физиологических признаков. Такой подход доступен исключительно узкому специалисту. Значительно упростить эту задачу, нередко стоящую в экологических исследованиях, позволяет использование молекулярно-генетического анализа. Целью настоящей работы является обзор и характеристика основных молекулярно-генетических методов, используемых для идентификации фитопатогенных грибов.

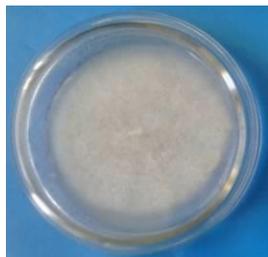
К молекулярным методам идентификации относятся преимущественно технологии, основанные на данных секвенирования ДНК и полимеразной цепной реакции (ПЦР). Наиболее быстрым и удобным является подход, основанный на анализе нуклеотидной последовательности какого-либо универсального генетического маркера. Таковым для грибов служит последовательность внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS). ITS представляет собой фрагмент нефункциональной РНК, расположенный между структурными рРНК на общем транскрипте-предшественнике (рис. 1).



Рис. 1. Область ITS грибов – мишень для молекулярной идентификации [1]

ITS широко используется в качестве молекулярного маркера для грибов, поскольку применим к большинству видов и имеет достаточный уровень полиморфизма. В связи с чем был выбран в качестве универсального ДНК-штрихкода для грибов [2]. Кроме того, данные о нуклеотидной последовательности ITS доступны в «открытых» базах данных (БД). Например, специализированная БД для молекулярной идентификации грибов UNITE (<https://unite.ut.ee/>) содержит около 1000000 последовательностей ITS различных видов [3].

Данные секвенирования используются для поиска ближайших родственных видов исследуемого гриба в универсальных (GenBank, EMBL-EBI, DDBJ) или специализированных для грибов БД (UNITE, EzFungi, MycoBank и др.) и проведения филогенетического анализа. Как это представлено на рисунке 2 для гриба *Fusarium proliferatum*.



**Чистая культура
фитопатогенного гриба**

СЕКВЕНИРОВАНИЕ ДНК

AGAGGACCCCTAAACTCGAAGTAAAAGTCGTAACAAGGTCTCCGTTGGTGAAC
 CAGCGGAGGGATCATTACCGAGTTTACAACCTCCAAAACCCCTGTGAACATACCA
 ATTGTTGCCTCGGCGGATCAGCCCGCTCCCGGTAAAACGGGACGGCCCGCTGT
 TTCTATATGTAACCTCTGAGTAAAACCATAAAATAAATCAAAACTTTCAACAACG
 GATCTCTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATAAGTAATGT
 GAATTGCAGAAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCCGCA
 GTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCCTCAAGCCCCGGGT
 TTGGTGTGGGGATCGGCGAGCCCTTGCGGCAAGCCGGCCCCGAAAATCTAGTGG
 CGGTCTCGTGCAGCTTCCATTGCGTAGTAGTAAAACCCCTCGCAACTGGTACGCG
 GCGCGGCCAAGCCGTAAACCCCAACTTCTGAATGTTGACCTCGGATCAGGTAG
 GAATACCCGCTGAACTTAAGCATA

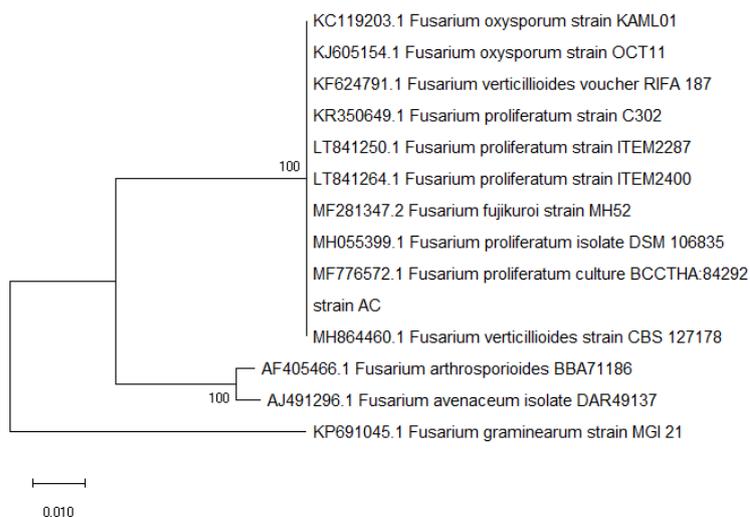
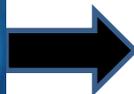


Рис. 2. Схема филогенетического анализа на примере гриба *Fusarium* sp. AC на основании анализа последовательности ITS

Данный подход легко использовать в рутинной экспериментальной работе. Он позволяет быстро установить наиболее близкородственные организмы, хотя видовая идентификация на основании анализа последовательности только одного маркера в некоторых случаях бывает невозможна. Тогда для определения видовой принадлежности анализируют не только генетические данные, но и культурально-морфологические, биохимические признаки, либо используют для филогенетического анализа комбинацию нескольких генетических маркеров, набор которых зависит от конкретного таксона.

Большой специфичностью обладает подход, основанный на использовании ПЦР с уникальными праймерами, который позволяет идентифицировать фитопатогены, как при работе непосредственно с чистыми культурами грибов, так и при анализе образцов пораженных растений (рис. 3).

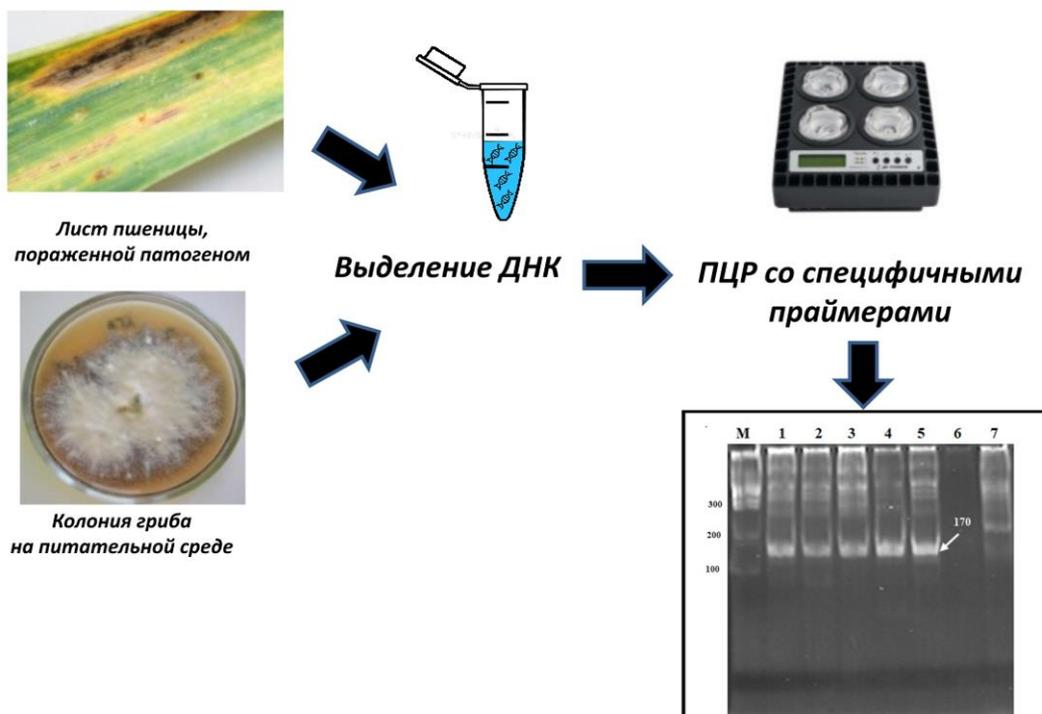


Рис. 3. Использование метода ПЦР для идентификации фитопатогенных грибов

В своей работе идентификацию методом ПЦР мы использовали для местных штаммов возбудителей септориоза пшеницы. С целью уточнения их видовой принадлежности применяли коммерческие тест-системы на основе ПЦР в реальном времени («Агродиагностика», Россия) для идентификации видов *Parastagonospora nodorum* и *Zymoseptoria tritici*. Следующим этапом работы является разработка собственной тест-системы для идентификации, как указанных возбудителей септориоза листьев и колоса пшеницы, так и гриба *Parastagonospora avenae* f. sp. *triticea*, который также присутствует в патоккомплексе на пшенице.

Хотя для некоторых фитопатогенов доступны коммерческие тест-системы для видовой идентификации [4], далеко не всегда они позволяют решать актуальные научные задачи, вследствие чего требуется разработка собственных тест-систем для каждого конкретного возбудителя.

Процесс разработки ПЦР тест-системы включает следующие этапы:

- Поиск маркерной последовательности (ДНК-мишени);
- Дизайн праймеров и зондов (в случае real-time ПЦР);
- Проверка специфичности праймеров для референсных штаммов патогена и близких видов.

Данный подход требует значительного подготовительного этапа: биоинформатического анализа для разработки специфичных праймеров, которым и обуславливается достоверность анализа. При этом, разработка и применение собственных тест-систем позволяет не только решать конкретные научные задачи, но и удешевить, в сравнении с секвенированием, анализ одного образца. Такой подход доступен любой ПЦР-лаборатории.

Библиографический список

1. What is the EzFungi database? [Электронный ресурс]. – URL: <http://old.ezbiocloud.net/ezfungi/database> (дата обращения 11.10.2021).
2. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi / C. L. Schoch, K. A. Seifert, S. Huhndorf, V. Robert, J. L. Spouge, C. A. Levesque, Fungal Barcoding Consortium // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2012. Vol. 109(16). P. 6241–6246. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1117018109
3. The UNITE database for molecular identification of fungi: handling dark taxa and parallel taxonomic classifications / R. H. Nilsson, K. H. Larsson, A. F. S. Taylor, J. Bengtsson-Palme, T. S. Jeppesen, D. Schigel, K. Abarenkov // Nucleic acids research. 2019. Vol. 47. D259-D264. doi: 10.1093/nar/gky1022
4. Тест-системы для диагностики инфекционных заболеваний растений методом ПЦР. [Электронный ресурс]. – URL: <https://agrodiagnostica.ru/pcr/> (дата обращения 11.10.2021).

ЭРГОАЛКАЛОИДЫ ГРИБА *CLAVICEPS PURPUREA* (FR.) TUL. КАК ФАКТОР ТОКСИЧНОСТИ СКЛЕРОЦИЙ И БИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЗЕРНА РЖИ И ПШЕНИЦЫ

Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина

*ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого», e-mail: sheshegova.tatyana@yandex.ru*

В статье изучена токсичность Кировской популяции гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. – возбудителя спорыньи зерновых культур в зависимости от растения-хозяина и генотипа. Идентифицированы три вида эргоалкалоидов (эрготамин, эргокрестин, эрготаминин) в ржаных и пшеничных склероциях гриба. Установлены достоверные (при $p \leq 0,05$) генотипические различия в общем содержании алкалоидов и обнаружена отрицательная связь между массой склероций и содержанием эргоалкалоидов, что усиливает биоэкологическую опасность мелких склероций, попавших в зерно.

Ключевые слова: *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., токсичность склероций, эргоалкалоиды, структура эргоалкалоидов.

Спорыньевые грибы из класса *Ascomycetes*, обитающие на злаках, представляют серьезный научный интерес в связи с механизмами симбиоза, который проявляется в эффектах мутуализма и антагонизма [1]. Среди них *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. рассматривается как злостный патоген. Он разрушает завязь цветка, в результате чего формируется не зерновка, а плодовое тело гриба – склероций, как главный симптом болезни под названием спорынья. Это заболевание прогрессирует во многих регионах Российской Федерации [2, 3] и за рубежом, особенно в республиках Прибалтики, западных областях Белоруссии, в Центральной Европе [4, 5].

В РФ особую опасность в усилении вредоносности спорыньи представляют земли, вышедшие из сельскохозяйственного оборота, использование

зернонасыщенных севооборотов и минимальных агротехнологий. Исследования белорусских ученых [5] свидетельствуют, что фенотипическое проявление устойчивости тесно связано с ploидностью генотипа. Восприимчивее к спорынье тетраплоидные ($4n$) формы ржи, имеющие более продолжительный, чем у диплоидов ($2n$), период открытого цветения. В Германии увеличение пораженности *S. purpurea* обусловлено возрастающей долей в структуре посевов высокоурожайных, но более восприимчивых гибридов ржи [4], особенно, тех, что созданы на основе ЦМС *Ramra*-типа [6]. Установлено, что среди трех групп растений ржи (популяционные, синтетические и гибриды) популяционные сорта в 2 раза устойчивее к *S. purpurea*. Однако все группы обладали токсичностью склероций при отсутствии значимых генотипических различий в структуре эргоалкалоидов (ЭА), но при наличии их по общему содержанию ЭА [7].

В связи с ужесточением отечественных ГОСТов и зарубежных регламентов, контроль спорыньи имеет важное значение для обеспечения качества и безопасности продукции. Использование зерна и кормов с примесью склероций может вызвать отравление человека и животных [8], поскольку ЭА очень стабильны даже при высокой термической обработке [9]. Хотя способность гриба *S. purpurea* продуцировать ЭА генетически детерминирована, их количество и состав зависят от растения-хозяина, географических и климатических факторов [10, 11].

В Кировской области гриб *S. purpurea* ежегодно инфицирует растения на половине посевной площади озимых зерновых культур. Доля таких растений в биоценозах ржи достигала 5,0% [12], усиливая засоренность зерновой массы склероциями патогена. В настоящей работе мы впервые изучили структуру и содержание ЭА в кировской популяции *S. purpurea* с учетом растительного генотипа, что явилось целью наших исследований.

Оценку сортов по восприимчивости к спорынье проводили в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2017–2020 гг., анализ ЭА – в ФИЦ РАН Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина. Материалом являлись 100 новых сортов озимой ржи и яровой пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока и коллекции ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР). Изучение проводили при инокуляции растений суспензией конидий *S. purpurea* из рабочей коллекции ФАНЦ Северо-Востока в соответствии с Методикой [13]. У 30 различных по восприимчивости сортов двумя методами определяли ЭА в склероциях. В первом опыте склероции экстрагировали 50% водным раствором ацетона, содержащим H_2SO_4 . Объединенный экстракт концентрировали на роторном испарителе ИР-1М2 до половины первоначального объема. В полученную фракцию вносили 25% раствор аммиака до pH 9-10 и экстрагировали 3 раза хлороформом. Хлороформные экстракты подсушивали Na_2SO_4 и упаривали на роторном испарителе. Второй метод заключался в экстракции склероций смесью хлороформа и метанола в соотношении 1:1. Анализ экстрактов осуществляли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинках силикагеля

(Silica gel F₂₅₄, «Merck», Германия) в системах хлороформ- метанол- 25% NH₄OH в соотношении 90:10:0,1 (I) и 80:20:0,2 (II). ЭА обнаруживали по поглощению или флуоресценции в УФ-свете ($\lambda = 264$ нм) и после опрыскивания пластин реактивом Эрлиха. ЭА выделяли и очищали препаративной ТСХ на пластинах силикагеля. Метаболиты идентифицировали посредством хроматографии со стандартными образцами и с помощью данных УФ-спектроскопии и масс-спектрометрии. УФ-спектры соединений в метаноле получали на спектрофотометре UV-160A («Shimadzu», Япония). Масс-спектры соединений регистрировали на масс-спектрометре LCQ Advantage MAX («Thermo Finnigan», Германия). Содержание ЭА в экстрактах определяли спектрофотометрически в метаноле при $\lambda = 313$ нм. Расчет вели, используя коэффициент молярной экстинкции эрготамина ($\log \varepsilon = 3,86$).

Статистическую обработку осуществляли методами дисперсионного и корреляционного анализа. Использовали пакет программ статистического и биометрико-генетического анализа AGROS и программу Microsoft Office Excel. Содержание ЭА представлено в виде среднего арифметического значения (M). Доверительные интервалы для ЭА ($\pm SEM$) не превышали $\pm 5\%$ ($p \leq 0,05$).

При искусственной инокуляции сортимент ржи и пшеницы ранжировался от иммунных до восприимчивых к спорынье. У ржи поражение варьировало от 5,8 до 100%, засоренность зерна склероциями – от 0,3 до 37,0%. Наименее поражаемыми в течение трех-четырех лет изучения являются 10 сортов ржи, среди которых новые популяции селекции ФАНЦ Северо-Востока: Гармония, Симфония, Леда, Румба. Резистентность пшеницы к спорынье, обусловленная преимущественно непродолжительным и закрытым типом цветения растений, была значительно выше. Поражение варьировало от 0 до 21,7%, засоренность зерна – от 0 до 1,5%. Не сформировали склероций сорт Новосибирская 18 и новая линия Т-66, что может быть детерминировано генами, контролирующими физиологические механизмы устойчивости. Так, сорт Новосибирская 18 характеризуется быстрым развитием в первой половине онтогенеза и относится к группе раннеспелых. Устойчивость линии Т-66, вероятно, обусловлена ее короткостебельностью и прочностью соломины, вследствие чего она не полегает, обеспечивая хорошее пыльцеобразование. К среднеустойчивым можно отнести сорта Тулайковская надежда и Кайыр.

При биохимическом анализе склероций установлена слабая генотипическая изменчивость в структуре ЭА. Наиболее распространенными алкалоидами как ржи, так и пшеницы являются эргокрестин, эрготамин и его стереоизомер – эрготаминин (табл.). Лишь у казахстанского сорта пшеницы Самгау идентифицирован один вид токсина – эрготамин. Структура ЭА остается достаточно стабильной в течение трех лет изучения и в разных местах Кировской области (опытные поля Яранского, Советского и Слободского сортоучастков, Фаленской селекционной станции и ФАНЦ Северо-Востока).

Общее содержание алкалоидов имело достоверную (при $p \leq 0,05$) генотипическую вариабельность. В ржаных склероциях их количество достигало 0,36% от их массы. Обнаружено 9 новых популяций селекции ФАНЦ Северо-

Востока (Графит, Перепел, Румба, Гармония, Симфония, Ниоба, Садко, Роса и Сара), не накапливающих ЭА в склероциях. Особую ценность представляют генотипы, характеризующиеся наименьшим поражением спорыньей и не накапливающие ЭА. Этим свойством отличаются новые популяции: Румба, Симфония и Гармония. Сорт Румба передан в 2021 году на государственное испытание.

Суммарное содержание ЭА в пшеничных склероциях достигало 0,24%. Нетоксичные склероции обнаружены у двух новых линий (Т-38 и Н-154), а также сортов Оренбургская 23 и Eros. Линия Н - 154 (Награда) проходит государственное испытание.

В ходе парного корреляционного анализа установлена отрицательная связь между суммарной массой склероций и содержанием ЭА, которая у сортов ржи составила $r = -0,46$. Учитывая, что мелкие склероции невозможно полностью отделить из зернового вороха посредством механической сортировки и часть их попадает в семенные, продовольственные и фуражные партии зерна, биоэкологическая опасность этой фракции представляется наиболее серьезной. В свою очередь, на засоренность зерна склероциями существенное влияние оказывает поражение спорыньей ($r = 0,70$) и масса самих склероций ($r = 0,69$).

Таблица

Содержание эргоалкалоидов и их состав в образцах склероций *Claviceps purpurea*, выделенных с разных по восприимчивости к спорынье сортов озимой ржи и яровой пшеницы (M±SEM; 2017–2019 гг.)

Сорт, линия	Происхождения	Эргоалкалоиды	
		% к массе склероций	состав
1	2	3	4
Озимая рожь			
Вятка 2	Кировская область	0,22±0,009	ЭТ, ЭМ, ЭК
Фаленская 4		0,14±0,007	ЭТ, ЭМ, ЭК
Грация		0,10±0,004	ЭТ, ЭМ, ЭК
Графит		0	-
Перепел		0	-
Румба		0	-
Гармония		0	-
Симфония		0	-
Триумф		0,04±0,002	ЭТ, ЭМ, ЭК
Ниоба		0	-
Леда		0,17±0,008	ЭТ, ЭМ, ЭК
Садко		0	-
Роса		0	-
Сара		0	-
Амило 2	Ленинградская область	0,14±0,006	ЭТ, ЭМ, ЭК
Янтарная НП		0,07±0,009	ЭТ, ЭМ, ЭК
Подарок НП		0,20±0,010	ЭТ, ЭМ, ЭК
Вавиловская НП		0,06±0,002	ЭТ, ЭМ, ЭК
Рушник 2 НП		0,36±0,015	ЭТ, ЭМ, ЭК
Берегиня НП		0,06±0,002	ЭТ, ЭМ, ЭК

1	2	3	4
Яровая пшеница			
Н-154	Кировская область	0	-
П-57		0,06±0,002	ЭТ, ЭМ, ЭК
С-84		0,09±0,004	ЭТ, ЭМ, ЭК
Т-38		0	-
Т-79		0,24±0,011	ЭТ, ЭМ, ЭК
Оренбургская 23	Оренбургская обл.	0	-
ЛТ-3	Ленинградская обл.	0,12±0,005	ЭТ, ЭМ, ЭК
Самгау	Казахстан	0,14±0,006	ЭТ
Epos	Германия	0	-
Long Chan	Китай	0,12±0,004	ЭТ, ЭМ, ЭК

Примечание: ЭТ, ЭМ, ЭК – соответственно, эрготамин, эрготаминин, эргокрестин; «–»ЭА не обнаружены.

В наших исследованиях коэффициент корреляции между поражением растений спорыньей и суммарным содержанием ЭА у ржи составил $r = 0,22$, что косвенным образом свидетельствует об отсутствии значимой связи между токсичностью и патогенностью гриба *S. purpurea*. Тем не менее, информация о содержании ЭА важна для поиска генотипов с наименьшим их накоплением в склероциях. В этом случае их наличие в зерновой массе представляет собой биоэкологически безопасную механическую примесь.

Полагаем, что выявленные факты генотипической обусловленности уровня токсичности фитопатогенного гриба *S. purpurea*, характера взаимосвязи между его токсичностью и патогенностью, биометрией склероций и содержанием ЭА актуальны для селекции, сельскохозяйственного производства и переработки зерна и экологии в целом.

Библиографический список

1. Дьяков Ю. Т. Фундаментальная фитопатология. М. : КРАСАНД, 2012. 512 с.
2. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в республике Татарстан / М. Л. Пономарева, С. Н. Пономарев, Г. С. Маннапова, Л. В. Илалова // Вестник Красноярского ГАУ. 2019. Вып. 9. С. 27–34.
3. 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. doi: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143
4. Miedaner T., Geiger H. H. Biology, genetics and management of ergot (*Claviceps* spp.) in rye, sorghum and pearl mille // Toxins. 2015. Vol. 7. No. 3. P. 659–678. doi: 10.3390/toxins7030659.
5. Урбан Э., Гордей С. Получение дигамплоидов ржи с использованием культуры пыльников *in vitro* // Наука и инновации. 2018. Вып. 5. № 83. С. 77–80.
6. Гончаренко А. А. Современное состояние производства, методы и перспективы направления селекции озимой ржи в РФ // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Уфа : БашНИИСХ, 2009. С. 248.
7. Genetic variation of winter rye cultivars for their ergot (*Claviceps purpurea*) reaction tested in a field design with minimized interplot interference / T. Miedaner, V. Mirdita, B. Rode-

mann, T. Drobeck, D. Rentel // Plant Breeding. 2010. Vol. 129. No. 1. P. 58–62. doi: 10.1111/j.1439-0523.2009.01646.x

8. Delimitation of cryptic species inside *Claviceps purpurea* / S. Pažoutova, K. Pešicova, M. Chudčková, P. Srůtka, M. Kolařík // Fungal Biology. 2015. Vol. 119. No. 1. P. 7–26. doi: 10.1016/j.funbio.2014.10.003

9. Ergot alkaloids at doses close to EU regulatory limits induce alterations of the liver and intestine / V. M. Maruo, A. P. Bracarense, J.-P. Métayer, M. Vilarino, I. P. Oswald, P. Pinton // Toxins. 2018. Vol. 10. No. 5. P. 183. doi: 10.3390/toxins10050183

10. Cross-talk of the biotrophic pathogen *Claviceps purpurea* and its host *Secale cereal* / B. Oeser, S. Kind, S. Schurack, T. Schmutzer, P. Tudzynski, J. Hinsch // BMC Genomics. 2017. Vol. 18. No. 1. P. 273. doi: 10.1186/s12864-017-3619-4

11. Mantle P. G. Comparative ergot alkaloid elaboration by selected plectenchymatic mycelia of *Claviceps purpurea* through sequential cycles of axenic culture and plant parasitism // Biology. 2020. Vol. 9. No. 3. P. 41. doi: 10.3390/biology9030041

12. Устойчивость сортов ржи к спорынье и содержание эргоалкалоидов в склероциях *Claviceps purpurea* в условиях Кировской области / Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина, В. П. Желифонова, Т. В. Антипова, Б. П. Баскунов, А. Г. Козловский // Микология и фитопатология. 2019. Т. 53. № 3. С. 177–182. doi: 10.1134/S0026364819030127

13. Селекция озимой ржи на устойчивость к спорынье : метод. пособие / Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина, Л. И. Кедрова, Е. И. Уткина. Киров : ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2018. 27 с.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ МИКРОБНО-РАСТИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИИ И КЛИМАТА

Т. К. Шешегова

*ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого», sheshegova.tatyana@yandex.ru*

В статье рассматриваются некоторые особенности изменения видовой и внутривидовой структуры микроорганизмов в связи с неблагоприятной динамикой климатических факторов. Показаны положительные и отрицательные последствия потепления климата. Обоснованы новые болезни и вредители, в т. ч. и в Кировской области, в условиях изменения экологии и климата.

Ключевые слова: экология, климат, фитопатогенные микроорганизмы, насекомые-вредители, болезни растений.

Экология и климат, являясь основами жизни на Земле, определяют не только состояние здоровья человека, степень его эмоциональности, работоспособности, состояние психологического комфорта, но и в конечном итоге становятся мощными экономическими, а в последнее десятилетие – и политическими факторами [1]. Климат в мире и России неуклонно и достаточно быстрыми темпами меняется. Однако региональные климатические показатели могут существенно отличаться от мировых. Данные 455 метеостанций России показали, что повышение температуры с 1901 по 2005 год составляет в среднем 1 °С на 100 лет, в холодный период – 1,4 °С, в

теплый – 0,4 °С [2]. По данным Росгидромета [3], климат в России потеплел сильнее (на 0,76 градуса), чем климат всей Земли в целом.

Россия относится к числу стран, экология и сельское хозяйство которых в максимальной степени зависит от колебаний и изменений климатических условий. Стратегической задачей XXI столетия, сформулированной на Всемирной конференции по изменению климата в 2003 году, является необходимость, с одной стороны, адаптироваться к изменениям, а с другой – предугадывать их [4].

Положительные и отрицательные последствия потепления. Для Российской Федерации, относящейся к группе северных стран, потепление может иметь как негативные, так и позитивные последствия. Среди положительных результатов потепления климата для сельского хозяйства можно выделить следующие последствия: увеличение площади земель, пригодных для земледелия, рост продолжительности вегетационного периода, улучшение условий перезимовки, влагообеспеченности и теплообеспеченности полевых и садовых культур. По данным А. А. Жученко [5], климатическая составляющая изменчивости урожайности пшеницы варьирует от 30% на Северном Кавказе до 60% в Северо-Восточных и Восточных регионах России. А по данным ФАНЦ Северо-Востока [6], доля климатических факторов в изменчивости урожаев сельскохозяйственных культур в Кировской области достигает 40%.

Однако высокие температуры могут привести и к негативным экологическим последствиям: уменьшению влажности почвы и общему дефициту воды, большому количеству фитопатогенов, сорняков и вредителей. Наиболее ярким подтверждением прямой связи между изменением температуры и появлением нетрадиционной биоты является колорадский жук. Со второй половины XX века он интенсивно осваивал новые экологические ниши в центральных и северных территориях РФ. Очевидно, он распространялся в соответствии с тем, насколько температурный режим был благоприятен для его жизни и размножения.

Изменение климатических факторов, несомненно, приведет к региональной изменчивости спектра возделываемых культур. В связи с потеплением климата в северных районах будут возделываться более теплолюбивые южные виды растений. А экономически и экологически оправданные ареалы холодостойких культур будут территориально ограничиваться. Например, для ряда областей и республик Северо-Востока РФ, в т. ч. Кировской области, в 10–20-летней перспективе вполне возможно выращивание на разные цели кукурузы, сои, проса, сорго, озимого ячменя, озимого тритикале, теплолюбивых плодовых и ягодных культур.

Однако, следует учитывать, что вместе с интродуцированной культурой начнут аккумулироваться все присущие ей вредные организмы, поскольку погодные условия могут способствовать выживанию возбудителей болезней и насекомых-вредителей. Кроме того, под действием более высоких температур, как правило, укорачивается продолжительность инкубационного периода

многих фитопатогенов, увеличивается количество генераций патогена (вредителя) и, как следствие, величина инфекционной нагрузки [7]. Механизмы конституционального и индуцированного иммунитета не выдерживают «натиска» инфекции, и устойчивость генотипов преодолевается. Возможна также постепенная, а порой и непрогнозируемая трансформация ранее неопасных видов в экономически значимые. При отсутствии оперативного реагирования на эти изменения возникает общая биотическая неустойчивость экосистем.

Влияние среды на биоэкологию некоторых микроорганизмов. Исходя из биологии фитопатогенов (требования к температуре, влажности, инсоляции в разные периоды инфекционного цикла и др.), можно полагать, что умеренно теплые зимние месяцы будут способствовать выживанию грибов из родов *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Alternaria*, *Sclerotinia*, *Typhula*, *Septoria*, *Claviceps*, *Venturia* и ряда других холодостойких микромицетов. Уже сейчас мы отмечаем расширение ареала распространения септориоза и других пятнистостей, склеротинии зерновых и бобовых культур, спорыньи, альтернариоза различных органов растений [8]. Повышение температуры в летний период будет благоприятствовать развитию грибов *Ustilago* spp., *Urocystis*., *Puccinia*, *Podosphaera*, *Erysiphe*, бактерий *Pseudomonas*, *Xanthomonas* и других термоустойчивых микроорганизмов [7].

Изменения коснутся не только видового состава, но и внутривидовой структуры биоты, поскольку факторы среды могут приводить к корректировке направленного отбора, генетического состава популяций, патогенности и токсичности новых форм. По данным О. А. Монастырского [9–11], повышение температуры индуцируют усиление токсинообразования грибов рода *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, а двукратное сокращение инкубационного периода у вида *F. culmorum* в 10 раз увеличивает накопление токсина ДОН. Кроме того, одни и те же виды микроорганизмов в разных экологических условиях могут значительно менять свою токсичность. Это следует учитывать при возделывании новых сельскохозяйственных культур, т. к. вместе с интродукцией можно занести и новые штаммы-суперпродуценты токсинов. Например, широкое возделывание кукурузы влечёт за собой заражённость зерна этой культуры и большинства зерновых культур видом *F. moniliforme* и т. д.

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. [7].

Распространение некоторых болезней в условиях изменения климата. Желтая ржавчина (*Puccinia striiformis*), имеющая наибольшее распространение в Азии, Ближнем Востоке и юге России, постепенно продвигается в северные зоны. С небольшой интенсивностью поражения она диагностируется

в Татарстане, Башкирии, а в 2019 г. впервые обнаружена в нашей области. Развитие болезни на отдельных сортах в ФАНЦ Северо-Востока превышало 20% [12]. Расширились ареалы септориоза пшеницы (*Septoria* spp.) и других зерновых культур, а эпифитотии с частотой от 2 до 8 раз за 10 лет возникают во всех зернопроизводящих регионах РФ [13]. Как правило, септориоз усиливается в условиях жаркой погоды, а так называемая «чернь колоса» и «черный зародыш», обусловленные видами *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Helminthosporium* spp. и другими микромицетами, наоборот, сильнее проявляются во влажных условиях вегетации [14]. В особо влажные периоды зараженность семян зерновых культур видами *Alternaria* spp. достигает 90%, *Cladosporium* spp. – 50% [15]. Новым заболеванием пшеницы в северо-западном регионе РФ является желтая пятнистость (*Pyrenophora* spp.), которая с 2005–2006 гг. усиливает поражение озимых и яровых сортов этой культуры. В 2012 г. в Архангельской области и некоторых районах Коми идентифицирована совершенно новая болезнь ячменя – рамуляриоз, возбудитель которой *Ramularia collo-cygni* абсолютный термофил с ареалом за пределами РФ [16]. Фузариозы генеративных органов в настоящее время распространены повсеместно с тем или иным уровнем вредоносности. Поскольку большинство видов *Fusarium* spp. 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 *Microdochium nivale* – очень холодостойкий гриб, вызывающий снежную плесень озимых зерновых культур и злаковых трав. Вредоносность его во многих регионах с потеплением холодных месяцев снизится. Другой вид: *F. graminearum* – теплолюбивый, вызывающий фузариозы генеративных органов и зерна. Его основная экологическая ниша – Украина, Дальний Восток, Северный Кавказ, Центрально-черноземный регион. Однако в последние годы он участвует в патогенезе фузариозов на Северо-Западе РФ и во многих областях (в т. ч. Кировской области) Нечерноземной зоны [17].

По нашим наблюдениям и данным ФГУ «Россельхозцентр» за последние 10–15 лет эпидемически опасных изменений в структуре и динамике патогенных комплексов на посевах сельскохозяйственных культур в Кировской области не наблюдается. Однако следует отметить тенденцию усиления поражения козлятника восточного грибом *Sclerotinia trifoliorum*, который является возбудителем рака клевера. Теперь гриб осваивает новые экологические ниши и трофические связи и паразитирует на других бобовых культурах. Из-за большого распространения тлей, засоренности посевов и обочин полей злаковыми сорняками усиливается развитие вирусных болезней с симптомами желтух, покраснения, закручивания, деформации. С 2008 г. увеличивается поражение сливы и вишни монилиозом, а земляники садовой – земляничным клещом. На горохе и пелюшке прогрессирует гороховая зерновка (*Bruchus*). В отдельные годы распространению вредителя препятствуют недостаток тепла в период кладки яиц и возделывание гороха

на зерносеялки и силос. Однако семеноводческие посевы более уязвимы, т. к. жук зимует внутри зерновки. Устойчиво держатся в посевах, биоценозах залежей и бросовых земель все злаковые мухи, виды совок и тля, хлебная полосатая блошка, жуки-щелкуны и хлебные жуки и другие вредители, находящиеся в депрессии, но способные при наступлении благоприятных условий размножаться в больших количествах [18]. Следует отметить наличие в южных районах области саранчи, которая, вероятно, попала в наши края с транспортом. Однако погодные условия дают возможность ей перезимовывать, равно как и вредной черепашке, которая также нетипична для нашей области.

Серьезную биоэкологическую опасность представляет нарастание спорыньи в посевах ржи, пшеницы и даже ячменя. В Кировской области болезнь проявляется на половине посевов озимых зерновых культур. Доля таких растений в биоценозах ржи достигала 5,0% [19], усиливая засоренность зерновой массы склероциями токсичного гриба *Claviceps purpurea*. Сильнее поражаются посевы в западной и юго-западной зонах области, где погодные условия в сочетании с возможными нарушениями технологии возделывания благоприятствуют заражению. Следует отметить, что достаточно благополучные хозяйства с высокой культурой земледелия стали заложниками окружающих территорий (бросовые земли, бывшие кормовые угодья), с которых на посевные площади переходят вредные организмы в т. ч. и карантинные (повилика клеверная).

Обобщая климатообусловленные риски для сельскохозяйственного производства, хочу обратить внимание на необходимость профессионального отношения к экологии и биологии фитопатогенов и насекомых-вредителей и к их взаимоотношениям с культурными и дикорастущими растениями для оперативной корректировки селекционно-семеноводческого и технологического процесса. Напоминаю также сельхозтоваропроизводителям, что любое нарушение технологии возделывания культуры это своего рода «подарок» сорнякам, насекомым-вредителям и фитопатогенам. Решение этой проблемы чревато кратным увеличением пестицидной нагрузки на полевые биоценозы, снижением урожайности, вплоть до экономической нецелесообразности возделывания культуры.

Библиографический список

1. Экология и климат : тезисы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. СПб. : ИПК «Прикладная экология», 2020. 110 с.
2. Предстоящие изменения климата // М. И. Будыко, Ю. А. Израэля, М. С. Маккракена, Д. Ж. Хекта. Л. : Гидрометеиздат, 1991. 270 с.
3. Яровикова Е. Глобальное потепление начинается с России // Жизнь. 2010. № 6. С. 10–16.
4. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика. Т. 2. М. : Агрорус, 2009. 1089 с.
5. Жученко А. А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. В двух томах. М. : Изд-во Агрорус, 2009–2011.

6. Мухамадьяров Ф. Ф., Сиротенко О. Д. Изменения климата. Перспективы северного растениеводства : материалы школы молодых ученых по эколого-генетическим основам северного растениеводства. Киров : НИИСХ Северо-Востока, 2008. С. 6–17.
7. Левитин М. М. Защита растений от болезней при глобальном потеплении // Защита и карантин растений. 2012. № 8. С. 16–17.
8. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Щенникова И. Г., Мартьянова А. Н. Зависимость грибной инфекции зерновых культур от сезонной динамики климатических факторов // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 58–62.
9. Монастырский О. В. Современное состояние и проблемы исследования токсигенных грибов, поражающих злаковые культуры // Актуальные вопросы биологизации защиты растений : материалы Всерос. совещания. Пушино, 2000. С. 79–89.
10. Монастырский О. В. Токсинообразующие грибы, паразитирующие на зерне // Агро XXI. 2001. № 11. С. 6–7.
11. Монастырский О. В. Биозащита зерновых культур от токсигенных микроорганизмов // Защита и карантин растений. 2003. № 2. С. 5–8.
12. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Агроэкологические аспекты развития *Puccinia dispersa* Eriks. и *Puccinia graminis* Pers. на посевах озимой ржи в Кировской области // Вестник Казанского ГАУ. 2019. № 1 (52). С. 65–70. doi: 10.12737/article_5ccedbb2724b13.28786713
13. Санин С. С. Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства // Защита и карантин растений. 2013. –№ 12. С. 3–8.
14. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Агроэкологические факторы развития корневых гнилей у зерновых культур // Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур : Сб. статей. LAP LAMBERT Academic Publishing RU, Saarbrucken, Deutschland, 2017. С. 50–56.
15. Совместная встречаемость метаболитов грибов *Alternaria* и *Fusarium*, ассоциированных с зерновыми культурами / О. П. Гаврилова, А. С. Орина, Н. Н. Гогина, Т. Ю. Гагкаева // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 6. С. 20–23.
16. Рамуляриоз – новая для России болезнь ячменя / О. С. Афанасенко, Н. Хэвис, Л. А. Беспалова, И. Б. Аблова, В. И. Марьенко // Защита и карантин растений. 2012. № 1. С. 11–13.
17. Фузариоз зерновых культур / Т. Ю. Гагкаева, О. П. Гаврилова, М. М. Левитин, К. В. Новожилов // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2011. № 5. 51 с.
18. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в 2017 году и прогноз на 2018 год по Кировской области. Киров, 2017. 86 с.
19. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Зависимость вредоносности спорыньи от биометрических показателей склероциев // Защита и карантин растений. 2017. № 11. С. 10–12.

СНИЖЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ МИКСОМИЦЕТОВ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ» В ЗАСУШЛИВЫЙ ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

А. А. Широких

ФАНЦ Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, aleshirokikh@yandex.ru

Проведены исследования видового разнообразия миксомицетов в лесных биоценозах заповедника «Нургуш». Показано, что в условиях жаркого и засушливого лета 2021 года снизилось не только видовое разнообразие миксомицетов, но и уменьшилось количество выявляемых более высоких таксо-

нов – семейств и порядков. Прогнозируется, что последствия снижения видо-вого разнообразия этих организмов проявятся и в следующем 2022 году.

Ключевые слова: миксомицеты, видовое разнообразие, спорокарп, плазмодиокарп, капиллиций.

Одним из основных факторов, определяющих видовой состав и структуру комплексов миксомицетов, является доступность подходящих субстратов и их способность удерживать влагу. Не менее важную роль играют и погодные условия – среднемесячные температуры, количество осадков в вегетационный период. Все эти факторы в той или иной степени способствуют формированию определённого видового состава комплекса миксомицетов в биоценозе. Получить объективные данные позволяет проведение исследований в пределах особо охраняемых природных территорий, к которым в Кировской области относится Государственный природный заповедник «Нургуш».

Целью исследований являлось изучение влияния засушливого вегетационного периода на разнообразие миксомицетов в лесных биоценозах заповедника.

Погодные условия вегетационного периода 2021 г. отличались высокой температурой и очень небольшим количеством осадков (табл. 1).

Таблица 1

Погодные условия летнего периода, 2021 г.

Месяц	t °C день	t °C ночь	t °C средняя	Влажность, %	Кол-во пасмурных дней	Кол-во дождливых дней
Июнь	18	14	15,8	64	2	0
Июль	20	16	17,9	72	3	0
Август	19	15	16,3	75	2	1

Согласно данным, приведённым на сайте АрхивПогоды (<http://weatherarchive.ru/>), на территории Котельничского района за всё лето было 7 пасмурных дней с небольшими осадками и один дождливый день. Уровень воды в озерах заповедника снизился, а небольшие лужи, которые обычно остаются наполненными водой в течении всего лета, высохли. Также высохли упавшие стволы деревьев, пни, листва и подстилка, которые могут служить субстратом для многих видов миксомицетов.

С целью учёта видового разнообразия миксомицетов нами был осуществлён в последней декаде августа выезд на территорию заповедника и обследованы лесной биоценоз вдоль дороги от озера малое Кривое до научного стационара и участок леса, расположенный вдоль протоки между озером Нургуш и озером Большое Кривое (рис. 1).

1	2	3	4	5	6
<i>Stemonitopsis typhina</i> , № 8	кора липы	спорангии	сухие, поражены грибом	–	–
Ignotus, № 15	–	–	–	гнилая древесина	плазмодий
Ignotus, № 17	–	–	–	кора липы	плазмодий
Ignotus, № 7	–	–	–	гнилая древесина липы	плазмодий
<i>Cribraria microcarpa</i> , № 5	–	–	–	гнилая древесина	спорокарпы
<i>Comatricha nigra</i> №11	–	–	–	гнилая древесина	спорокарп
<i>Comatricha nigra</i> , №18	–	–	–	гнилая древесина дуба	спорокарп
<i>Arcyria affinis</i> , № 8	–	–	–	кора липы	спорокарп
<i>Cribraria microcarpa</i> , № 19	–	–	–	гнилая древесина дуба	спорокарп
<i>Arcyria cinerea</i> A. <i>affinis</i> , № 10	–	–	–	кора липы	спорокарп
<i>Arcyria cinerea</i> , № 9	–	–	–	гнилая древесина	спорокарп



Рис. 2. Плазмодиокарп *Serpula* с разрывом перидия и грибным поражением – 1; споровые колонки *S. typhina*, поражённые мицелием гриба – 2; спорокарпы *M. vesparia* с нитями капиллиция – 3; пустые спорокарпы *M. vesparia* – 4

В условиях лаборатории отобранные образцы субстратов помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, заливали на сутки водой. Когда субстраты намокали, воду сливали и чашки оставляли при комнатной температуре. Через неделю культивирования чашки ежедневно просматривали под стереомикроскопом МБС-10. Спустя 13 суток в чашке с образцом № 15 был обнаружен первый плазмодий миксомицета. По прошествии месяца плазмодии обнаруживались в 3-х образцах, а спорофоры – в 7 образцах. Среди обнаруженных во влажных камерах миксомицетов наиболее часто встречались виды рода *Arcyria* (*Arcyriaceae*), которые были выявлены в трёх образцах субстратов и представлены двумя видами – *A. cinerea* и *A. affinis*. В других чашках с образцами обнаружены спорокарпы *C. microcarpa* (*Cribrariaceae*) и *C. nigra* (*Stemonitidaceae*), каждый встречался в двух образцах субстратов (табл. 2, рис. 3).

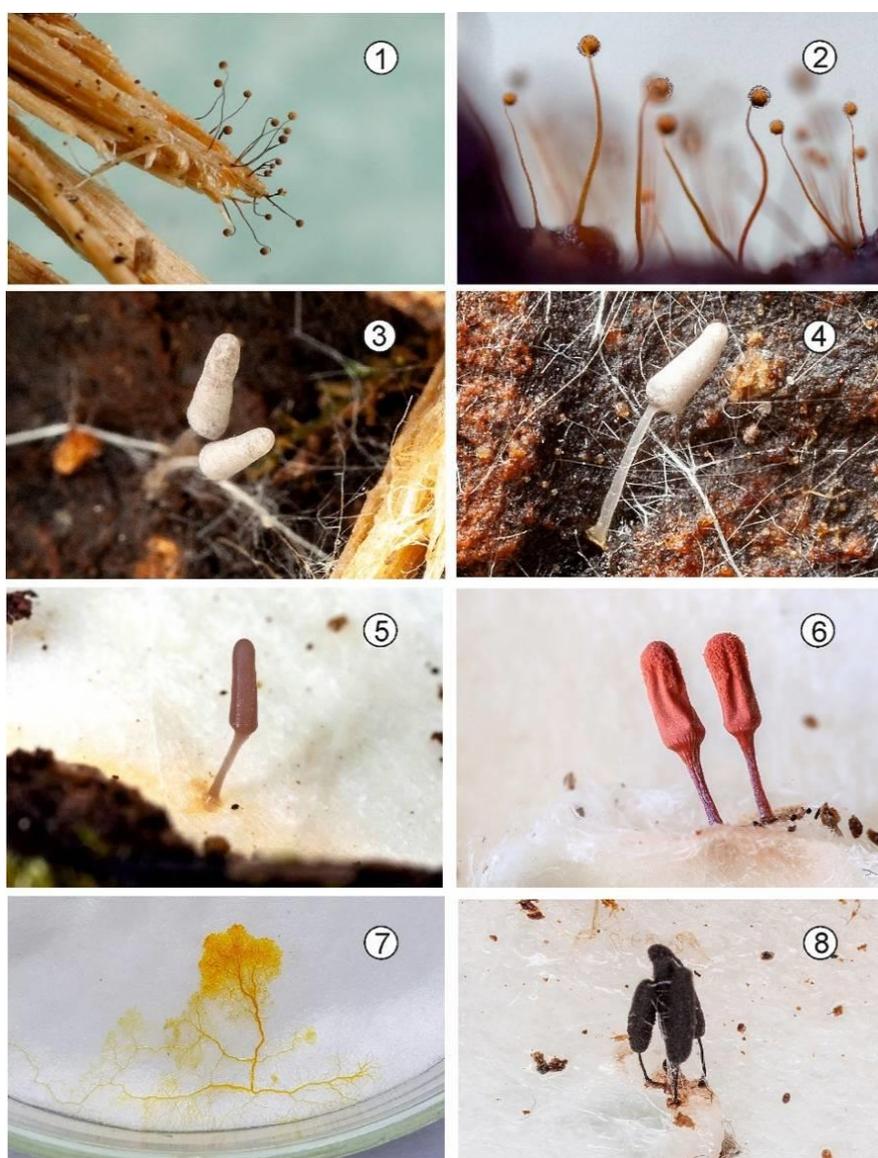


Рис. 3. Миксомицеты, выращенные во влажной камере:
 1, 2 – *Cribraria microcarpa*; 3, 4 – *Arcyria cinerea*; 5, 6 – *Arcyria affinis*;
 7 – плазмодий, ползущий по фильтровальной бумаге, 8 – *Comatricha nigra*

В результате маршрутных и лабораторных исследований в заповеднике «Нургуш» выявлено только 7 видов миксомицетов, принадлежащих к 4-м семействам (*Trichiaceae*, *Arcyriaceae*, *Cribrariaceae*, *Stemonitidaceae*), которые входят в состав трёх порядков – Trichiales, Liceales и Stemonitales. Из выявленных видов спорокарпы только 3-х видов были обнаружены непосредственно в природных условиях, а других 4-х видов – в лаборатории.

Обычно, когда погодные условия вегетационного периода соответствовали среднемноголетним показателям по Кировской области, на территории заповедника выявлялось до 37 видов миксомицетов, входящих в состав 5 семейств и 5 порядков [2]. Засушливые погодные условия летнего периода 2021 года привели в заповеднике «Нургуш» не только к резкому снижению количества видов миксомицетов, но и к сокращению количества таксономических единиц более высокого ранга – семейств и порядков. Миксомицеты являются спорообразующими организмами, кроме того, в неблагоприятных условиях на гаплоидной стадии развития миксамёбы могут образовывать микроцисты, а на диплоидной стадии плазмодий может превращаться в склероции [1]. Эти адаптивные механизмы жизненного цикла позволяют миксомицетам переживать неблагоприятные условия и с установлением подходящей температуры и влажности вновь продолжить цикл развития. Однако, не смотря на наличие адаптивных механизмов, летняя засуха 2021 г. может отразиться на разнообразии миксомицетов и в следующем году.

Библиографический список

1. Новожилов Ю. К. Класс Миксомицеты. СПб. : Наука, 1993. 288 с (Определитель грибов России: Отдел Слизевика: Вып. 1)
2. Lado C. Nomenclux: A nomenclatural taxabase of Muxomycetes // Guadernos de trabajo de Flora Micologica Iberica. Vol. 16. Madrid, 2001. 219 p.
3. Широких А. А. Миксомицеты заповедника Нургуш. Киров, 2018. 95 с.

РЕАКЦИЯ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ПОЧВЫ НА СОЛЕВОЙ СТРЕСС

Е. В. Товстик, А. С. Олькова

Вятский государственный университет, tovstik2006@inbox.ru

Исследована численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов в искусственно засоленной очень бедной по количеству микроорганизмов почве. Существенного влияния засоления на численность аммонификаторов и целлюлозолитиков в почве не выявлено. В условиях солевого стресса количество микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, и олиготрофов снизилось на порядок по сравнению с контролем. Расчётное значение коэффициентов минерализации и олиготрофности для проб почвы этого варианта было ниже 1, что может косвенно указывать на неустойчивое состояние биоценоза.

Ключевые слова: почва, засоленность, численность микроорганизмов, эколого-трофические группы, минерализация, олиготрофность.

Засоленность почвы – широко распространенное явление во многих странах мира [1, 2]. Её отрицательное влияние связывают с повышенным количеством ионов легкорастворимых солей в почвенном растворе, оказывающем осмотическое и токсическое действие как на растения, так и на микроорганизмы [3, 4]. С помощью молекулярных методов анализа, установлено, что под действием засоленности трансформируется таксономическая структура микробного сообщества почвы [5]. В отдельных исследованиях указывается на изменение её активности [6]. Несмотря на широкий спектр работ, посвящённых солевому стрессу, вопрос об уровне этого воздействия остаётся открытым [7]. Следует отметить, что выявление наиболее чувствительных к солевому стрессу эколого-трофических групп микробиоценоза важно для прогнозирования ключевых процессов, протекающих в почве при участии микроорганизмов.

Цель работы – оценка влияния солевого стресса на численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов в почве.

Солевой стресс имитировали однократным внесением в почву избыточной дозы минерального удобрения состава $N_{24}P_6K_6S_2$ (опыт). Осуществляли полив почвы дистиллированной водой до уровня влажности, соответствующей 60% от полной влагоёмкости. На протяжении всего срока экспозиции (30 суток) поддерживали влажность почвы в сосудах на постоянном уровне путём их периодического взвешивания. Контролем служила почва без внесения удобрения (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика проб почвы

Показатель	Метод определения	Вариант опыта	
		контроль	опыт
Органическое вещество, %	ГОСТ 26213-91	2,0	
pH _{KCl}	ГОСТ 26483-85	5,6±0,2	
Электропроводность, мкСм/см	ГОСТ 26423-85	47,28	1013,46
N-NO ₃ ⁻ , мг/кг	ГОСТ 26488-85	6,3±0,6	601,3±60,1
N-NH ₄ ⁺ , мг/кг	ГОСТ 26489-85	43,1±4,3	154,7±15,5
P ₂ O ₅ , мг/кг	ГОСТ Р 54650-2011	64,8±13,0	171,3±34,3
K ₂ O, мг/кг		80,6±12,1	179,9±27,0

По окончании опыта, почву подсушивали, просеивали. Степень обогащённости почвы микроорганизмами определяли путём посева из разведений почвенных суспензий на плотные питательные среды. Бактерии, мобилизующие органические источники азота, учитывали на мясопептонном агаре (МПА); бактерий (в том числе актиномицеты), утилизирующие минеральные источники азота – на крахмал-аммиачном агаре (КАА); целлюлозолитические микроорганизмы – среда Гетчинсона (СГ); олигокарбофильные микроорганизмы – на «голодном» агаре (ГА) [8].

По количеству микроорганизмов, определённых культивированием на различных питательных средах, исследуемые пробы почвы были очень бедными (менее млн КОЕ/г).

По результатам исследования было установлено, что общее количество колониеобразующих единиц аммонифицирующих и целлюлозолитических микроорганизмов составляет порядка 10^4 КОЕ/г почвы; микроорганизмов, усваивающих минеральные источники азота, и олиготрофных микроорганизмов – выше на порядок и составляет соответственно десятки тыс. КОЕ/г (табл. 2).

Таблица 2

Количество микроорганизмов различных эколого-трофических групп в почве, $\times 10^4$ КОЕ/г

Вариант опыта	Эколого-трофические группы микроорганизмов			
	аммонификаторы (МПА)	усваивающие минеральные источники азота (КАА)	целлюлозолитики (СГ)	олиготрофы (ГА)
Контроль	8	13	7	29
Опыт	4	2,5	2	3,3

Известно, что засоление может влиять на состав микробного сообщества, поскольку не все его представители способны адаптироваться к солевому стрессу. Так численность аммонификаторов и целлюлозолитиков, связанных с процессом трансформации органического вещества, не изменялась под действием засоленности.

Несмотря на повышение содержания нитратного азота в почве под действием засоленности (табл. 1) отмечали снижение на порядок численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (КАА). Чёткое снижение численности отмечали и в случае не требовательных к элементам питания олиготрофов, учитываемых на среде ГА.

Помимо определения общей численности различных эколого-трофических групп, производили расчёт коэффициентов минерализации (отношение численности микроорганизмов, вырастающих на среде КАА к численности микробов, вырастающих на среде МПА) и олиготрофности (отношение численности микроорганизмов, учтённых на разбавленной среде (ГА), к численности на полноценной среде (МПА)), для характеристики направленности и интенсивности почвенных процессов.

Коэффициент минерализации и индекс олиготрофности рассчитанный для контрольного варианта был выше (1,62 и 3,62 соответственно), чем для засоленной почвы – 0,62 и 0,82 соответственно.

Таким образом, в ходе микробиологического анализа почв выявлено, что под действием засоленности в почве изменяется соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов, ослабевают минерализационные процессы и степень олиготрофности почвы.

Библиографический список

1. Actual and Forecasted Vulnerability Assessment to Seawater Intrusion via GALDIT-SUSI in the Volturno River Mouth (Italy) / by G. Busico, C. Buffardi, M. M. Ntona, M. Vigliotti, N. Colombani, M. Mastrocicco, D. Ruberti // *Remote Sens.* 2021. Vol. 13. Iss. 18. Art. 3632. doi: 10.3390/rs13183632
2. Панкова Е. И., Конюшкова М. В., Горохова И. Н. О проблеме оценки засоленности почв и методике крупномасштабного цифрового картографирования засоленных почв // *Экосистемы: экология и динамика.* 2017. Т. 1. № 1. С. 26–54.
3. de Souza Silva C. M. M., Fay E. F. Effect of salinity on soil microorganisms // *Soil health and land use management.* 2012. Vol. 10. P. 177–198.
4. Insights into the Physiological and Biochemical Impacts of Salt Stress on Plant Growth and Development / by M. A. Shahid, A. Sarkhosh, N. Khan, R. M. Balal, S. Ali, L. Rossi, C. Gómez, N. Mattson, W. Nasim, F. Garcia-Sanchez // *Agronomy.* 2020. Vol. 10. Iss. 7. Art. 938. doi: 10.3390/agronomy10070938
5. Analysis of the structure of microbial community in soils with different degrees of salinization using T-RFLP and real-time PCR techniques / E. E. Andronov, S. N. Petrova, A. G. Pinaev, E. V. Pershina, S. Zh. Rakhimgalieva, K. M. Akhmedenov, A. V. Gorobets, N. Kh. Sergaliev // *Eurasian Soil Science.* 2012. Vol. 45. P. 147–156. doi: 10.1134/S1064229312020044
6. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions / B. C. Yuan, Z. Z. Li, H. Liu, M. Gao, Y. Y. Zhang // *Applied Soil Ecology.* 2007. Vol. 35. Iss. 2. P. 319–328. doi: 10.1016/j.apsoil.2006.07.004
7. Salinity is a key determinant for soil microbial communities in a desert ecosystem / K. Zhang, Y. Shi, X. Cui, P. Yue, K. Li, X. Liu, B. M. Tripathi, H. Chu // *mSystems.* 2019. Vol. 4. No. 1. eLocator: e00225-18. doi: 10.1128/mSystems.00225-18
8. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М. : Дрофа, 2005. 256 с.

КАТАЛАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОЗЕРА «LA IZVOR» г. КИШИНЕВ

К. Е. Молдован, Н. Ю. Богдан, С. А. Бурцева

*Институт микробиологии и биотехнологии, Республика Молдова,
tina--92@mail.ru*

Микромицеты являются постоянным и очень важным компонентом водных экосистем. Было изучено разнообразие микромицетов в озере «La Izvor», а также изучена каталазная активность наиболее распространенных штаммов. Показано, что высокой активностью обладают штаммы родов *Penicillium* и *Aspergillus*.

Ключевые слова: микромицеты, вода, каталаза, ферментативная активность.

Микромицеты – постоянный компонент водных экосистем. Первые таксономические исследования водных грибов начались только в начале девятнадцатого века, с тех пор сотни ученых из десятков стран изучали разнообразие грибов в различных морях, реках, озерах, прудах. Грибы обитают в болотах и термальных источниках, являются непременной частью как пресных,

так и соленых водоемов. В водной среде наибольшее количество грибов встречается на поверхности иловых отложений, именно здесь скапливаются отмершие растения и животные [1, 2].

Благодаря развитой ферментативной активности водные грибы образуют много органических веществ – сахаров, кислот, спиртов, аминокислот, витамины, антибиотики, токсины. Также они обладают высокой метаболической способностью связывать углерод и считаются ключевыми элементами углеродного цикла и регуляторами климата.

Богатые ферментативные свойства грибов дают широкие возможности для участия в биологических процессах, протекающих в воде. Водные грибы играют большую роль в разрушении растительных остатков, тем самым способствуя очистке среды. Известно, что в самоочищении воды участвуют грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Verticillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium* [3].

В мицелиальных грибах найдены ферменты, относящиеся ко всем 6 классам по существующей международной квалификации. Грибы синтезируют множество разнообразных ферментов (амилаза, протеаза, инвертаза, липаза, фосфатаза, комплекс целлюлаз, полифенолоксидазу), что позволяет им трансформировать сложнейшие субстраты, недоступные другим микроорганизмам. Фермент каталаза является важным защитным антиоксидантом в клетках, который способствует расщеплению перекиси водорода на воду и кислород [4, 5].

Каталаза широко распространена среди форм жизни и содержится во всех аэробных микроорганизмах для нейтрализации потенциально опасных эффектов перекиси водорода. Перекись водорода часто используется во многих коммерческих процессах, в пищевой промышленности и текстильной отрасли. Однако во время производственного процесса остаточная H_2O_2 может оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. Пероксид водорода может удаляться гидросульфитом, но имеет недостаток, заключающийся в добавлении ионов соли в производственный процесс и, следовательно, в окружающую среду. Дешевый и легкодоступный коммерческий источник каталазы может быть обнаружен во внеклеточной продукции нескольких микроорганизмов, особенно штаммами грибов. Этот фермент находится в цитоплазме или пероксисомах, и обычно не выводится из клетки. В промышленном масштабе внеклеточное высвобождение фермента более выгодно, чем экстракция внутриклеточного [6]. Каталаза может быть лучшей альтернативой, поскольку она эффективно катализирует H_2O_2 в H_2O и O_2 без образования солевых ионов.

В результате исследований было изучено разнообразие микромицетов из водоема «La Izvor» (сектор Скулянка г. Кишинев), который состоит из 3-х больших озёр, соединенных каналами. Определена каталазная активность изолятов.

Для определения микромицетов использовали 5 специфических сред для культивирования, а именно: солодовый агар, Raistic, Saburand, питатель-

ный agar, Czapek. В среду добавляли раствор левомецетина для подавления роста и развития бактерий. Идентификацию специфической принадлежности микроорганизмов в отобранных образцах проводили с помощью оптических микроскопов (Ломо Микмед - 2; В-292;) с использованием нескольких определителей [7].

Активность каталазы определяли экспресс-методами с использованием перекиси водорода. Для этого с помощью инокуляционной иглы собирали колонию, хорошо выросшую на агаризованной среде, и переносили на предметное стекло. На колонию добавляли 1–2 капли 3% H₂O₂. Наличие пузырьков газа на поверхности колонии свидетельствует о том, что данная культура элиминирует каталазу.

Для определения разнообразия микромицетов в водоеме были отобраны пробы из воды озера, ила и биоплёнки (247 штаммов). В результате изучения морфо-культуральных особенностей (визуально и под микроскопом) выделено 18 родов: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Monilia*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Trichocladium*, *Phoma*, *Chaetomium*, *Stachybotrys*, *Ulocladium*, *Talaromyces*.

Экспериментально установлено, что в пробах воды озера преобладают микромицеты, принадлежащие к роду *Aspergillus* и *Penicillium*, за ними следуют представители рода *Alternaria*, а остальные роды представлены в значительно меньшем количестве. Для дальнейшего тестирования на ферментативные свойства изоляты сохранили в Национальной Коллекции Непатогенных Микроорганизмов.

Микробы являются предпочтительным источником каталазы для исследований и приложений из-за высокого уровня активности, быстрого культивирования и простоты обращения. Нами была определена активность каталазы у наиболее преобладающих штаммов микромицетов, а именно: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*. Результаты экспериментов каталазной активности микромицетов, выделенных из воды озера «La Izvor», представлены в таблице.

Таблица

Активность каталазы микромицетов из озера «La Izvor»

Микромицеты	Вода	Ил	Биопленка
<i>Alternaria</i>	8	8	7
<i>Aspergillus</i>	12	12	17
<i>Rhizopus</i>	2	4	3
<i>Penicillium</i>	18	12	10
<i>Fusarium</i>	5	5	2
<i>Mucor</i>	2	4	3
<i>Trichoderma</i>	8	5	4

Установлено, что из общего числа изученных изолятов наиболее активными оказались микромицеты рода *Penicillium* и *Aspergillus*. Также высокую ферментативную активность проявили штаммы рода *Trichoderma* и *Alternaria*. Менее активными оказались штаммы рода *Fusarium*, *Mucor* и *Rhizopus*.

Таким образом, проведенные исследования показали, что большинство протестированных микромицетов обладают активностью каталазы. Более значимо проявлялась активность у представителей родов *Penicillium* и *Aspergillus*, что согласуется с литературными данными о ферментативной активности микромицетов, выделенных из водных источников [3, 6].

Исследования показали, что в озере «La Izvor» представлен широкий спектр микромицетов. Определено 247 штаммов грибов, относящихся к 18 родам. Наиболее распространенные роды микромицетов – это род *Penicillium* и *Aspergillus*. Из общего числа изученных микромицетов высокую активность каталазы показали штаммы рода *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma* и *Alternaria*.

Данные исследования выполнены в рамках проекта 20.80009.7007.09 при поддержке ANCD.

Библиографический список

1. Oyareme V., Osaji E. The effects and level of catalase enzyme activity in different species of aquatic macrophytes and their families in two different locations in Niger Delta, (Ikpoba River in Benin-City and Ethiope River in Abraka), Nigeria // Open Access Library Journal. 2021. Vol. 8. No. 4. P. 1–11. Doi 10.4236/oalib.1107368.

2. A guide to the natural history of freshwater lake bacteria / R. J. Newton, S. E. Jones, A. Eiler, K. D. McMahon // Microbiology and Molecular Biology Reviews. 2011. Vol. 75. No. 1. P. 14–49. doi: 10.1128/MMBR.00028-10.

3. Черепанова Н. П., Пшедецкая Л. И. Грибы. Ленинград : Лениздат, 1990. С. 93.

4. Diversity, spatial distribution and activity of fungi in freshwater ecosystems / C. Lepère, I. Domaizon, J. Humbert, L. Jardillier, M. Hugoni, D. Debroas // National Library of Medicine. eCollection 2019. 21(7). e6247 doi: 10.25750/1995-4301-2019-3-028-033

5. Карамова Н. С., Надеева Г. В., Багаева Т. В. Методы исследования и оценки биоповреждений, вызываемых микроорганизмами : учебно-методическое пособие. Казанский университет, 2014. 36 с.

6. Поиск микромицетов-продуцентов внеклеточной каталазы и изучение условий ее синтеза / А. В. Кураков, М. Б. Куплетская, Е. В. Скрынникова, Н. Г. Сомова // Прикладная биохимия и микробиология 2001. Т. 37. № 1. С. 67–72.

7. Благовещенская Е. Ю. Фитопатогенные микромицеты : учебный определитель. М., 2015.

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНО-ДРОЖЖЕВОГО КОНСОРЦИУМА НА КАЧЕСТВО И УРОЖАЙНОСТЬ ЛИСТОВОЙ КАПУСТЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЕЕ НА ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ КАДМИЕМ

*М. Ю. Маркарова, О. В. Ушакова, С. М. Надежкин, А. Э. Маркарова
ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», myriam@mail.ru*

Использование экспериментального бактериально-дрожжевого консорциума БИС при выращивании листовой капусты в почве, загрязненной солями кадмия, позволяет снизить поступление тяжелых металлов в растения, увеличить их урожайность и стрессоустойчивость. При этом обработка почвы

этим же препаратом активизирует микробиом почвы, повышает биоразнообразие и снижает численность патогенных бактерий и грибов.

Ключевые слова: бактериально-дрожжевой консорциум, кадмий, листовая капуста, биоразнообразие, фитопатогены.

В современных условиях наряду с требованиями повышения продуктивности агроценозов особая роль отводится повышению экологической безопасности продукции, разработке и применению безопасных и высокоэффективных систем удобрения и ухода за растениями в период их возделывания, хранения и получения семенной продукции. Постоянно расширяется ассортимент микроудобрений, регуляторов роста, биопрепаратов. Резистентные к экотоксикантам бактерии способны к аккумуляции или биосорбции токсичных металлов в результате их связывания на поверхности клетки, поглощения внутрь клетки и связывания внеклеточными полимерными веществами [1].

В условиях защищенного грунта в пленочной теплице ФГБНУ ФНЦО заложен трехфакторный опыт. Фактор 1 – два сорта листовой капусты. Фактор 2 – кадмий в угольно-кислой и азотнокислой форме. Фактор 3 – биопрепарат БИС для снижения поступления кадмия в овощи и связывания его в почве.

Листовая капуста китайская сортов селекции ВНИИССОК Ласточка (сортотип Пак-чой) и Веснянка (сортотип Пе-цай). В качестве экотоксикантов, подвижных в почвенной среде и способных поступать в ткани растений, оказывать на них различные влияния рассматривали два вида соединений кадмия, в нитратной и азотнокислой форме. ПДК для Cd 5 мг/кг сухой почвы. ПДК для овощей Cd 0,03 мг/кг сухого вещества [2].

Бактериально-дрожжевой консорциум БИС разработан в ФГБНУ ФНЦО на основе двух штаммов бактерий родов *Pseudomonas* и *Rhodococcus* и дрожжей рода *Rhodotorula*. Предназначен для повышения урожайности и качества овощных культур, а также для снижения рисков поступления тяжелых металлов в растения [3].

Обработку почвы проводили дважды – перед высевом семян капусты в грунт и в фазу 2-х настоящих листьев в форме фолиарной обработки. Норма расхода МБК БИС при фолиарной обработке на 1000 растений 100 мл рабочего раствора с титром живых клеток 1,0–1,5 млн/1 мл. При обработке почвы – 100 мл/1 м².

Для эксперимента использован тепличный грунт, характеризующийся рН_{водн.} – 6,5 и следующим содержанием основных биогенных элементов: NO₃ – 40,4 мг/кг; P₂O₅ – 84,6 мг/кг; K₂O – 57,9 мг/кг. Микроэлементный анализ исходного грунта представлен в таблице 1.

Таблица 1

Микроэлементный состав тепличного грунта, мг/кг 2019 г.

Показатели	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb
Содержание	12,74	11,42	0,27	2,46	0,56	0,94

Определение химических элементов проведено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП) и атомно-эмиссионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) на квадрупольном масс-спектрометре Nexon 300 D (Perkin Elmer, США) и атомно-эмиссионном спектрометре Optima 2000 DV (Perkin Elmer, США); микроэлементов – методом атомно-абсорбционной спектрометрии по ГОСТ 30178-96 – сырье и продукты пищевые в испытательном отделе ФГБНУ ФНЦО. Антиоксиданты определяли по [4].

Численность основных трофических групп почвенной микрофлоры оценивали методом предельных разведений путем посева разведений почвенной суспензии на селективные агаризованные среды.

Использование МБК БИС обеспечило увеличение биомассы капусты сорт Веснянка в контрольном варианте на 8%, сорта Ласточка на 23% (табл. 2). 80 ПДК кадмия на сорте Ласточка в нитратной форме дало прибавку массы капусты, МБК БИС при этом никак не повлиял на урожайность. Использование кадмия в углекислой форме отрицательно сказалось на прибавке урожая, а внесение МБК на этом фоне дало прибавку массы капусты на 16,6%.

При максимальном загрязнении кадмием наблюдали снижение массы капусты. Действие МБК БИС при загрязнении почвы кадмием в концентрации 160 ПДК в нитратной форме в меньшей степени отразилось на урожайности капусты обоих сортов, тем не менее положительные эффекты отмечены.

Таблица 2

Накопление биомассы капусты китайской сортов Ласточка и Веснянка при выращивании на почве с разными концентрациями кадмия, г/раст.

Уровень Cd (фактор А) (НСР ₀₅ = 6,3)	Использование биопрепарата (фактор В) (НСР ₀₅ = 3,2; НСР ₀₅ для сортов – 3,2)		X _{ср} по фактору В	%
	без обработки	МБК БИС		
Листовая капуста сорт Ласточка				
Контроль	68,6	84,7	76,6	23,6
CdCO ₃ 80 ПДК	65,8	76,7	71,2	16,6
Cd(NO ₃) ₂ 80 ПДК	87,1	87,0	87,0	-
CdCO ₃ 160 ПДК	65,7	55,6	60,6	-15,3
X _{ср.}	71,8	76,5		6,2
Листовая капуста сорт Веснянка				
Контроль	53,2	57,8	55,5	8,6
CdCO ₃ 80 ПДК	89,5	81,8	85,6	-8,6
Cd(NO ₃) ₂ 80 ПДК	80,8	98,3	89,6	21,6
CdCO ₃ 160 ПДК	49,0	55,1	52,0	12,4
X _{ср.}	68,1	73,2		6,9

Примечание: растения анализировали в фазе технической спелости.

Применение МБК БИС положительно отразилось на накоплении в растениях обоих сортов антиоксидантов даже на фоне кадмиевого загрязнения (табл. 3).

Накопление кадмия в изучаемых культурах при использовании МБК БИС снижалось на 23% у сорта Ласточка и на 4% у сорта Веснянка при загрязнении углекислым кадмием, на 6,2% у сорта Ласточка и 6,9% у сорта Веснянка при загрязнении кадмием в азотнокислой форме.

Таблица 3

Содержание антиоксидантов в листьях капусты китайской при выращивании на почве с разными концентрациями кадмия азотнокислого

Уровень Cd (фактор А)	Использование МБК БИС (фактор В)		X _{ср} по фактору В	%
	среднее содержание АО	среднее содержание АО при внесении МБК БИС		
Листовая капуста сорт Ласточка				
Контроль	34,53	43,27	38,9	–
Cd(NO ₃) ₂ 80 ПДК	28,17	28,69	28,43	–
X _{ср.}	31,35	35,98	33,66	12,8
Листовая капуста сорт Веснянка				
Контроль	26,91	27,44	27,18	–
Cd(NO ₃) ₂ 80 ПДК	30,03	27,60	28,82	–
X _{ср.}	28,47	27,52	27,10	-3,3

Оценка почвы по микробиологическим характеристикам показала следующее. Внесение в почву азотнокислого кадмия приводит к снижению общего биоразнообразия, а также численности ассоциативных азотфиксаторов, сапротрофной микробиоты и нитрифицирующих микроорганизмов.

После обработки почвы МБК БИС эти характеристики наоборот, увеличиваются, что свидетельствует о том, что на фоне МБК негативное воздействие азотнокислого кадмия на почвенную микробиоту снижается.

Внесение в почву кадмия активизирует развитие патогенных грибов на фоне снижения биоразнообразия бактериальной микрофлоры (табл. 4). Под капустой сорта Ласточка внесение кадмия способствует активизации фузариоза и альтернариоза. На фоне биопрепарата эта картина несколько изменяется за счет высокой численности бактерий с высоким уровнем физиологической активности (бактерий, образующих пигменты). Однако в целом под капустой сорта Ласточка применение биопрепарата на фоне кадмиевого загрязнения не способствует заметному оздоровлению почвы.

Таблица 4

Фитопатологическая характеристика почвы

Вариант	Без обработки	МБК БИС
1	2	3
Листовая капуста сорт Ласточка		
Контроль	Биоразнообразие бактерий и микровицетов скудное, колонии слабопигментированные. Из патогенов <i>Alternaria</i> , <i>Xanthomonas</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Pythium</i>	Заметное увеличение разнообразия бактериальных форм с окраской колоний от серых, коричневатых, розоватых до ярко-розовых. Грибная флора представлена в незначительных концентрациях плесневыми грибами

1	2	3
Cd(NO ₃) ₂ 80 ПДК	Бактериальный фон подавлен. Из патогенов: <i>Alternaria</i> , <i>Xanthomonas</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Pythium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i>	Биоразнообразие не выражено. Доминируют колонии внесенных с препаратом м/о. Из патогенов – единично фузариум
Листовая капуста сорт Веснянка		
Контроль	Биоразнообразие бактерий и микромицетов скудное, колонии слабопигментированные, из патогенов <i>Alternaria</i> , <i>Xanthomonas</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Pythium</i>	Заметное увеличение разнообразия бактериальных форм с окраской колоний от серых, коричневатых, розоватых до ярко-розовых. Грибная флора не выражена
Cd(NO ₃) ₂ 80 ПДК	Биоразнообразие скудное, из бактерий <i>Xanthomonas</i> . Через неделю развиваются колонии микромицетов рода <i>Fusarium</i> , <i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i>	Биоразнообразие значительное, бактериальный фон доминирует над грибным. Из микромицетов - плесневые грибы

Под сортом Веснянка после внесения кадмия азотнокислого проявляется потенциально опасный патоген, способный вызвать сосудистый бактериоз, и фузариоз с признаками значительной агрессивности (быстрорастущий мицелий и выделяющийся в агар пигмент). Здесь внесение биопрепарата снижает риск развития патогенов.

Таким образом, применение экспериментального МБК БИС при выращивании листовой капусты благоприятно для улучшения таких показателей, как урожайность и качество овощей, снижение рисков поступления кадмия в растения и увеличения биоразнообразия почвенной микробиоты. Последнее способствует снижению численности патогенной микрофлоры, что в конечном итоге также должно отразиться на качестве овощной продукции [5].

Библиографический список

1. Шабает В. П. Поступление свинца в растения из загрязненной тяжелыми металлами почвы при инокуляции ростостимулирующими ризосферными бактериями // Известия РАН. Серия биологическая. 2014. № 4. С. 424–432.
2. Романова Е. В., Гинс М. С., Потапов С. А. Морфологическая характеристика коллекции сортообразцов китайской и пекинской капусты // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2006. № 5. С. 41–42.
3. Антиоксиданты растений и методы их определения / Н. А. Голубкина, Е. Г. Кекина, А. В. Молчанова, М. С. Антошкина, С. М. Надежкин, А. В. Солдатенко. М., 2018. 65 с.
4. Экологическое овощеводство в условиях дефицита традиционных органических удобрений / М. Ю. Маркарова, О. В. Ушакова, А. А. Кошеваров, С. М. Надежкин, А. Э. Маркарова // Наука в региональном пространстве современной России и зарубежья : Всерос. науч. конф. с междунар. участием. г. Сыктывкар, 18–19 ноября 2019 г. Сыктывкар, 2019. С. 201–206. doi: 10.19110/7934-002
5. Новикова И. И. Биологическое разнообразие микроорганизмов – основа для создания новых полифункциональных биопрепаратов для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем // Вестник защиты растений. 2016. Т. 89, № 3. С. 120–122.

ГРИБЫ РОДА *TRICHODERMA* КАК АНТАГОНИСТЫ ФИТОПАТОГЕНОВ (ОБЗОР)

П. А. Стариков

*Вятский государственный агротехнологический университет,
ya.starikov-pavel@yandex.ru*

В обзоре (преимущественно на основе литературы 2018–2021 гг.) приведены сведения об антагонистических свойствах грибов рода *Trichoderma* по отношению к фитопатогенам. Рассмотрены основные стратегии биоконтроля, используемые представителями *Trichoderma* spp.

Ключевые слова: *Trichoderma*, антагонизм, биологический контроль.

Грибы рода *Trichoderma* являются распространенными биологическими агентами, которые находят широкое применение в растениеводстве [1]. Одно из направлений использования триходермы связано с ее антифунгальными свойствами. Так, сообщается о более чем 200 вторичных метаболитах грибов рода *Trichoderma*, часть из которых продемонстрировали высокую биологическую активность [2]. Различные штаммы *Trichoderma* spp. активно применяют в качестве основы биопестицидов для защиты растений от ряда инфекционных заболеваний [3]. В то же время, по-прежнему продолжается активный поиск высокоэффективных штаммов-продуцентов с целью разработки новых биологических фунгицидов [4]. Актуальность исследований в данной области обусловлена необходимостью минимизации пагубного экологического воздействия, связанного с широким применением химических пестицидов в растениеводстве.

Представители *Trichoderma* spp. используют ряд стратегий биоконтроля распространения фитопатогенов, ключевыми из которых являются микопаразитизм, конкуренция и антибиоз [5].

Микопаразитизм обусловлен способностью представителей рода *Trichoderma* напрямую атаковать другие виды грибов и использовать их в качестве источника питания [6]. Этот сложный процесс включает несколько стадий. Процессу антагонизма предшествуют хемотропизм и специфичное распознавание путем связывания углеводов клеточной стенки триходермы с лектинами гриба-мишени. После распознавания к гифам хозяина прикрепляются гифы *Trichoderma* и происходит образование апрессорий, которые содержат большие количества осмотически активных соединений, таких как глицерол, и запускают пенетрацию, после чего происходит атака клеточного аппарата мишени путем секреции глюканаз, хитиназ и протеаз, лизирующих клеточную стенку хозяина [7]. В частности, хитиназа *Trichoderma asperellum* в экспериментах *in vitro* значительно подавляла рост *Colletotrichum* sp. (около 95%) и *Sclerotium rolfsii* (около 97%) [8].

Ограниченность питательных веществ и микро- и макроэлементов в среде приводит к формированию конкурентных взаимоотношений триходермы с другими микромицетами. В природе виды триходермы конкурируют с фитопатогенами за питательные вещества, биологические ниши или места заражения в ризосфере растений. По сравнению с другими представителями ризосферной микрофлоры, грибы рода *Trichoderma* обладают конкурентным преимуществом, связанным с развитой способностью к мобилизации и поглощению питательных веществ из почвы [5].

За счет продукции сидерофоров триходерма обладает эффективным механизмом поглощения нерастворимого железа из почвы [9]. Помимо помощи растениям в усвоении ионов железа, грибы рода *Trichoderma* препятствуют усвоению этого элемента фитопатогенами. В частности, харзиановая кислота *Trichoderma harzianum*, выступающая в качестве сидерофора, продемонстрировала антифунгальную активность по отношению к *Pythium irregulare*, *Sclerotinia sclerotiorum* и *Rhizoctonia solani* [10].

Еще одним конкурентным преимуществом грибов рода *Trichoderma* является их способность снижать рН почвы за счет секреции органических кислот, таких как глюконовая, лимонная и фумаровая. Это способствует эффективной мобилизации фосфатов, ионов железа, марганца и магния [11].

Являясь ярко выраженным R-стратегом, триходерма в опытах на чашках Петри демонстрирует более высокую линейную скорость роста в сравнении с другими микромицетами, включая представителей рода *Fusarium* [12].

Антибиоз – это процесс, при котором водорастворимые низкомолекулярные соединения подавляют рост других микроорганизмов, оказывая на них летальное или ингибирующее действие. Явление антибиоза связано со способностью к синтезу вторичных метаболитов. В зависимости от биосинтетического происхождения, вторичные метаболиты триходермы подразделяются на следующие основные группы: пептаиболы, поликетиды и терпены [5].

Одними из наиболее изученных антимикробных веществ триходермы являются пептаиболы. Эти соединения представляют собой полипептиды с молекулярной массой в диапазоне 500–2000 Да, содержащие непротеиногенные аминокислоты, среди которых выделяется α -аминомасляная кислота [13]. За счет своей амфипатической природы (N-конец ацетилован, а С-конец содержит аминокислоты) пептаиболы способны образовывать в мембранах потенциалзависимые ионные каналы [5]. Среди пептаиболов *Trichoderma*, демонстрирующих антимикробную активность, можно выделить трихорцианины А и В, трихорзины НА и гарцианины НС из *T. harzianum*, трихоконины из *T. koningii*, трихолонгины VI, VII и лонгибрахины из *T. longibrachiatum*, или трихотоксины из *T. asperellum* [13].

В последние несколько лет возростал интерес к исследованию микробиологического воздействия летучих органических соединений. Для изучения последних использовались специальные камеры. Новые устройства были протестированы с использованием четырех штаммов *Trichoderma* против

Fusarium oxysporum и *Rhizoctonia solani*. Было доказано, что наличие либо отсутствие вентилируемых условий оказывает влияние на характер воздействия летучих органических соединений *T. harzianum* по отношению к микромицетам [14].

Примечательно, что споры триходермы в сухом состоянии способны длительное время сохранять свою биологическую активность. В частности, на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятского ГАТУ из ризосферы гербарного образца 120-летней давности лютика ядовитого была выделена чистая культура гриба рода *Trichoderma*, которая показана высокую антагонистическую активность по отношению к *F. culmorum* и *F. oxysporum* за счет способности к синтезу водорастворимых метаболитов, диффундирующих в агар [15].

Таким образом, краткий обзор стратегий биологического контроля распространения фитопатогенов грибами рода *Trichoderma* демонстрирует разнообразие механизмов, которые играют важную роль в биологической защите растений. Последующее исследование метаболических возможностей триходермы раскрывает перспективы её использования для создания новых биологических препаратов, отвечающих современным вызовам и тенденциям развития аграрного сектора.

Библиографический список

1. Влияние нового биокомпозиата на основе грибов рода триходерма на почвенные микроорганизмы и растения разных таксонов / А. А. Калинин, Д. С. Давидюк, Н. А. Боков, Р. И. Абубакирова, А. А. Широких // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 115–121. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-115-121
2. Comparative evaluation of two *Trichoderma harzianum* strains for major secondary metabolite production and antifungal activity / V. Ahluwalia, Kumar J., V. S. Rana, O. P. Sati, S. Walia // Natural Product Research. 2015. Vol. 29. No. 10. P. 914–920. doi: 10.1080/14786419.2014.958739
3. Войтка Д. В., Юзефович Е. К., Атакишиева Я. Ю. Скрининг антагонистической активности грибов р. *Trichoderma* по отношению к доминирующим корнеобитающим патогенам овощных культур, изолированным на территории Беларуси и Азербайджана // Защита растений. 2019. № 43. С. 144–152.
4. Бахеркина А. И., Литовка Ю. А. Оценка возможности применения биопрепарата «триходермин» на растительных субстратах в лабораторных условиях // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 19 мая 2017 года / под общей ред. Ю. Ю. Логинова. Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева», 2017. С. 137–139.
5. *Trichoderma*: The «Secrets» of a Multitalented Biocontrol Agent / M. Sood, D. Kapoor, V. Kumar, M. S. Sheteiwy, M. Ramakrishnan, M. Landi, F. Araniti, A. Sharma // Plants (Basel). 2020. Vol. 9. No. 6: 762. doi: 10.3390/plants9060762
6. Plant defense against fungal pathogens by antagonistic fungi with *Trichoderma* in focus / M. Adnan, W. Islam, A. Shabbir, K. A. Khan, H. A. Ghramh, Z. Huang, H. Y. H. Chen, G. D. Lu // Microbial Pathogenesis. 2019. Apr. Vol. 129. P. 7–18. doi: 10.1016/j.micpath.2019.01.042

7. Review on Plant-*Trichoderma*-Pathogen Interaction / Akansha Singh, Nandini Shukla, B. C. Kabadwal, A. K. Tewari and J. Kumar // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2018. Vol. 7. No. 2. P. 2382–2397. doi:10.20546/ijcmas.2018.702.291
8. Characterisation and antifungal activity of extracellular chitinase from a biocontrol fungus, *Trichoderma asperellum* PQ34 / N. H. Loc, N. D. Huy, H. T. Quang, T. T. Lan, T. T. Thu Ha // Mycology. 2019. Vol. 11. No. 1. P. 38–48. doi: 10.1080/21501203.2019.1703839
9. Sánchez-Espinosa A. C., Villarruel-Ordaz J. L., Maldonado-Bonilla L. D. The cause and potential solution to the *Fusarium* wilt disease in banana plants // Terra Latinoamericana. 2020. Vol. 38. No. 2. P. 435–442. doi: 10.28940/terra.v38i2.617
10. Harzianic acid, an antifungal and plant growth promoting metabolite from *Trichoderma harzianum* / F. Vinale, G. Flematti, K. Sivasithamparam, M. Lorito, R. Marra, B. W. Skelton, E. L. Ghisalberti // Journal of natural products. 2009. Vol. 72. No. 11. P. 2032–2035. doi: 10.1021/np900548p
11. *Trichoderma*–plant–pathogen interactions / Francesco Vinale, Krishnapillai Sivasithamparam, Emilio L. Ghisalberti, Roberta Marra, Sheridan L. Woo, Matteo Lorito // Soil Biology and Biochemistry. 2008. Vol. 40. No. 1. P. 1–10. doi: 10.1016/j.soilbio.2007.07.002
12. Стариков П. А., Широких И. Г. Влияние нового изолята гриба рода *Trichoderma* на представителей *Fusarium* spp. // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. с междунар. участием конф., Киров, 27–28 апреля 2021 года. Киров: Вятский государственный университет, 2021. С. 37–41.
13. Changes in Peptaibol Production of *Trichoderma* Species during In Vitro Antagonistic Interactions with Fungal Plant Pathogens / P. R. Tamandegani, T. Marik, D. Zafari, D. Balázs, C. Vágvölgyi, A. Szekeres, L. Kredics // Biomolecules. 2020. Vol. 10. No. 5: 730. doi: 10.3390/biom10050730
14. Volatile Organic Compound Chamber: A Novel Technology for Microbiological Volatile Interaction Assays / S. Álvarez-García, S. Mayo-Prieto, G. Carro-Huerga, Á. Rodríguez-González, Ó. González-López, S. Gutiérrez, P. A. Casquero // Journal of Fungi (Basel). 2021. Vol. 7. No. 4: 248. doi: 10.3390/jof7040248
15. Антимикробная активность микромицета *Trichoderma* sp., выделенного из ризосферной почвы лютика ядовитого (*Ranunculus sceleratus*) / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, А. И. Малинина, А. Л. Люкина // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Вятский государственный университет, 2019. С. 217–219.

АДАПТАЦИИ *ASPERILLUS NIGER* К БЕЛОМУ ФОСФОРУ

А. З. Миндубаев¹, Э. В. Бабынин², Й. А. Акосах², Ю. В. Караева¹

¹ Институт энергетики и перспективных технологий
ФИЦ Казанского научного центра РАН,

² ГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет,
mindubaev-az@yandex.ru, edward.b67@mail.ru, akosah2005@gmail.com,
julieenergy@list.ru

Приведенные в представленной работе микроскопические и протеомные исследования показали, что имеют место несколько механизмов устойчивости штаммов *Aspergillus niger* AM1 и AM2 к токсичному веществу – белому фосфору. В ответ на воздействие токсиканта наблюдается рост толщины клеточной стенки. Помимо этого, белый фосфор вызывает общую активацию метаболизма, сопровождающуюся ростом числа митохондрий в клетках. По-

казано, что белый фосфор мало влияет на соотношение живых и мертвых клеток в колониях грибов, т.е. устойчивость к нему очень высока.

Ключевые слова: биodeградация, белый фосфор, электронная микроскопия, протеомный анализ, *Aspergillus niger*.

Главное преимущество биodeградации по сравнению с существующими альтернативными методами обезвреживания заключается в том, что в окружающую среду не вносятся новые химические загрязнители. Тем не менее, объект нашего исследования белый фосфор имеет настолько высокую токсичность для любых форм жизни [1–4], что для его биodeградации требуются особые защитные механизмы. Их поиску посвящено данное исследование.

Визуализация и исследование клеточных структур наших аспергиллов осуществлялись с помощью лазерного конфокального микроскопа Carl Zeiss LSM 780 (Германия). Для определения жизнеспособности грибных гиф в контрольном и опытном образцах двух штаммов нами использовался коммерческий набор витальных красителей LIVE/DEAD® BacLight™ (Thermo Fisher Scientific, США). Суспензии были окрашены смесью красителей пропидиум йодид и SYTO 9, флуоресцирующих при разных длинах волн. Для этих красителей длины возбуждения и эмиссии 480/500 nm (SYTO 9) и 490/635 nm (пропидиум йодид). В результате жизнеспособные гифы окрашиваются в зеленый цвет, а мертвые – в красный. Желтое окрашивание мицелия демонстрирует начальные стадии повреждений мицелия гриба. Также были получены результаты, свидетельствующие о наличии грибных спор на снимках контрольного и опытного образцов обоих штаммов. Интенсивность флуоресценции оценивалась при помощи программы ZEN 3.0 (ZEN lite), разработанной Carl Zeiss, позволяющей вести на фотографиях подсчет пикселей интересующих цветов. Пробный вариант исследования образцов без окрашивания красителями не дал результатов, так как образцы не обладают свойствами автофлуоресценции.

Конфокальная микроскопия показала, что белый фосфор в исследуемой концентрации (0,2%) оказывает на смертность мицелия гриба незначительное влияние. С ее помощью мы стремились определить влияние белого фосфора на жизнеспособность клеток *Aspergillus*. Можно было предполагать, что в присутствии этого токсичного вещества пропорциональное количество мертвых клеток должно быть выше по сравнению с контролем. Было установлено, что соотношение живых и отмерших клеток грибов мало зависит от присутствия белого фосфора в среде. То есть, как в отсутствии, так и в присутствии P_4 у обоих исследуемых штаммов *A. niger* живые клетки преобладают над погибшими (табл. 1). Таким образом, белый фосфор в концентрации 0.2% оказывает незначительное влияние на выживаемость мицелия аспергилла, что является поразительным результатом [5].

Соотношение живых и мертвых тканей у исследуемых культур аспергиллов в контроле и опыте, выраженное через интенсивность красной и зеленой флуоресценции. Отображает влияние белого фосфора в концентрации 0,2% на гибель клеток

Штамм	Контроль (среда с фосфатом)		Опыт (среда с белым фосфором)	
	интенсивность красной флуоресценции (условные единицы)	интенсивность зеленой флуоресценции (условные единицы)	интенсивность красной флуоресценции (условные единицы)	интенсивность зеленой флуоресценции (условные единицы)
AM1	17,620	27,493	24,707	34,022
AM2	24,172	26,980	26,855	27,589

При воздействии белого фосфора наблюдается изменение электронной плотности и толщины клеточной стенки. Также значительно увеличивается число митохондрий в клетках гиф [6]. Кроме того, на поверхности клеточной стенки появляется дополнительный волокнистый слой, состоящий из протеогликанов – поверхность гифов становится ворсистой, чего не наблюдается в контроле (рис. 1). Данные признаки наверняка связаны с защитой от внешних воздействий – клеточная стенка служит барьером, а митохондрии осуществляют энергетический обмен, поддерживают метаболическую активность.

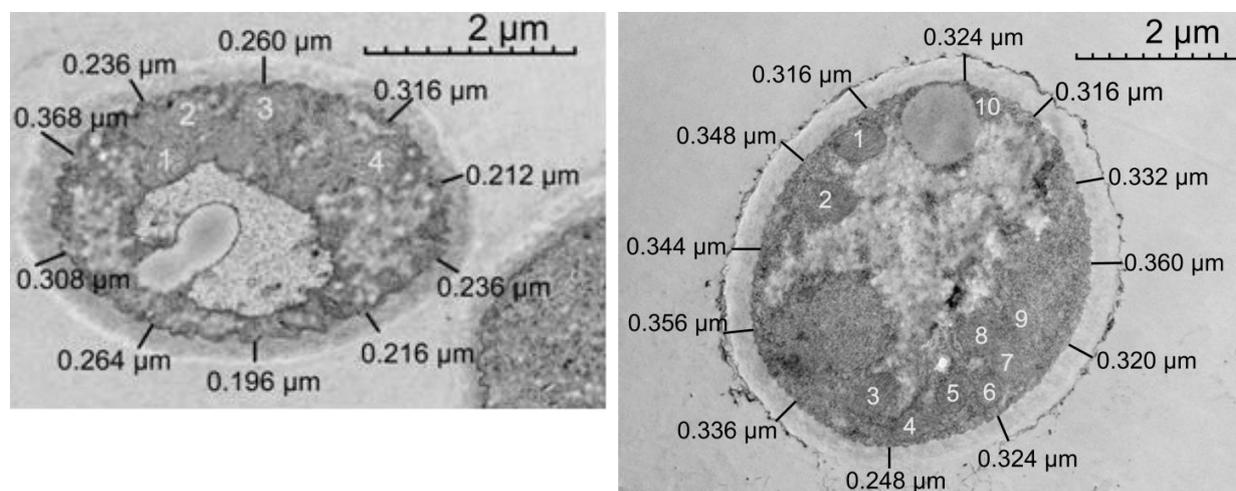


Рис. 1. ТЭМ изображения поперечного среза гифы AM1, инкубированного в среде с фосфатом (вверху) и с белым фосфором (внизу). Указана толщина клеточной стенки в нанометрах. Белыми цифрами обозначены митохондрии

Исследования протеома, описанные в работе [6], продемонстрировали четкие различия белкового профиля при росте аспергилла в отсутствие и в присутствии белого фосфора (рис. 2). Белковый профиль в свою очередь определяется экспрессией генов, следовательно, есть основания говорить об ответе на загрязнение белым фосфором на этом уровне.

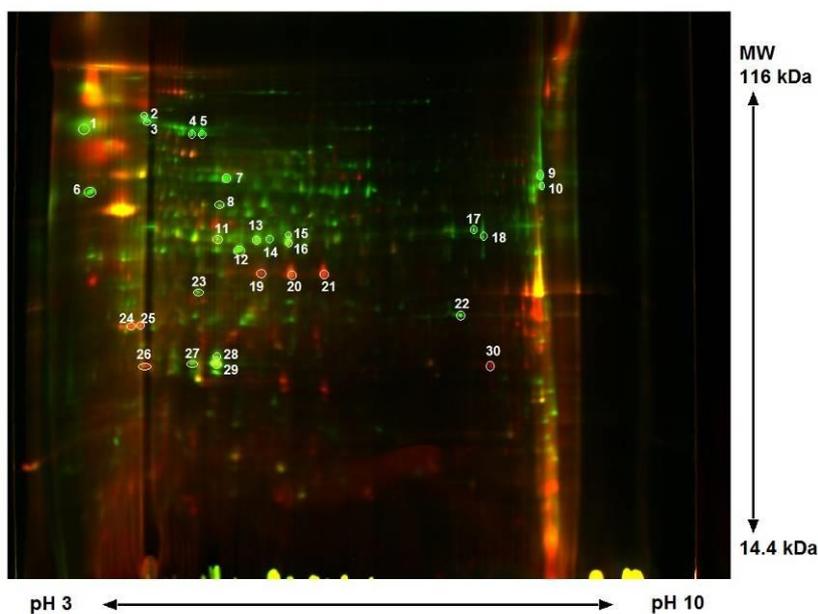


Рис. 2. Двумерная электрофореграмма белкового профиля *A. niger*

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям, проект № 39113 (заявка № С1-34299). Просвечивающая электронная микроскопия проводилась на базе Междисциплинарного центра «Аналитическая микроскопия» КФУ. Масс-спектрометрические исследования проведены в ЦКП-САЦ ФИЦ КазНЦ РАН.

Библиографический список

1. Миндубаев А. З., Бабынин Э. В., Акосах Й. А. Филогенетическое дерево *Aspergillus niger* AM1 // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2021. С. 34–37.
2. Биологическая деградация желтого (белого) фосфора – вещества первого класса опасности / А. З. Миндубаев, Э. В. Бабынин, Е. К. Бадеева, С. Т. Минзанова, Л. Г. Миронова, Й. А. Акосах // Журнал неорганической химии. 2021. Т. 66. № 8. С. 1137–1142.
3. Biological Degradation of Yellow (White) Phosphorus, a Compound of First Class Hazard / A. Z. Mindubaev, E. V. Babynin, E. K. Bedeeva, S. T. Minzanova, L. G. Mironova, Y. A. Akosah // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2021. Vol. 66. No. 8. P. 1239–1244.
4. White phosphorus genotoxicity / A. Mindubaev, E. Babynin, S. Minzanova, E. Badeeva, Y. Akosah // Bio web of conference. 2021. Vol. 31. No. 00018. P. 1–3.
5. Влияние белого фосфора на жизнеспособность *Aspergillus niger* AM1 и AM2. Происхождение данных штаммов / А. З. Миндубаев, Э. В. Бабынин, А. Г. Даминова, Е. К. Бадеева, Е. В. Горбачук, И. С. Низамов, С. Т. Минзанова, Л. Г. Миронова, Й. А. Акосах // Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 65. № 3. С. 25–48.
6. Влияние белого фосфора на клеточную морфологию и белковый профиль штаммов гриба *Aspergillus niger* / А. З. Миндубаев, С. В. Федосимова, Т. В. Григорьева, В. А. Романова, В. М. Бабаев, Д. Н. Бузюрова, Э. В. Бабынин, Е. К. Бадеева, С. Т. Минзанова, Л. Г. Миронова, Й. А. Акосах, Ю. В. Караева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. № 1. С. 69–79.

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКТОВ РАЙОНА СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Ф. Д. Иванов¹, В. В. Зинченко¹, А. В. Горовцов¹,
Д. Г. Невидомская¹, Т. М. Минкина¹, К. А. Казарян²*
¹ Южный государственный университет, fivanov@sfedu.ru
² Ереванский государственный университет

В статье представлено биологическое состояние почвенных конструкторов на территории техногенных ландшафтов – мест складирования отходов угледобычи (терриконов) района Восточного Донбасса (Ростовская область, округ города Шахты). Определены изменения в микробных сообществах почв террикона шахты «Аютинская» под влиянием техногенного загрязнения. Показана зависимость микробиологической активности от расположения площадок мониторинга на терриконе.

Ключевые слова: биоиндикация, районы угледобычи, микробные сообщества почвы, терриконы, аминокетотрофы, аминоавтотрофы.

Одним из экологически-неблагополучных районов РФ является Восточный Донбасс. Природный комплекс на этих территориях исторически подвергался интенсивному антропогенному и техногенному влиянию со стороны угледобывающей промышленности [1]. Одним из характерных последствий является отсыпка терриконов, являющихся источником загрязнения территорий даже после прекращения добычи. Тело террикона имеет малое альbedo, содержит значительное количество тяжелых металлов (ТМ) и в его толще протекают экзотермические реакции. Всё это мешает укоренению растений, которые способны уменьшить эрозию и оползни на склонах, увеличивающих аэрогенное загрязнение окружающих территорий [2]. В связи с этим необходимо проводить исследования микробных сообществ почв для повышения эффективности дальнейших рекультивационных мероприятий и вторичного педогенеза, приживаемости растений, защищающих окружающую среду от влияния террикона.

Объектом исследования являются микробные сообщества почв и почвенных конструкторов террикона шахты «Аютинская», расположенной в микрорайоне Аютинский, округа города Шахты Ростовской области. Данная шахта работала с 1943 по 2006 гг., эксплуатация была прекращена в связи с аварийным затоплением грунтовыми водами [3].

Площадки разделяются на две группы. Площадки с А1 по А5 были расположены у подножия террикона и на берегу пруда (3–44 м от воды, площадки А1-А3), а площадки с А6 по А9 располагались непосредственно на склоне, с повышением высоты залегания. В качестве контрольной площадки сравне-

ния использовалась фоновая почва – чернозём обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый с территории Ботанического сада Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону). Расположение площадок показано на рисунке 1.



Рис. 1. Местоположение площадок отбора образцов

Примечание: склон террикона – в юго-восточном углу схемы.

Пробы почвы отбирались по методу конверта в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84. Следили, чтобы каждая проба являлась интегральной и типичной для участка верхнего горизонта почвы на площади 1 м². В образцах почвы определялась численность микроорганизмов общепринятым методом посева на плотные питательные среды [4]. Учёт проводился на 1 и 7 сутки, учитывались следующие группы микроорганизмов: аминокетотрофы (на среде МПА); аминокототрофы и актиномицеты (на среде КАА); плесень (на среде Чапека с антибиотиком). Все анализы были проведены в трёхкратной повторности.

На основании данных по численности аминокетотрофных и аминокототрофных бактерий был рассчитан коэффициент минерализации по следующей формуле:

$$K_{\text{мин}} = \frac{x_{\text{амин}}}{y_{\text{аммон}}}$$

где: $K_{\text{мин}}$ – коэффициент минерализации; $x_{\text{амин}}$ – численность бактерий-аминокототрофов; $y_{\text{аммон}}$ – численность бактерий-аминокетотрофов [5].

Результаты учёта численности основных групп почвенных микроорганизмов (быстрорастущие аминокетотрофы, общая численность аминокетотрофов и аминокототрофов, актиномицеты, микромицеты) представлены на рисунках 2 и 3.

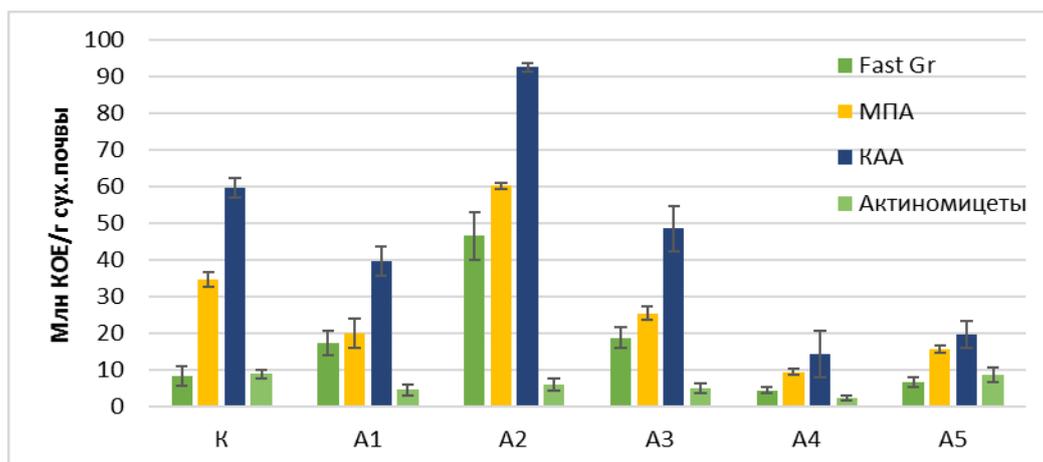


Рис. 2. Численность основных групп микроорганизмов в площадках на берегу р. Аюты

Примечание: Fast Gr – быстрорастущие аминокетотрофы, МПА – аминокетотрофы, КАА – аминокетотрофные микроорганизмы.

Установлено, что наибольшее количество микроорганизмов обнаружилось в образце площадки А2, а наименьшее – в А4. Во всех образцах преобладали аминокетотрофные организмы. Численность микронаселения в образце А2 резко превышает численность в почвах иных прибрежных площадок, что может быть связано с его близостью к кромке воды и достаточным увлажнением почвы. Пониженное количество микроорганизмов в образцах А4 и А5 может быть обусловлено высоким содержанием в них мелкой (А4) и крупной (А5) фракции включений угля. Известно, что в почвах районов угледобычи вместе с загрязнением угольной пылью наблюдается выраженное загрязнение ПАУ [6]. Во всех точках, за исключением площадки А2, наблюдалось более низкое количество аминокетотрофов и аминокетотрофов, чем в почве контрольной площадки. Доля быстрорастущих аминокетотрофов была выше на площадках, наиболее приближенных к водоёму (73-87%) и отличалась от их доли в более отдалённых площадках (43-46%) и в контроле. Это может быть связано с повышенным количеством бацилл в площадках А1-А3, что отмечалось при учете. Доля актиномицетов в сообществе аминокетотрофных микроорганизмов колебалась между 7 и 15% и достигала 44% в площадке А5. Актиномицеты, как и грибы, чувствительны к переувлажнению почвы, в связи с аэробным типом метаболизма, поэтому удалённость площадки А5 от водоёма могла создать более комфортные условия для их жизнедеятельности [7]. Минимум содержания актиномицетов был в площадке А2, которая находится на берегу, что соответствует данному предположению.

В площадках, заложенных на склоне террикона (рис. 3), численность аминокетотрофов увеличивается с увеличением высоты и близости к вершине террикона, а актиномицетов – снижается. По сравнению с площадками у подножия террикона, актиномицетов становится сравнительно меньше (в 2,53 раз). В контрольной площадке их численность достоверно выше, что можно объяснить большим количеством гумуса в ней. Численность аминокетотрофов колебалась с изменением высоты отбора и составляла 32–49 млн

КОЕ/г и не отличалась резко от контрольной площадки. Доля быстрорастущих аминогетеротрофов составляла 48–60%.

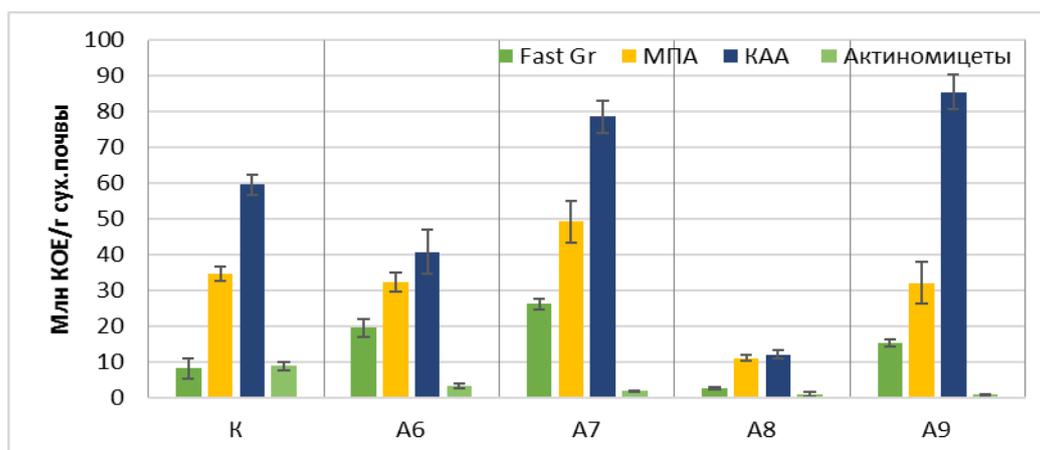


Рис. 3. Численность основных групп микроорганизмов в образцах со склона террикона

Примечание: Fast Gr – быстрорастущие аминогетеротрофы, МПА – аминогетеротрофы, КАА – аминокислототрофные микроорганизмы.

В ходе полевых работ были выявлены локальные температурные аномалии в площадке А8, которые были вызваны протеканием экзотермических реакций в данной ячейке террикона. Это зарегистрировано по повышению температуры до 40 °С на глубине 10 см. В данной площадке биологическая активность была резко снижена. Привлекает особое внимание повышенная доля актиномицетов (9% от численности аминогетеротрофов в А8 и 8% в А6), которые сравнительно более устойчивы к данным неблагоприятным условиям. В остальных точках (А7 и А9) количество актиномицетов было низким и составляло 1–2%. Отмечается большее количество микроорганизмов в почвах склона террикона по сравнению с почвами рядом со склоном. Это может быть связано с меньшим временем воздействия террикона на завезенную для его рекультивации почву.

Рассчитанные значения коэффициента минерализации по Мишустину представлены в таблице.

Таблица

Значения коэффициента минерализации в образцах

Группа	Площадка	К _{мин}	Группа	Площадка	К _{мин}
берег р. Аюты	A1	2,00	склон террикона	A6	1,26
	A2	1,54		A7	1,60
	A3	1,91		A8	1,09
	A4	1,54		A9	2,66
	A5	1,26	Контроль		1,72

Расчёт коэффициента минерализации показал, что во всех площадках преобладают процессы иммобилизации азота. Наиболее активно они протекали в образцах А1, А3, А9. Наименьшая активность и почти полный баланс

между интенсивностью иммобилизации и минерализации азота показала площадка А8 (1,09).

Численность микроскопических грибов представлена на рисунке 4.

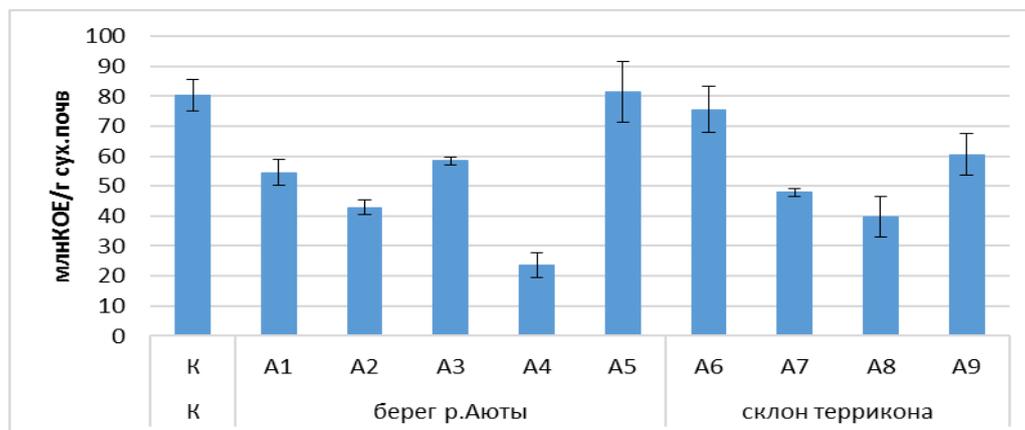


Рис. 4. Численность микромицетов в исследуемых площадках

Количество микроскопических грибов варьировало и в целом было ниже, чем в контрольной площадке, кроме площадок А5 и А6. Низкая численность микромицетов в образце А2 можно объяснить высокой увлажнённой почвой, связанной с близостью к водоёму. В литературе [7] отмечается высокая чувствительность грибов к затоплению почв. Малое количество грибов в образце А8 следует общей тенденции для прокариот и наиболее вероятно вызвано эндогенным горением подстилающих масс. Отмечается высокое содержание грибов в площадках А5 и А6. Это может быть обусловлено локальным накоплением доступных субстратов.

Таким образом, были выявлены основные тенденции изменения микробных сообществ в техногенно-загрязнённых почвах, прилегающих к породным отвалам угледобычи – терриконам. Показано, что микробное сообщество угнетается неравномерно и в некоторых случаях может превосходить по численности фоновые показатели. Показано, что микробоценоз почв площадок мониторинга определяется их расположением на поверхности террикона.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ Арм_а, проект № 20-55-05014 и SC RA № 20RF-036.

Библиографический список

1. Гибков Е. В. Эколого-географический анализ и оценка гидроэкологического риска на территории Восточного Донбасса в связи с реструктуризацией угольной промышленности : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.36. Р-н-Дону, 2011. 23 с.
2. Терриконы : монография / Л. Г. Зубова, А. Р. Зубов, А. А. Зубов, А. В. Харламова, С. Г. Воробьев, Ю. И. Макаришина, В. В. Буняченко. Луганск : Изд-во «Ноулидж», 2015. 712 с.
3. Шахта «Аютинская» [Электронный ресурс]. – URL: http://miningwiki.ru/wiki/Шахта_«Аютинская» (дата обращения: 24.10.2021).
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М. : Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

5. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. М. : Изд-во АН СССР, 1956. 246 с.

6. Pies C., Yang Y., Hofmann T. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in floodplain soils of the Mosel and Saar River // Journal of Soils and Sediments. 2007. Vol. 7. No. 4. P. 216–222.

7. Выбор микробиологических показателей для выполнения интегральной эколого-биологической оценки почв при переувлажнении / В. И. Кулагина, Л. М. Сунгатуллина, Р. М. Тагиров, С. С. Рязанов, А. М. Хисамова // Принципы экологии. 2019. № 4. С. 45–56. doi: 10.15393/j1.art.2019.9262

ПРОЦЕССЫ ДЕНИТРИФИКАЦИИ В ПОЧВАХ ТЕРРИТОРИИ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГЛЕОТХОДОВ ОКРУГА г. ШАХТЫ (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

*Е. П. Пуликова¹, А. В. Горовцов¹, Д. Г. Невидомская¹,
Т. М. Минкина¹, К. А. Казарян²*

¹ Южный федеральный университет, epulikova@sfedu.ru

² Ереванский государственный университет

В данной работе рассматривается влияние физико-химических свойств почв, прилегающих к породному отвалу углеотходов (террикону) округа г. Шахты (Ростовская область, Россия) на процессы денитрификации. Было установлено, что загрязнение тяжёлыми металлами сильнее влияет на нитри-редукцию, нежели на нитратредукцию. Загрязнение угольной фракцией в одинаковой степени пагубно для обоих процессов.

Ключевые слова: ферментативная активность, денитрификация, загрязнение, тяжелые металлы, цикл азота.

Добыча угля приводит к уничтожению растительности, изменению рельефа и ландшафта, нарушению гидрологического режима почвы. Складирование отходов угледобычи приводит к формированию антропогенного ландшафта – возникновению многометровых насыпей породных отвалов, называемых терриконами. В связи с этим почвенный покров прилегающих к породным отвалам территорий претерпевает значительные изменения [1, 2]. Уже с 1980 годов активно изучается нежелательное воздействие механизированной добычи угля на почву и растительность. Тем не менее, все еще мало работ, которые посвящены изучению её влияния на микробиологические процессы [1]. Поскольку микробное сообщество чувствительно к почвенной среде и связано с различными почвенными процессами, оно используется как экологический индикатор состояния почв многими исследователями [1]. Большинство работ посвящено изучению биологической активности в нерекультивируемых и рекультивируемых терриконах. Исследуется биологическая активность таких ферментов как дегидрогеназа, глюкозидаза, щелочная и кислая фосфатаза, уреазы [3], ацетилглюкозаминидазы (NAG), целлюлазы, амилазы,

протеазы, каталазы [4], инвертаза, полифенолоксидаза, определяется содержание органического углерода, общего, доступного и аммонийного азота [5]. Несмотря на важность изучения процессов цикла азота, трансформация этого элемента в почвах терриконов почти не изучена. Несбалансированность процессов трансформации азотистых соединений может оказывать серьёзное влияние на почвы и сопредельные среды. Например, нарушенность процессов денитрификации и нитрификации может привести к загрязнению почв и вод нитритами и нитратами, выделению парникового газа – закиси азота [6, 7].

Целью исследования стало изучение процессов цикла азота в почвах террикона.

Образцы были отобраны в июле 2021 года у подножья террикона шахты «Майская» округа города Шахты Ростовской области, Россия. Шахта «Майская» — угледобывающее предприятие, которое расположено на южном крыле Грушевско-Несветаевской синклинали примерно в 10 км к западу от г. Шахты. Шахта сдана в эксплуатацию в 1954 году, а в 2002 году была закрыта. Образец с площадки М3 представляет собой смесь из пустой породы и мелкой фракции угля. Как видно из рисунка 1, точки М6-М9 расположены по ходу удаления от террикона. Образец с площадки М6 представляет почву с примесью мелкой фракции угля, так как это одна из ближайших площадок к склону. Фоновая почва исследуемой территории представлена черноземом обыкновенным карбонатным малогумусным среднemocным на лессовидных тяжелых суглинках или глинах.

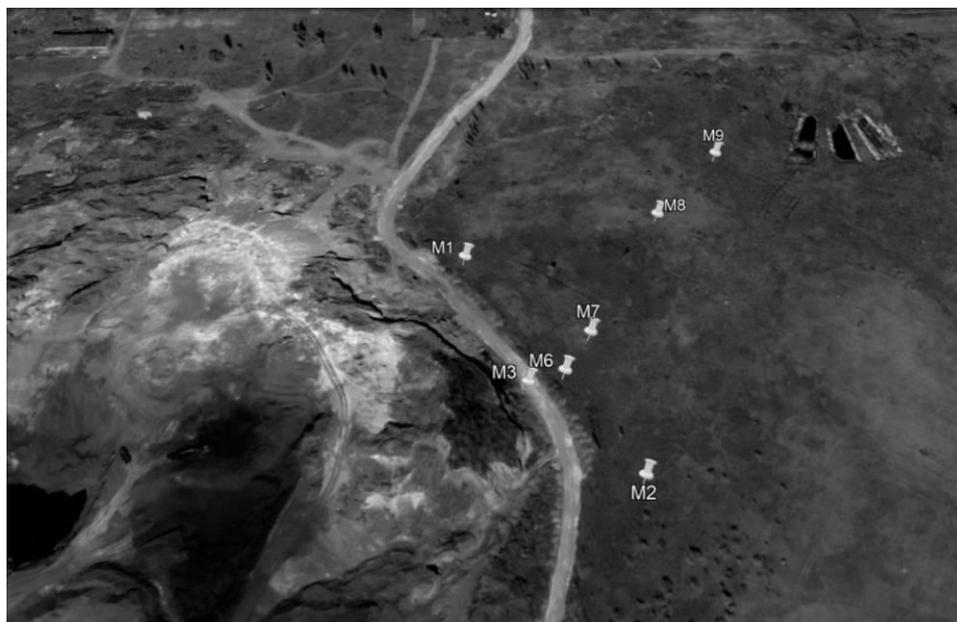


Рис. 1. Расположение площадок отбора почвенных проб

Отбор и подготовка почвенных образцов к анализу проводились согласно общепринятым методам [8]. Было определено содержание подвижных форм тяжёлых металлов (ТМ): Mn, Zn, Ni, Pb, Cu, методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии [9]. Суммарный показатель загрязнения почв (Zс) рассчитан по модифицированной методике расчёта Zс:

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1)$$

где K_c – коэффициент концентрации, равный отношению содержания подвижных форм ТМ в почве к его фоновому значению ($K_c = M_j / M_b$), n – количество химических элементов с $K_c > 1$ [10]. Активности нитратредуктазы и нитритредуктазы были определены по методике А.Ш. Галстяна [11]. Количественное определение нитрита проводилось в соответствии с ГОСТ 4517-87 [12].

Значения рН в исследуемых образцах колеблются от 4,0 (площадка М3) до 8,8 (площадка М6). По содержанию металлов наиболее загрязнённым является образец площадки М2, концентрации обменных форм Zn и Ni в этой площадке мониторинга выше концентраций по сравнению с другими заложёнными площадками (табл.). Допустимая степень загрязнения отмечается в почвах площадок М1, М9 ($Z_c = 9, 11$, соответственно). Несмотря на то, что площадки М6-М9 располагаются по ходу отдаления от террикона, только концентрация Ni плавно уменьшается, а концентрация Zn, наоборот, возрастает. На площадках М7 и М8 обнаружены максимальные содержания Mn и Pb, соответственно. Именно концентрации Ni сильно превышают фоновые значения, поэтому в большинстве почвенных образцов Z_c определялся преобладанием Ni. В связи с чем суммарный показатель загрязнения в точках М6-М9 снижается, что свидетельствует об источнике загрязнения.

Таблица

Химические характеристики почвенных образцов, отобранных у подножья террикона шахты «Майская»

Название площадки	рН	Подвижные формы металла, мг/кг почвы					Z_c	
		Mn	Zn	Ni	Pb	Cu		
М1	7,3	38,21	2,25	1,63	10,70	1,12	9	Допустимая
М2	7,9	128,64	29,08	19,50	3,23	1,95	48	Опасная
М3	4,0	142,50	11,26	6,98	5,81	4,39	26	Умеренно опасная
М6	8,8	113,23	2,19	8,50	9,16	2,65	23	Умеренно опасная
М7	8,3	208,79	3,15	6,24	3,33	2,04	19	Умеренно опасная
М8	8,5	62,84	3,60	1,34	19,40	2,34	18	Умеренно опасная
М9	8,5	86,24	3,35	1,17	4,16	4,94	11	Допустимая

Из рисунка 2 видно, что наибольшая денитрифицирующая активность была обнаружена в почве образца М1 (более 1000 мкг и около 400 мкг N-NO₂⁻ на один грамм абс. сухой почвы для нитратредукции и нитритредукции, соответственно). Отмечается, что на территории площадки М1 произрастают заросли тростника, который свидетельствует о повышенном увлажнении почвы. Как известно, анаэробные условия являются оптимальными для восстановления нитратов и нитритов [13], к тому же в почве на данной площадке не было обнаружено высоких концентраций ТМ. Низкая активность нитратре-

дуктазы была зафиксирована на площадке М3 (около 120 мкг на один грамм абс. сух. почвы), так как данный образец содержит в своем составе достаточное количество мелкой фракции угля с высоким содержанием солей. Площадка М2, которая по суммарному показателю считается опасной, активность нитритредуктазы самая низкая. Таким образом, в почве площадки М2 концентрация ТМ сильнее повлияла на активность нитритредуктазы, по сравнению с нитратредуктазой. В то же время, ТМ и угольная фракция в почве площадки М3 повлияли одинаково негативно на оба процесса денитрификации.

В почвенных образцах площадок М6-М9 наблюдается снижение активности нитритредукции по мере отдаления от террикона. При этом, нитритредукция в почве площадки М9 более чем 2,5 раза ниже чем в почве М6. Наиболее вероятно, что это связано с повышающейся концентрацией Zn, поскольку корреляционный анализ показал сильную отрицательную корреляцию активности нитритредуктазы и концентрации Zn в почве ($r = -0,92$, при $p < 0,01$). В ранних исследованиях также указывался токсический эффект Zn на активность денитрификации [14]. Между содержанием других исследуемых металлов и активностью ферментов денитрификации достоверных корреляций выявлено не было. Более низкая активность нитратредуктазы на площадке М6 по сравнению с М7, может объясняться присутствием в почве больших количеств мелкой фракции угля. Известно, что вместе с угольной пылью в почвах регионов угледобычи накапливаются полиароматические углеводороды [15], которые могут проявлять значительную токсичность и снижать интенсивность микробиологических процессов.

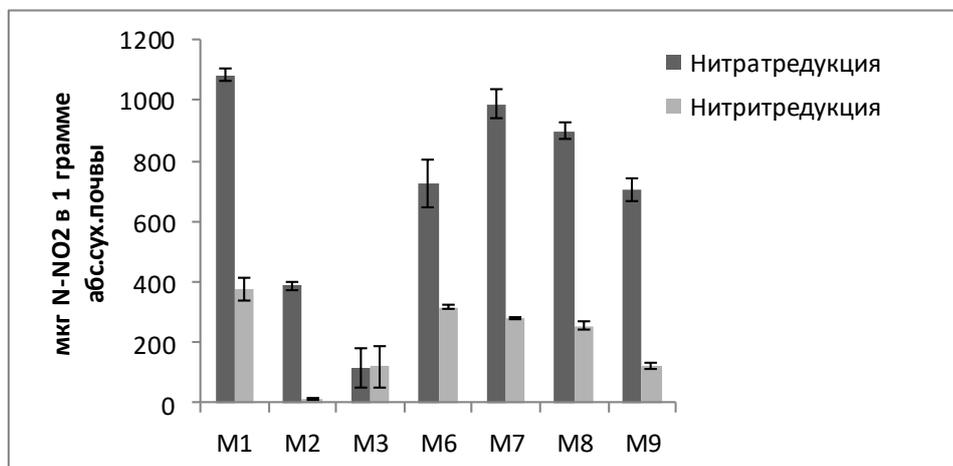


Рис. 2. Денитрифицирующая активность почвенных образцов

Активность процессов денитрификации зависит от действия множества факторов. Значимость факторов при определённых условиях может быть различной. Установлено, что загрязнение ТМ, особенно Zn, сильнее влияет на нитритредукцию нежели на нитратредукцию. Загрязнение почв угольной фракцией оказало отрицательное влияние на нитратредукцию, которая оказалась более чувствительным показателем, нежели нитритредукция. Таким образом, загрязнение металлами в первую очередь может привести к ингибированию нитритредуктазы, и это приведёт к накоплению нитритов и закисле-

нию почвы. Наличие угля в почве может привести к полному торможению процессов трансформации азота и нарушению их естественного протекания. Таким образом, изучаемые показатели чувствительны к загрязнениям и применимы для диагностики состояния антропогенно-преобразованных почв районов угледобычи.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ Арм_а, проект № 20-55-05014 и SC RA № 20RF-036.

Библиографический список

1. Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review / Y. Feng, J. Wang, Z. Bai, L. Reading // *Earth-Science Reviews*. 2019. Vol. 191. P. 12–25.
2. Sleptsov Y. Problem of Slagheaps of Donbass // *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2020. Vol. 217. P. 04005.
3. Van Coller C. Utilizing earthworm and microbial assays to assess the environmental effects of different mining activities : дис. North-West University, 2011.
4. A proposal of «core enzyme» bioindicator in long-term Pb-Zn ore pollution areas based on topsoil property analysis / J. Yang, F. Yang, Y. Yang, G. Xing, C. Deng, Y. Shen, H. Yuan // *Environmental Pollution*. 2016. Vol. 213. P. 760–769.
5. Effects of regenerating vegetation on soil enzyme activity and microbial structure in reclaimed soils on a surface coal mine site / J. Li, X. Zhou, J. Yan, H. Li // *Applied Soil Ecology*. 2015. Vol. 87. P. 56–62.
6. Anderson I. C., Levine J. S. Relative rates of nitric oxide and nitrous oxide production by nitrifiers, denitrifiers, and nitrate respirers // *Appl. Environ. Microbiol.* 1986. Vol. 51. № 5. P. 938–945.
7. Nitrate leaching and nitrous oxide flux in urban forests and grasslands / P. M. Groffman, C. O. Williams, R. V. Pouyat, L. E. Band, I. D. Yesilonis // *Journal of environmental quality*. 2009. Vol. 38. No. 5. P. 1848–1860.
8. ГОСТ 17.4.4.02-84 Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. 2008.
9. Фракционно-групповой состав соединений Mn, Cr, Ni и Cd в почвах техногенных ландшафтов (район Новочеркасской ГРЭС) / Т. М. Минкина, Г. В. Мотузова, С. С. Манджиева, О. Г. Назаренко, М. В. Бурачевская, Е. М. Антоненко // *Почвоведение*. 2013. № 4. С. 414–425.
10. Integral assessment of heavy metal pollution in Don River estuary soils / D. Nevidomskaya, T. Minkina, Y. Fedorov, O. Nazarenko, N. Kravtsova, Y. Litvinov // *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2020. Vol. 169. P. 01007.
11. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. Наука, 1990.
12. ГОСТ 4517-87 Реактивы. Методы приготовления вспомогательных реактивов и растворов, применяемых при анализе.
13. Почвенная микробиология / под. ред. Д. И. Никитина. пер. с англ. Колос, 1979.
14. Ecotoxicological effects of traffic-related pollutants in roadside soils of Moscow / O. Nikolaeva, V. Tikhonov, M. Vecherskii, N. Kostina, E. Fedoseeva, A. Astaikina // *Ecotoxicology and environmental safety*. 2019. Vol. 172. P. 538–546.
15. Pies C., Yang Y., Hofmann T. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in floodplain soils of the Mosel and Saar River // *Journal of Soils and Sediments*. 2007. Vol. 7. No. 4. P. 216–222.

ОСОБЕННОСТИ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ ИОНАМИ МЕДИ

Ю. П. Хранилов, Т. В. Еремеева, Л. Л. Лобанова, И. С. Юдинцев
Вятский государственный университет,
hran-yurij@yandex.ru, usr04759@vyatsu.ru, usr00803@vyatsu.ru,
stud127787@vyatsu.ru

Рассмотрены несколько аспектов дезинфекции воды ионами меди. С учётом образования гидроксокомплексов меди рассчитана её растворимость в диапазоне рН 5,5–8,5. Проведена оценка распределения анодно растворённой меди на насыщение воды в бассейнах и на взаимодействие с микроорганизмами и водорослями.

Ключевые слова: бассейновая вода, ионы меди, растворимость, расход меди.

Существуют различные методы дезинфекции хозяйственно-питьевой воды: хлорирование, озонирование, обработка ультрафиолетовыми лучами, обработка перекисью водорода, обработка ионами меди и серебра (электрофизический метод) и др. Электрофизический метод находит всё более широкое применение для дезинфекции сравнительно небольших объёмов воды (20–3000 м³) в частных и в общественных бассейнах. Очищаемая вода проходит через электролизёр с медными или серебряными анодами. За счёт их растворения под током образуются ионы меди или серебра. Часть этих ионов насыщает кварцевый песок фильтра, создаёт в нём дезинфекционный элемент, препятствующий образованию бактерий в фильтре. Основная часть ионов меди или серебра вместе с текущей водой попадает в бассейн. Положительно заряженные ионы меди и серебра образуют электростатические соединения на отрицательно заряженных участках стенок клеток микроорганизмов. Эти соединения изменяют проницаемость стенки клетки так, что нормальный приём пищи сводится к минимуму. Когда медь и серебро попадают внутрь клетки водоросли, они связывают серосодержащие аминокислоты, необходимые для фотосинтеза. Фотосинтез прекращается, и водоросль отмирает [1].

Рекомендуемая концентрация меди в воде бассейна 0,5–0,7 мг/л [1], что меньше, чем предельно допустимая концентрация меди в питьевой воде (1 мг/л [2]).

С учётом произведения растворимости (ПР) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ($8,3 \cdot 10^{-20}$ [3]) и констант устойчивости гидроксокомплексов меди можно рассчитать общую растворимость меди (моль/л) $[\text{Cu}^{2+}]_{\text{общ}}$ (в виде гидратированных ионов Cu^{2+} и гидроксокомплексов) при различных рН по уравнению:

$$[\text{Cu}^{2+}]_{\text{общ}} = [\text{Cu}^{2+}] + [\text{CuOH}^+] + [\text{Cu}(\text{OH})_2] + [\text{Cu}(\text{OH})_3^-] + [\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}],$$

где $[\text{Cu}^{2+}] = \text{ПР} / [\text{OH}^-]^2$ (активность гидратированных катионов меди);
активность $[\text{CuOH}^+] = K_1 [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]$;

активность $[\text{Cu}(\text{OH})_2] = K_{1,2} [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$;
 активность $[\text{Cu}(\text{OH})_3^-] = K_{1,2,3} [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^3$;
 активность $[\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}] = K_{1,2,3,4} [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^4$.

Значения логарифмов констант устойчивости гидроксокомплексов меди $K_1, K_{1,2}, K_{1,2,3}, K_{1,2,3,4}$ равны соответственно 6,0; 10,7; 14,2 и 16,4 [3].

Результаты расчётов для диапазона pH 5,5 – 8,5 приведены в таблице.

Таблица

Результаты расчётов растворимости меди

pH	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
$[\text{Cu}^{2+}]_{\text{общ}}$	$8,33 \cdot 10^{-3}$	$8,38 \cdot 10^{-4}$	$8,56 \cdot 10^{-5}$	$9,13 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$3,87 \cdot 10^{-8}$
$[\text{Cu}^{2+}]_{\text{общ}}, \text{ мг/л}$	529	53,2	5,44	0,58	0,07	0,0108	0,00246

Из табл. следует, что при увеличении pH на 0,5 ед. расчётная растворимость меди снижается в 9,9 – 4,4 раза. При pH воды в бассейне 7 и ниже рекомендуемая для дезинфекции концентрация меди может быть достигнута. Отметим, что согласно [2] pH питьевой воды должен находиться в пределах от 6 до 9.

При работе электролизёра с медными электродами на аноде проходит реакция: $\text{Cu} - 2e \rightarrow \text{Cu}^{2+}$; на катоде выделяется водород и происходит подщелачивание: $2 \text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$. Часть катионов меди может взаимодействовать с гидроксил-ионами с образованием осадка $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Чтобы свести к минимуму возможность образования осадка, через электролизёр с большой скоростью прокачивается бассейновая вода. Согласно [1], за сутки через фильтр прокачивается 2 – 3 объёма воды бассейна.

Анодно растворённая медь расходуется, во-первых, на создание оптимальной концентрации и, во-вторых, на взаимодействие с микроорганизмами и водорослями. На основе приведённой в [1] информации можно оценить соотношение между составляющими расхода меди.

На частный бассейн объёмом 20 м^3 расходуется 80 г меди в месяц. Для доведения в воде с pH 7 концентрации меди до 0,58 мг/л (см. табл.) требуется анодно растворить $0,58 \cdot 10^{-3} \text{ г/л} \cdot 20 \cdot 10^3 \text{ л} = 11,6 \text{ г}$ меди, что составляет 14,5 % от общего расхода меди. Приняв, что на электролизёр подаётся ток 0,5 А [1], получим время t насыщения бассейновой воды равным

$$t = 11,6 \text{ г} / (0,5 \text{ А} \cdot 1,185 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})) = 19,6 \text{ ч (приблизительно сутки)}.$$

Остальные 68,4 г меди при токе 0,5 А будут растворяться в течение $584 \text{ г} / (0,5 \text{ А} \cdot 1,185 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})) = 115,4 \text{ ч}$, что требует включения электролизёра в работу в среднем 4 часа в сутки.

Аналогичный расчёт для общественного бассейна с объёмом 100 м^3 , для которого расход меди составляет 800 г в месяц [1], даёт следующие результаты. При силе тока в 5 раз большей (2,5 А) время достижения концентрации 0,58 мг/л будет тем же (19,6 ч). Соотношение между расходом меди на насыщение бассейновой воды и расходом на дезинфекцию будет уже другим (7,25 и 92,75 %), что обусловлено большей интенсивностью эксплуатации обще-

ственного бассейна по сравнению с частным. Среднее расчётное время работы электролизёра в общественном бассейне составляет 8,64 ч в сутки.

Библиографический список

1. О технологии очистки воды серебром и медью [Электронный ресурс]. – URL: http://www.project-aqua.ru/images/pdf/instr_necon?NECON.pdf (дата обращения: 21.03.2021).
2. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора, 2002. 103 с.
3. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. М. : Химия, 1989. 448 с.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ФОТОТРОФНЫХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ

К. А. Безденежных¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, karina.bezdenezhnykh@mail.ru*

² *Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук*

Проведен анализ видовой структуры и количественных показателей фототрофных микробных сообществ хвойных и луговых фитоценозов района объекта «Марадыковский». В почвах исследованных экосистем не наблюдается эффекта «цианобактеризации», который сопутствует химически загрязненным почвам.

Ключевые слова: фитоценоз, фототрофные микробные сообщества, цианобактеризация.

Цианобактерии (ЦБ) широко используются в качестве биоиндикационных организмов при различных видах загрязнения почвенной среды [1–3].

В процессе уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ потенциальным загрязнителем почвенной среды является метилфосфоновая кислота (МФК), представляющая собой конечный продукт разложения зарина и зомана [4]. При воздействии МФК на почвенные микромицеты отмечены колебания длины мицелия и количества спорангий [5]. Метилфосфоновая кислота оказывает влияние и на почвенные фототрофные микроорганизмы – водоросли и ЦБ [6]. Установлено, что в определенных концентрациях метилфосфоновая кислота оказывает стимулирующий эффект на развитие ЦБ [7]. Доминирование в структуре фототрофных микробных комплексов ЦБ получило название эффекта «цианобактеризации». Данный эффект отмечен для техногенно-загрязненных и урбанизированных почв [8–9].

Цель исследования – анализ видовой структуры фототрофных микробных сообществ и определение количественных показателей альгоцианобактериальной флоры.

В изученных хвойных фитоценозах района объекта «Марадыковский» отмечено, что видовое обилие ЦБ невелико (6 видов). Это характерно для подзолистых почв данных фитоценозов. Малое видовое разнообразие ЦБ в хвойных фитоценозах сопровождается и их незначительной численностью – от 2,8 до 18,0 тыс. кл./г почвы, в то время как максимальная численность эукариотных водорослей достигает 278,0 тыс. кл./г (табл. 1). Вследствие этого в структуре фототрофных популяций (по количественному обилию) на долю ЦБ приходится всего 3,2–6,2% (рис. 1).

Таблица 1

**Численность почвенных водорослей и цианобактерий
лесных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский»
(тыс. кл./г. почвы)**

Фитоценоз	№ участка	Численность водорослей	%	Численность ЦБ	%	Всего
Сосновые леса	19	123,6±14,9	96,1	5,0±2,4	3,9	128,6±17,3
	34	86,7±7,7	94,1	5,4±2,8	5,9	92,1±10,5
	46	78,9±9,9	96,6	2,8±2,0	3,4	81,7±11,9
	47	82,1±9,3	95,9	3,5±1,9	4,1	85,6±11,2
	65	104,1±8,8	95,1	5,4±2,2	4,9	109,5±11,0
	112	278,0±13,6	93,9	18,0±3,8	6,1	296,0±17,4
Еловые леса	13	123,3±8,7	93,8	8,2±3,0	6,2	131,5±11,7
	17	118,0±11,2	93,7	7,9±2,2	6,3	125,9±13,4
	36	138,1±9,4	94,0	8,8±2,2	6,0	146,9±11,6
	55	116,6±8,8	96,6	4,1±1,5	3,4	120,7±10,3
	59	131,6±9,1	96,8	4,4±1,5	3,2	136,0±10,6

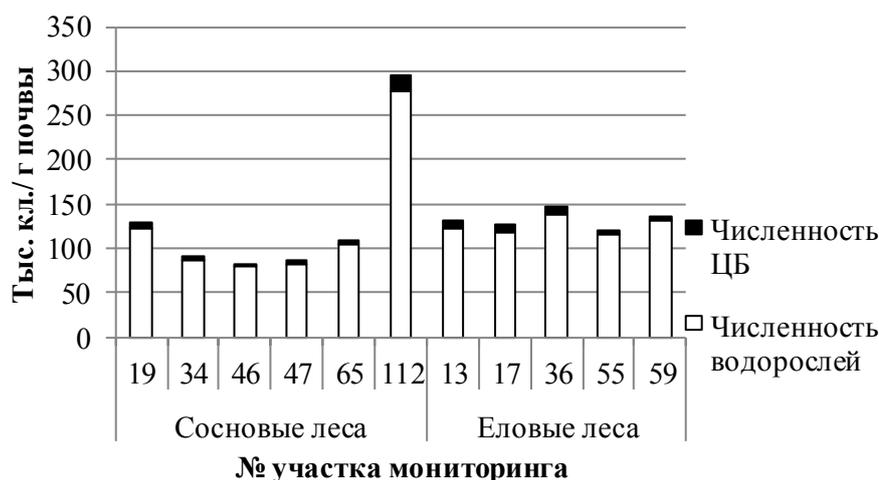


Рис. 1. Численность почвенных водорослей и цианобактерий лесных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский»

В почве луговых фитоценозах района объекта видовое разнообразие ЦБ по сравнению с хвойными лесами выше – 28 видов, однако их количественные показатели также невелики и варьируют от 2,5 до 20,8 тыс. кл./ г почвы

(табл. 2). Максимальная численность почвенных водорослей характерна для пойменных лугов, где она достигает значений до 513,6 тыс.кл./ г почвы. В луговых экосистемах в структуре фототрофных популяций на долю ЦБ приходится лишь от 1,8 до 6,9% (рис. 2).

Таблица 2

**Численность почвенных водорослей и цианобактерий
луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский»
(тыс. кл./г. почвы)**

Фитоценоз	№ участ-ка	Численность водорослей	%	Численность ЦБ	%	Всего
Суходольные луга	10	106,6±12,3	97,4	2,8±2,0	2,6	109,4±14,3
	39	128,6±10,6	96,9	4,1±2,1	3,1	132,7±12,7
	41	137,5±13,5	98,2	2,5±2,2	1,8	140,0±15,7
	57	243,7±17,2	93,1	18,0±2,8	6,9	261,7±20,0
	60	235,2±8,0	97,4	6,3±2,4	2,6	241,5±10,4
	103	286,3±8,9	95,2	14,5±3,0	4,8	300,8±11,9
	111	177,2±11,5	97,0	5,4±2,2	3,0	182,6±13,7
Пойменные	54	248,8±17,8	95,5	11,7±2,2	4,5	260,5±20,0
	66	487,7±24,5	98,2	8,8±2,2	1,8	487,5±26,7
	79	492,8±11,6	96,0	20,8±2,8	4,0	513,6±14,4

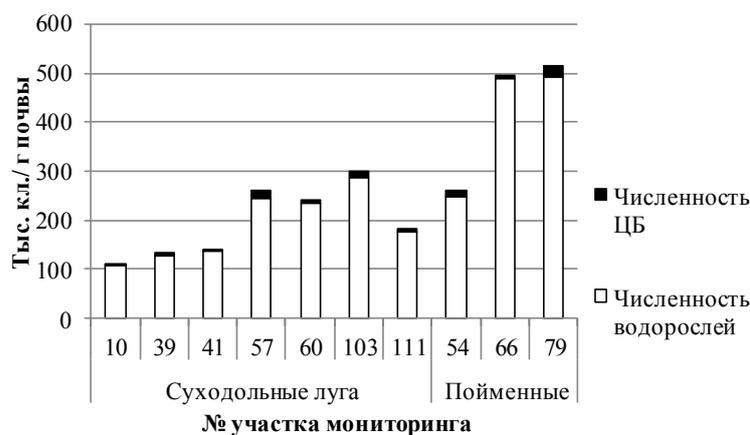


Рис. 2. Численность почвенных водорослей и цианобактерий луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский»

Таким образом, в структуре фототрофных популяций в лесных фитоценозах (по количественному обилию) на долю ЦБ приходится всего 3,2–6,2%. В луговых фитоценозах, видовое разнообразие цианобактерий в почвах выше, по сравнению с хвойными лесами, однако их количественные показатели также невелики. В структуре фототрофных популяций на долю ЦБ в луговых экосистемах приходится лишь от 1,8 до 6,9%. В почвах исследованных хвойных и луговых экосистем не наблюдается эффекта «цианофитизации», который сопутствует химически загрязненным почвам.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздей-

ствия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.

Библиографический список

1. Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв южной тайги Европейской части России) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08. Сыктывкар, 2012. 34 с.
2. Домрачева Л. И. Индикационная роль «цветения» почвы при оценке её состояния // Экология и почвы. Пушино, 1998. Т. 2. С. 104–119.
3. Количественная характеристика альго-микологических комплексов луговых и лесных почв / Л. И. Домрачева, Е. В. Дабах, Г. Я. Кантор, Т. Я. Ашихмина // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2005. № 8. С. 16–18.
4. Франке З. Химия отравляющих веществ. В 2 т. Т. 1: [пер. с нем.]. М. : Химия, 1973. 440 с.
5. Биоиндикация и биотестирование природных сред как основа экологического контроля на территории зоны защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия / Т. Я. Ашихмина, Л. И. Домрачева, Л. В. Кондакова, С. Ю. Огородникова, Т. И. Кочурова, Г. Я. Кантор // Рос. хим. ж. (Ж. Росс. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). 2007. Т. LI, № 2. С. 59–63.
6. Инварианты организации фототрофных микробных сообществ дерново-подзолистой почвы при действии метилфосфоновой кислоты / Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева, С. Ю. Огородникова, Т. Я. Ашихмина // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научный и образовательный аспекты : материалы Всерос. науч. школы. Киров : «Старая Вятка», 2005. С. 62–65.
7. Метилфосфоновая кислота как регулятор биологических процессов в экологических системах: действие на микроорганизмы, ферментативную активность и высшие растения / Т. Я. Ашихмина, Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева, С. Ю. Огородникова // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 78–87. doi: 10.25750/1995-4301-2007-2-078-87
8. Кондакова Л. В., Домрачева Л. И. Использование водорослей для биоконтроля состояния почвы при ее химическом загрязнении // «Водоросли: таксономия, экология, использование в мониторинге. Екатеринбург : УрО РАН, 2011. С. 294–299.
9. Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока / Под ред. Т. Я. Ашихминой, Л. И. Домрачевой. Киров : Изд-во ВятГУ, 2012. 282 с.

СУКЦЕССИЯ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ПОЧВ ТЕХНОГЕННОГО ЛАНДШАФТА

Л. В. Кондакова^{1,2}, Е. В. Дабах¹

¹ *Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук,*

² *Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com*

На территории ликвидированного хранилища жидких отходов химического производства изучали формирующиеся ценозы почвенных фототрофных микроорганизмов на разных по составу и свойствам субстратах, использованных для засыпки хранилища. Формирующийся видовой состав альгогруппировок зависит от загрязнения субстрата и степени развития высших

растений. На участках мониторинга выявлено 63 вида почвенных микрофототрофов, по числу видов преобладают цианобактерии ЦБ.

Ключевые слова: хранилище жидких отходов, фототрофные микроорганизмы, мониторинг.

Водоросли и цианобактерии (ЦБ) являются первыми поселенцами и гумусообразователями на начальной стадии почвообразования как в природных ландшафтах, так и на техногенных территориях.

В процессе сукцессии на видовой состав альгогруппировок оказывает влияние загрязнение субстрата. Стадии развития альгоцианофлоры на территориях, подвергнутых техногенной нагрузке, описаны в литературе [1].

Процесс почвообразования на техногенных территориях предполагает сочетание природных факторов почвообразования и техногенных особенностей. На территории рекультивируемых хвостохранилищ техногенным фактором является состав и свойства субстрата, от которых зависит развитие биоценоза [2].

Цель работы – изучить особенности формирования альгоценоза на разных по составу и свойствам субстратах, использованных для рекультивации хранилища жидких отходов.

Объектом исследования были почвенные пробы, отобранные на территории хвостохранилища жидких отходов производства химических предприятий г. Кирово-Чепецка Кировской области после его рекультивации в 2012 г. Мониторинг проводился на 4 площадках, заложенных в июле 2019 г.; 5 площадка была заложена в 2021 г. Почвы на площадках мониторинга отличались по гранулометрическому составу: на 1-й площадке субстрат был представлен песком с примесью гальки, на 2-й – суглинком, на 3-й щебнисто-суглинистым карбонатным материалом, на 4-й – гипсовой коркой. 5 площадка находится в понижении рельефа, представлена легкосуглинистым материалом, перекрытым слоем слабо разложившихся растительных остатков.

Отбор почвенных проб почв осуществлялся в 2019–2021 гг. Пробы на альгологический анализ отбирались с глубины 0–5 см, средняя проба составлялась из пяти индивидуальных проб объемом 125 см³ каждая. Видовой состав альгофлоры определяли методом прямого микроскопирования почвы и постановкой чашечных культур со стеклами обрастания [1]. Идентификация водорослей и цианобактерий (ЦБ) проводилась по сериям отечественных и зарубежных определителей.

За период наблюдений на участках мониторинга выявлено 63 вида почвенных микрофототрофов, в том числе: Cyanobacteria – 30; Chlorophyta – 18; Xanthophyta – 5; Eustigmatophyta – 3; Bacillariophyta – 7. По числу видов преобладают ЦБ, второе место занимают зелёные водоросли. Отмечено мало видов жёлтозелёных и эустигматофитовых водорослей. Согласно зональному распределению альгофлоры в почвах лесной зоны по видовому разнообразию

преобладают представители отдела Chlorophyta. Количество видов водорослей и ЦБ приведено в таблице.

Таблица

Количество видов водорослей на площадках мониторинга в 2019–2021 гг.

Отделы	Год	Количество видов						
		№ площадки мониторинга					всего видов	
		1	2	3	4	5	Ед.	%
Cyanobacteria	2019	12	7	8	4	–	16	44
	2020	11	12	3	4	–	15	48
	2021	15	4	1	2	12	30	47
Chlorophyta	2019	3	6	11	5	–	12	33
	2020	5	5	5	3	–	9	29
	2021	9	3	4	10	4	18	28
Xanthophyta+Eystigmatophyta	2019	0	1	2	0	–	3	8
	2020	1	1	0	0	–	2	6
	2021	4	0	0	0	3	8	12
Bacillariophyta	2019	2	4	2	0	–	5	13
	2020	4	5	1	0	–	5	16
	2021	4	3	2	0	2	7	11
Всего видов на участке	2019	17	18	22	9	–	36	100
Всего видов на участке	2020	21	23	9	7	–	31	100
Всего видов на участке	2021	32	10	7	12	21	63	100

Примечание: – отсутствие данных.

Наибольшее видовое разнообразие отмечено на площадке № 1 – 32 вида. Заселение данной территории идет постепенно, видовое разнообразие за три года увеличилось почти в два раза. На площадке № 2 разнообразие видов резко уменьшилось в связи с развитием ассоциации *Agropyron repens* Beauv. Плотная дернина пырея негативно отразилась на развитии водорослей и на площадке № 3. На площадке № 4 наблюдается медленное увеличение видового разнообразия микрофототрофов вследствие интенсивного выветривания гипсовой корки. На 5 площадке отмечен 21 вид водорослей. В составе доминирующих видов на всех участках мониторинга преобладают ЦБ, более устойчивые к химическому загрязнению почв. Доминирующими видами ЦБ на площадках являются безгетероцистные формы – представители родов *Phormidium* и *Leptolyngbya*. На первом участке в состав доминантов входит азотфиксирующая ЦБ *Nostoc punctiforme*. Интенсивное развитие диатомовых водорослей отмечено на втором, третьем и пятом участках. Состав доминирующих видов по годам наблюдений имеет слабое сходство, за исключением четвертого участка, где группировка доминантов не изменяется. На этом участке постепенно разрушающейся гипсовой корки состав растительности очень бедный, условия среды более стабильные.

Таким образом, после ликвидации хвостохранилища в почвах на его территории формируется группировка фототрофных микроорганизмов, включающая основные отделы почвенных водорослей. Видовой состав микрофототрофов характерен для почв региона. Доминантами сообществ являются

цианобактерии – организмы, завершающие сезонную сукцессию микрофототрофов и являющиеся толерантными к негативным факторам среды.

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

Библиографический список

1. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М. : Наука, 1976.
2. Кондакова Л. В., Дабах Е. В., Кислицына А. П. Формирование биоценоза на техногенных отходах // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 129–135. doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-129-135

ВЛИЯНИЕ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.) НА ФОТОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ ПОЧВЫ

Л. В. Кондакова^{1,2}, *А. П. Кислицына*³

¹ *Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук,*

² *Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com*

³ *Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого*

Изучалось влияние *Heracleum sosnowskyi* на фототрофные микроорганизмы дерново-подзолистой почвы. В почве под борщевиком было выявлено 25 видов микрофототрофов, на разнотравно-злаковом участке – 22. Коэффициент Жаккара сравниваемых участков равен 42%. Реакция микрофототрофов на *H. sosnowskyi* проявляется на видовом уровне. Сравнение альгофлор по таксонам указывает на умеренное сходство представителей Cyanobacteria (К_j 38%), Chlorophyta (К_j 37%), Xanthophyta (К_j 33%) и высокое сходство Bacillariophyta (К_j 75%).

Ключевые слова: борщевик Сосновского, фототрофные микроорганизмы, водоросли, цианобактерии.

Высшие растения, несомненно, оказывают сильное влияние на почвенную микрофлору. Развитие микроорганизмов в корневой зоне растений стимулируется корневыми экссудатами и ризодепозитами. Корневые экссудаты – низкомолекулярные органические вещества, продукты фотосинтеза и метаболизма растения (сахара, органические кислоты, аминокислоты, спирты, фитогормоны, витамины и др.). Корневые ризодепозиты включают высокополимерные слизи полисахаридной и белковой природы, ферменты, слущивающиеся поверхностные клетки корня и др. Масса корневых выделений может составлять более 30–40% продуктов фотосинтеза [1].

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) – травянистое растение семейства сельдерейные (*Apiaceae*). Признан растением, опасным для человека и животных, при непосредственном контакте вызывает ожоги кожных покровов. В то же время установлено, что в биоклиматических условиях средней тайги продуктивность *H. sosnowskyi* в постагrogenных экосистемах существенно выше биопродуктивности растительных сообществ суходольных и пойменных лугов [2]. Плотные заросли борщевика изменяют световой режим и влажность почвы – факторы, главные для развития почвенных микрорототрофов.

Цель данной работы заключалась в изучении влияния *Heracleum sosnowskyi* на фототрофные микроорганизмы почвы.

Отбор почвенных проб проведен в весной 2021 г. на постагrogenном поле в самоподдерживающихся монодоминантных зарослях борщевика на территории южной тайги (Шабалинский район Кировской области). Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, средние смешанные образцы почвы были отобраны с глубины 0-10 см. В качестве контроля была взята почвенная проба без инвазии борщевика.

Изучение видового состава альгофлоры проводили методом постановки чашечных культур со стеклами обрастания. Определение видового состава проводили по сериям отечественных и зарубежных определителей.

В почве под борщевиком было выявлено 25 видов микрорототрофов, на разнотравно-злаковом участке – 22. Соотношение числа видов основных систематических групп микрорототрофов сравниваемых участков отличалось незначительно (табл. 1).

Таблица 1

Количество видов микрорототрофов на участках

Отделы	Почва под борщевиком		Почва на разнотравно-злаковом участке		Всего видов	
	число видов	процент	число видов	процент	число видов	процент
Cyanobacteria	14	56	11	50	18	54
Chlorophyta	6	24	5	23	8	25
Xanthophyta	2	8	2	9	3	9
Bacillariophyta	3	12	4	18	4	12
Всего видов	25	100	22	100	33	100

Всего в почвах вариантов выявлено 33 вида водорослей и ЦБ. По числу видов доминируют ЦБ, составляя 54% общего видового разнообразия (табл. 2).

Коэффициент Жаккара сравниваемых участков равен 42%, что указывает на умеренное сходство альгофлор. Сравнение альгофлор по систематическим группам указывает на умеренное сходство альгофлор Cyanobacteria (K_j 38%), Chlorophyta (K_j 37%), Xanthophyta (K_j 33%) и высокое сходство представителей Bacillariophyta (K_j 75%).

**Видовой состав альгофлоры на участках
под борщевиком и разнотравно-злаковым**

Названия видов	Почва под борщевиком	Почва на разнотравно-злаковом участке
Cyanobacteria		
<i>Anabaena sphaerica</i> Born. et Flah. <i>f. sphaerica</i>	+	+
<i>Cylindrospermum licheniforme</i> (Bory) Kütz.	+	+
<i>Leptolyngbya angustissima</i> (W. et G.S. West) Anagn. et Kom.	+	+
<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. et Gom.) Anagn. et Kom.	+	
<i>Leptolyngbya notata</i> (Schmidle) Anagn. et Kom.	+	
<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gom.) Anagn. et Kom.	+	
<i>Pseudophormidium edaphicum</i> (Elenk.) Anagn. et Kom.	+	
<i>Nostoc punctiforme</i> (Kütz.) Hariot	+	+
<i>Nostoc linckia</i> (Roth) Born. et Flah. <i>f. muscorum</i> (Ag.) Elenk.	+	
<i>Oscillatoria</i> sp.		+
<i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom.	+	
<i>Phormidium aerugineo-caeruleum</i> (Gom.) Anagn. et Kom.		+
<i>Phormidium boryanum</i> Kütz.	+	+
<i>Phormidium formosum</i> (Bory ex Gom.) Anagn. et Kom.		+
<i>Phormidium breve</i> (Kütz. ex Gom.) Anagn. et Kom.		+
<i>Phormidium uncinatum</i> (Ag.) Gom.	+	+
<i>Phormidium jadinianum</i> Gom.	+	+
<i>Microcoleus vaginatus</i> (Vauch.) Gom.	+	
Chlorophyta + Streptophyta		
<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Menegh.	+	+
<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch. in Pasch. <i>var. gloeogama</i>	+	+
<i>Chlorophyta</i> sp.	+	+
<i>Cosmarium cucumis</i> (Corda) Ralfs	+	
<i>Klebsormidium nitens</i> (Menegh. in Kütz.) Lokh.	+	
<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Mainx) Fott		+
<i>Stichococcus minor</i> Näg.		+
<i>Stichococcus chodatii</i> (Bial.) Heer.	+	
Xanthophyta		
<i>Characiopsis minima</i> Pasch.	+	+
<i>Bumilleriopsis brevis</i> (Gern.) Printz		+
<i>Bumilleria klebsiana</i> Pasch.	+	
Bacillariophyta		
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun.	+	+
<i>Luticola mutica</i> (Kütz.) Mann in Round et al.	+	+
<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.		+
<i>Navicula</i> sp.	+	+
Всего видов	25	22

Таким образом, реакция микрофототрофов на *H. sosnowskyi* проявляется на видовом уровне. При общем сходстве количественных показателей видов ЦБ и водорослей соотношение видов по систематическим группам различается.

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

Библиографический список

1. Экология микроорганизмов. Учебник для студ. Вузов / под ред. А. И. Нетрусова. М. : Издательский центр «Академия», 2004. 272 с.

2. Влияние инвазии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на плодородие постагрогенных почв Европейского Северо-Востока / Е. М. Лаптева, И. Г. Захожий, И. В. Далькэ, Ю. А. Смотрина, Э. А. Генрих // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3 С. 66–73. doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-066-073

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВОДНЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Е. Е. Гаевский, А. С. Романюк

Белорусский государственный университет, gaevski@rambler.ru

В статье представлен опыт использования различных типов водных культур, представленных в литературе, для выявления почвенных водорослей и поиск наиболее эффективной водной культуры с целью выявления наибольшего количества видов водорослей. Для исследования использовалась дерново-подзолистая песчаная почва разной степени окультуривания.

Ключевые слова: водные культуры, водоросли, таксономический состав, песчаная почва.

Изучение почвенных водорослей очень актуально и перспективно в настоящее время: они оказывают влияние на физико-химические свойства почвы, создают первичную продукцию, служат пищей для гетеротрофных организмов, являются первопоселенцами нарушенных почв и техногенных субстратов. Для водорослей характерна специфическая чувствительность к действию антропогенных факторов и быстрая реакция на изменение условий существования, что указывает на их высокий потенциал при оценке экологического состояния почвенного покрова [1].

Почвенные водоросли Беларуси являются мало изученной группой микроорганизмов. Исследования в области почвенной альгологии в нашей республике проводились Э. Н. Ваулиной [2] в 50–60-х гг. XX в. Полученные ею данные позволили установить таксономический состав почвенных водорослей некоторых районов Беларуси. Комплексные исследования структуры

сообществ почвенных водорослей окультуренных почв в литературе крайне немногочисленны. Альгофлора почв сельскохозяйственного назначения в республике мало изучена [3]. Индикационная значимость видов почвенных водорослей выявлена в нашей стране только для антропогенно-нарушенных территорий [4, 5].

Целью исследования является проведение сравнительной характеристики структуры сообществ почвенных водорослей дерново-подзолистой песчаной почвы разной степени окультуривания путем культивирования в различных типах водных культур.

Для изучения видового состава сообществ почвенных водорослей в отобранных вариантах почвы проводили исследования в водных культурах. Для приготовления водных культур водорослей использовались следующие минеральные среды [6, 7]:

1) Среда Бристоль в модификации Голлербаха (г/л дистиллированной воды): $\text{NaNO}_3 - 0,25$; $\text{KH}_2\text{PO}_4 - 0,25$; $\text{MgSO}_4 - 0,15$; $\text{CaCl}_2 - 0,05$; $\text{NaCl} - 0,05$; $\text{FeCl}_3 -$ следы; $\text{pH} - 4,3$;

2) Среда Данилова: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 - 0,2$ г, $\text{K}_2\text{HPO}_4 - 0,2$ г, почвенная вытяжка 250 мл, дистиллированная вода 750 мл. Почвенная вытяжка готовится из садовой почвы (можно заменить испытуемой почвой) путем взбалтывания почвы и последующей фильтрации через весь объем почвы в соотношении 1 весовой части почвы на 4 части воды;

3) Среда Громова №6: $\text{KNO}_3 - 1,0$; $\text{K}_2\text{HPO}_4 - 0,2$; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 0,2$; $\text{CaCl}_2 - 0,15$; $\text{NaHCO}_3 - 0,2$; микроэлементы – 1 мл исходного раствора; $\text{pH} - 7,0$. Раствор микроэлементов (г/л): $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 0,022$; $\text{MnSO}_4 - 1,81$; $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O} - 0,079$; $\text{NaBO}_3 \times 4\text{H}_2\text{O} - 2,63$; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O} - 1,0$; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 9,3$; $\text{CaCl}_2 - 1,2$; $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times \text{H}_2\text{O} - 0,02$; трилон Б (ЭДТА) – 10,0.

4) Среда Бенке: $\text{NH}_4\text{NO}_3 - 0,2$; $\text{CaCl}_2 - 0,1$; $\text{K}_2\text{HPO}_4 - 0,1$; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 0,1$; $\text{FeCl}_6 -$ следы.

5) Среда Тамийя: $\text{KNO}_3 - 2,5$; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 1,25$; $\text{KH}_2\text{PO}_4 - 0,625$; железо лимоннокислое – 0,003; микроэлементы.

После приготовления водной среды ее разливали в конические колбочки невысоким слоем, затем закрывали ватными пробками и стерилизовали при 120 °С 20 мин. Для посева среды использовали небольшое количество свежей почвы, брали навеску почвы 1 г, придерживаясь принципа средней пробы из образца, использовали 2–3-кратную повторность опыта. Затем культуры инкубировались на свету. Просмотр культур водорослей производили многократно в течение месяца. Развитие культур водорослей начинается после 2–3 недель с начала момента инкубирования.

Для приготовления препаратов отбирали на предметное стекло пробы налетов и пленок со дна и стенок колб, с поверхности и из толщи раствора.

Для установления видовой принадлежности водорослей использовали общепринятые определители.

На исследованных участках с использованием водных культур было выявлено 23 вида почвенных водорослей, принадлежащих к четырем отде-

лам: Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta и Bacillariophyta. По видовому разнообразию преобладали представители отделов Cyanophyta и Chlorophyta. Отделы Euglenophyta и Bacillariophyta представлены лишь единичными видами. Большинство обнаруженных представителей альгофлоры имели Ch-, H- и P-жизненные формы.

Наиболее подходящей для выявления почвенных водорослей в нашем исследовании является водная среда Данилова. На ней было определено 18 видов водорослей, что являлась наибольшим значением среди всех анализируемых водных культур. Также для этой среды характерен самый высокий показатель В/Р (видовая насыщенность родов), который составил 1,2. Хорошими показателями выявленных видов обладают также водные среды Громова №6 и Бенекке. В них было обнаружено 17 видов водорослей. Среда Бристоль является наименее подходящей для культивирования почвенных водорослей. В ней было обнаружено лишь 4 вида почвенных водорослей.

При сравнении количества выявленных видов водными культурами и почвенными обнаружено, что видовой состав в чашках Петри больше (32 вида), чем в водных культурах (23 вида).

Библиографический список

1. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М. : МГУ, 2005. 448 с.
2. Ваулина Э. Н. Состав и распределение водорослей в некоторых характерных почвах БССР : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова, Л., 1956. 30 с.
3. Гаевский Е. Е., Буховец В. В. Структура водорослевых сообществ дерново-подзолистой оптимизированной песчаной почвы // Вестник БГУ. Сер. 2, 2015. № 1. С. 59–64.
4. Бачура Ю. М., Храмченкова О. М. Почвенные водоросли некоторых антропогенно-нарушенных территорий // Экологический вестник, 2010. № 4 (14). С. 21–28.
5. Бачура Ю. М. Структура сообществ почвенных водорослей и их использование для альгоиндикации почв (на примере Гомельского региона) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08. Гомель, 2013. 25 с.
6. Зенова Г. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. М. : МГУ, 1990. 80 с.
7. Кузяхметов Г. Г., Дубовик И. Е. Методы изучения почвенных водорослей. Уфа : Изд-во Башкирск. ун-та, 2001. 60 с.

СЕКЦИЯ 5 ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

АНАТОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК *EREMOGONE SAXATILIS* (СЕМ. CARYOPHYLLACEAE)

К. Д. Белова

Вятский государственный университет, koposova2013@yandex.ru

Статья посвящена изучению листовых пластинок *Eremogone saxatilis* (L.) Иконн на анатомическом уровне и выявлению их особенностей в строении. В целом анатомическая структура листа изученного вида имеет ксероморфные черты, что свидетельствует о происхождении пустынницы скальной в зоне с сухим климатом.

Ключевые слова: *Eremogone saxatilis*, листовая пластинка, эпидерма, устьичный аппарат, мезофилл, ксероморфность.

В современной науке активно проводят исследования по разработке теоретических основ сохранения биоразнообразия. В следствие этого появление более подробных и детальных характеристик, отражающих специфику биологии вида по отношению к биотопу, важно и необходимо для выявления адаптационных признаков редких и охраняемых видов растений, а также понимания возможностей существования их на границе ареалов.

Местообитания *Eremogone saxatilis* (L.) Иконн (пустынницы скальной) – степи, обнажения известняка, сухие сосновые леса, опушки, поляны [1, 2] – отличаются повышенным температурным режимом и освещением, сухостью на небогатых почвах. В результате в этих условиях у особей появились различные приспособления. Цель исследования – изучение анатомической структуры листовых пластинок *E. saxatilis* для выявления адаптаций к условиям среды.

Для исследования строения листьев на анатомическом уровне были использованы отдельные части зафиксированных целостных особей зрелого генеративного онтогенетического состояния, собранных в 2019 г. на территории памятника природы «Медведский бор» (Нолинский район, Кировская область).

В лаборатории провели серию последовательных срезов листьев средней формации, расположенных на удлиненной и розеточной частях побега. Для лучшего микроскопирования срезы окрашивали флороглюцином с соляной кислотой [3]. Полученные временные микропрепараты изучали с помощью бинокулярного микроскопа Motis BA 300 со встроенной цифровой

камерой. Измерения линейных размеров основных эпидермальных клеток, клеток столбчатого мезофилла, замыкающих клеток устьица проводили с использованием программного обеспечения, разработанного научным сотрудником лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН, канд. техн. наук Г. Я. Кантором. Все количественные данные статистически обработаны.

Листовая пластинка *E. saxatilis* амфистоматическая, изолатеральная. Строение эпидермы у листьев на разных частях побега сходно. Клетки с обеих поверхностей листовой пластинки имеют прозенхимную форму, плотно примыкают друг к другу (рис. 1).

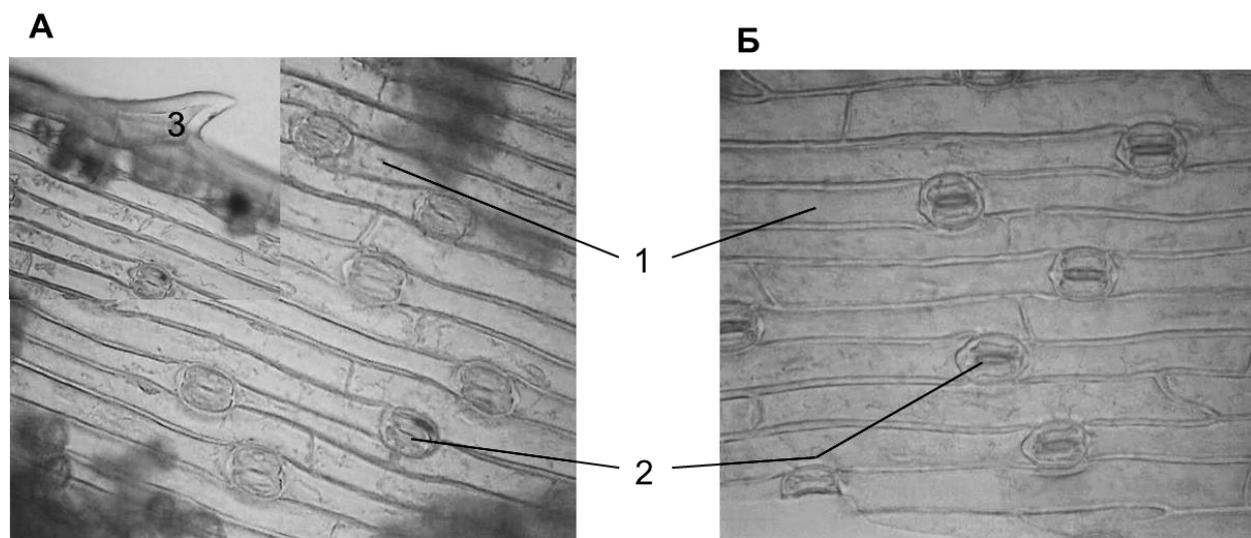


Рис. 1. Эпидерма листа *Eremogone saxatilis* на удлиненной части побега (увел. 10×10): А – верхняя эпидерма; Б – нижняя эпидерма; 1 – основные эпидермальные клетки; 2 – устьичный аппарат; 3 – крюющий волосок

По классификации М. А. Барановой (1985) устьичные аппараты как в верхней, так и в нижней эпидерме являются аномоцитными (без побочных клеток). Такой же тип устьичного аппарата описан и для других представителей семейства *Caryophyllaceae* [5]. Устьица овальные, из двух замыкающих клеток бобовидной формы. В верхней эпидерме были обнаружены одноклеточные крюющие волоски (рис. 1, А).

Нижняя эпидерма листовых пластинок как удлиненной, так и розеточной частей побега отличается большей длиной основных эпидермальных клеток (табл. 1), а количество устьичных аппаратов на 1 мм² превалирует на адаксиальной стороне листа (в 1,5–2 раза больше, чем на нижней). Эти данные могут рассматриваться как адаптационные показатели для вида. Остальные биометрические параметры структур эпидермы листьев *E. saxatilis* в разных частях побега, как и анатомо-морфологическое строение, отличаются незначительно.

**Значения биометрических показателей эпидермы
листовой пластинки *Eremogone saxatilis***

Параметры	Значения	
Лист розеточной части побега		
	Верхняя эпидерма	Нижняя эпидерма
Длина основных эпидермальных клеток, мкм	$\frac{166,20 \pm 41,57}{115,0-220,0}$	$\frac{223,40 \pm 27,58}{180,0-270,0}$
Ширина основных эпидермальных клеток, мкм	$\frac{15,00 \pm 2,45}{10,0-20,0}$	$\frac{10,20 \pm 4,02}{7,0-15,0}$
Длина замыкающих клеток устьица, мкм	$\frac{27,70 \pm 1,95}{25,0-30,0}$	$\frac{24,80 \pm 1,62}{21,0-27,0}$
Ширина замыкающих клеток устьица, мкм	$\frac{9,60 \pm 0,70}{9,0-11,0}$	$\frac{8,90 \pm 1,60}{6,0-10,0}$
Ширина устьичной щели, мкм	$\frac{3,20 \pm 3,77}{2,0-5,0}$	$\frac{4,30 \pm 1,34}{2,0-6,0}$
Количество устьичных аппаратов на 1 мм ²	$\frac{39,20 \pm 6,72}{32,0-50,0}$	$\frac{18,80 \pm 3,35}{16,0-24,0}$
Лист удлиненной части побега		
Длина основных эпидермальных клеток, мкм	$\frac{161,80 \pm 32,26}{135,0-230,0}$	$\frac{184,50 \pm 39,23}{105,0-231,0}$
Ширина основных эпидермальных клеток, мкм	$\frac{18,70 \pm 3,47}{13,0-24,0}$	$\frac{18,50 \pm 4,43}{10,0-24,0}$
Длина замыкающих клеток устьица, мкм	$\frac{27,50 \pm 2,88}{25,0-34,0}$	$\frac{31,80 \pm 5,25}{26,0-44,0}$
Ширина замыкающих клеток устьица, мкм	$\frac{9,50 \pm 1,72}{6,0-12,0}$	$\frac{9,60 \pm 1,17}{7,0-10,0}$
Ширина устьичной щели, мкм	$\frac{2,90 \pm 1,20}{2,0-5,0}$	$\frac{4,70 \pm 0,67}{4,0-6,0}$
Количество устьичных аппаратов на 1 мм ²	$\frac{32,40 \pm 5,90}{26,0-42,0}$	$\frac{19,20 \pm 3,90}{14,0-24,0}$

Листовая пластинка пустынницы скальной в поперечном сечении на разных участках побега имеет сходное строение. Рассмотрим на примере листа, располагающегося на удлиненной части побега (рис. 2). Листовая пластинка имеет дугообразную форму. В ее строении можно выделить следующие структуры: верхняя и нижняя эпидермы, мезофилл, проводящие ткани.

Эпидерма представлена одним рядом округлых клеток. Сверху эпидерму покрывает толстый слой кутикулы. Мезофилл палисадный, прямоугольные клетки лежат в несколько рядов, плотно друг к другу. Хлоропласты в клетках столбчатого мезофилла размещены близко к клеточной оболочке. Губчатая ткань развита слабо и располагается ближе к центру листовой пластинки.

Проводящие ткани собраны в 2–3 проводящих пучка, один из которых медиальный крупный полный коллатеральный, образующий главную жилку. Остальные – латеральные, более мелкие. С адаксиальной и абаксиальной сторон проводящих пучков находится механическая ткань. Также обратили внимание на кольцо плотно сомкнутых клеток обкладки, окружающих каждую

жилку (рис. 2). По соотношению мезофилла лист является типичным изолатеральным, когда ассимиляционные ткани расположены по обе стороны листа.

Подобное строение листовой пластинки описано для других представителей семейства гвоздичные, например, для рода *Dianthus* L. [6].

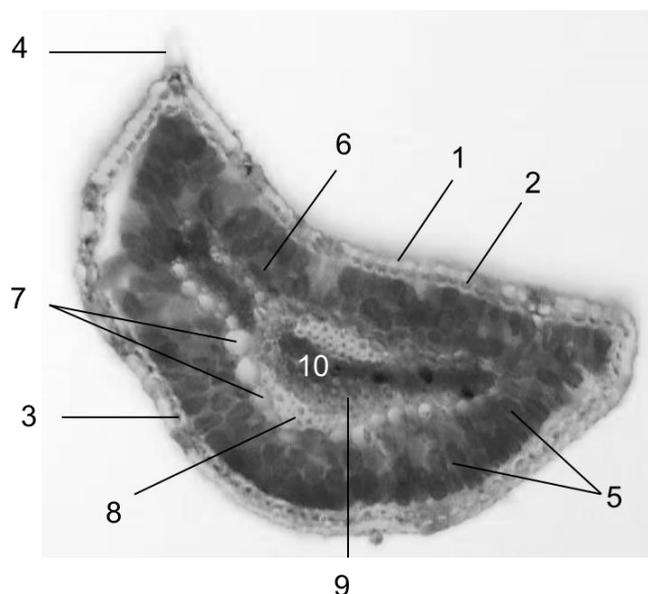


Рис. 2. Поперечный срез листа *Eremogone saxatilis* на удлиненной части побега (увел. 10×10): 1 – кутикула; 2 – верхняя эпидерма; 3 – нижняя эпидерма; 4 – крючий волосок; 5 – столбчатый мезофилл; 6 – губчатый мезофилл; 7 – клетки обкладки; 8 – склеренхима; 9 – флоэма; 10 – ксилема

В целом, наблюдается увеличение размеров клеток к верхушке побега, особенно (более, чем в полтора раза) размеров клеток мезофилла (табл. 2). Это объясняется интенсивностью освещения листьев на разных частях побега.

Таблица 2

Значения биометрических показателей листа *Eremogone saxatilis*

Параметры	Значения, мкм	
	розеточный участок побега	удлиненный участок побега
Толщина верхней эпидермы	$\frac{9,10 \pm 2,33}{5,0-12,0}$	$\frac{11,60 \pm 2,76}{9,0-19,0}$
Толщина нижней эпидермы	$\frac{12,40 \pm 2,32}{9,0-15,0}$	$\frac{14,90 \pm 2,60}{10,0-19,0}$
Длина клеток столбчатого мезофилла	$\frac{27,80 \pm 3,77}{21,0-33,0}$	$\frac{43,00 \pm 5,08}{38,0-53,0}$
Ширина клеток столбчатого мезофилла	$\frac{13,80 \pm 2,04}{11,0-17,0}$	$\frac{15,20 \pm 2,30}{13,0-19,0}$

Анатомическое строение листовых пластинок у пустынки скальной сходно со строением других видов растений семейства Caryophyllaceae. Формирование листа описанного строения происходит в условиях повышенного

освещения и сухости на небогатых почвах сосняков [7]. Этому свидетельствуют следующие адаптационные приспособления: плотно примыкающие эпидермальные клетки, наличие кроющих волосков и толстого слоя кутикулы, а также присутствие клеток обкладки вокруг проводящих пучков, что позволяет растениям избежать излишних потерь влаги. Таким образом, *E. saxatilis* приобретает признаки ксероморфности в анатомическом строении, что подтверждает исходно степное происхождение вида.

Библиографический список

1. Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3-х томах / И. А. Губанов, К. В. Киселёва, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. М. : Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. иссл., 2004. Т. 3. 520 с.
2. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1 Сосудистые растения. Киров : ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.
3. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. / Р. П. Барыкина, Т. Д. Веселова, А. Г. Девятов, Х. Х. Джалилова, Г. М. Ильина, Н. В. Чубатова. М. : Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
4. Баранова М. А. Классификации морфологических типов устьиц // Ботанический журнал. 1985. Т. 70, № 12. С. 1585–1595.
5. Мутыгуллина Ю. Р. Адаптационные особенности рода *Dianthus* L. (гвоздика) во флоре Центрального Предкавказья : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. М., 2009. 25 с.
6. Тайсумов М. А., Умаева А. М., Шахгириева З. И. Особенности анатомического строения листьев рода *Dianthus* L. Северного Кавказа // Естественные и технические науки. 2009. № 2(40). С. 85–88.
7. Белова К. Д. Экологическая оценка местообитания *Eremogone saxatilis* (L.) Kopp на северо-восточной границе ареала // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2021. Т. 20, № 1. С. 57–60.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕПРОДУКТИВНОЙ БИОЛОГИИ ЛАНДЫША МАЙСКОГО В СОСНЯКАХ МЕДВЕДСКОГО БОРА

Е. Э. Душина, Н. П. Савиных
Вятский государственный университет,
lenochkadushina@mail.ru, savva_09@mail.ru

В статье представлены результаты исследования содержания семян в плоде и морфометрических характеристик семян ландыша майского. Определены качественные и количественные характеристики семян. Показаны возможности семенного воспроизведения особей в сосняках зеленомошных.

Ключевые слова: *Convallaria majalis*, особо охраняемая природная территория, неморальный элемент, семенное воспроизведение.

Семенное размножение – особый тип размножения растений, при котором семя выполняет функции размножения и расселения вида [1]. Однако у вегетативно-подвижных видов в условиях крайних пределов зоны толерант-

ности характерно преобладание, а иногда и полное доминирование вегетативного размножения и воспроизведения. Вегетативная подвижность увеличивает возможность попадания вегетативных зачатков в несколько отличные экологические условия, что способствует большей экологической пластичности и приспособляемости к переменным условиям [2].

Одним из таких видов является ландыш майский (*Convallaria majalis* L.) – многолетнее травянистое растение из семейства ландышевые (Convallariaceae). Это – летне-зеленый травянистый явнополицентрический вегетативно-подвижный поликарпик. Ареал – дизъюнктивный: включает северную и среднюю части Европы до северной Испании, средней Италии, Греции, а также север Малой Азии и Кавказ [3]. В Кировской области в пределах подзоны хвойно-широколиственных лесов проходит северо-восточная граница его ценоареала [4]. Здесь сформированы особые растительные сообщества с участием *C. majalis*, не характерные для таежной зоны – ландышевые боры, а также сосняки зеленомошные с ландышем. Этот вид очень часто встречается в сосняках бруснично-зеленомошных, реже – в других типах сосняков, а также в елово-сосновых и елово-березовых лесах, сформировавшихся в ходе естественной трансформации сосняков. Именно способность существования *C. majalis* в сосняках стала причиной его распространения с этими сообществами на север в таежную зону.

C. majalis – ценное лекарственное и охраняемое растение. Он занесен в Красные книги многих областей и республик Российской Федерации. В Кировской области ландыш включен в Приложение Красной книги как редкий и уязвимый вид, не внесенный в Красную книгу Кировской области, но нуждающийся на территории региона в постоянном контроле и наблюдении [5].

Семенное размножение у *C. majalis* играет незначительную роль в поддержании ценопопуляций. Основной способ воспроизведения особей – вегетативный: специализированная морфологическая дезинтеграция с помощью отмирания отдельных участков гипогеогенно-эпигеогенных корневищ. Удлиненный подземный гипогеогенный участок их обеспечивает расселение и захват пространства, локализацию питательных веществ, а также запас спящих почек и вторичное освоение территории за их счет. Верхний приземный эпигеогенный участок способствует закреплению парциального образования в пространстве и освоению занятой территории. В результате развития сложных индивидов с их последующей морфологической дезинтеграцией и формированием диффузных клонов растение постоянно занимает близлежащие территории, поддерживает свое присутствие на уже занятых участках, иногда довольно долго, и даже после трансформации исходных сообществ. Поэтому в затененных местах, даже под взрослыми елями, можно встретить отдельные вегетативные особи ландыша майского. Согласно литературным данным, в затененных местах обитания *C. majalis* вообще не образует генеративных побегов [6].

Ритм развития этого неморального вида адаптирован к первому световому максимуму широколиственных лесов. Зачаток соцветия полностью

сформирован в почке возобновления осенью в предшествующий цветению вегетационный период [1]. Это обеспечивает раннее цветение и эфемероидный ритм развития. Как и большинство неморальных видов, обитая в широколиственных лесах, цветет до распускания листьев на деревьях. В светлохвойных и мелколиственных (березовых) лесах *C. majalis* цветет также только при достаточном освещении, в сосняках в основном при сомкнутости крон до 0,6–0,7. В условиях Медведского бора нами ранее была показана важная особенность вида – возможность нахождения растений в состоянии перерыва в цветении [7]. В то же время в сосняках встречаются несколько вариантов парциальных образований с позиций репродуктивного усилия растений: цветущие, но не образующие плодов; цветущие с небольшим числом плодов; цветущие без плодов.

Поэтому целью данного исследования стало изучение возможности, способности и эффективности образования плодов и семян у *C. majalis* в сосняках бруснично-зеленомошных Медведского бора – памятнике природы регионального значения. Здесь описаны все типы южно-таежных сосновых лесов с присутствием элементов бореального и неморального комплексов. Эти сообщества представляют собой разные стадии трансформации остепененных боров, распространенных в прошлом на его современной территории [8]. Во флоре преобладают травянистые растения, их встречаемость составляет 45% от общего видового разнообразия, что равняется 144 видам, из которых 132 вида – лесные растения, 19 – опушечные. Разнообразие фитоценозов Медведского бора обусловлено дюнным рельефом [9].

Исследование проводили в сентябре 2021 г. в искусственных посадках 1977 г. в сосняке бруснично-зеленомошном в 97 квартале Медведского бора (Нолинский район, Кировская область). Сомкнутость крон в этом сообществе – 0,6; формула древостоя – 10С. Для определения среднего числа семян, образующихся в одном плоде, проанализировали 220 плодов. Для установления морфометрических особенностей измерили 200 семян с помощью стереоскопического микроскопа «МСП–1 Вариант 22» с встроенной линейкой. Измеряли длину и ширину семени согласно рисунку 1. Взвешивание 100 штук семян в двукратной повторности производили на лабораторных весах «Cas Suw – 820S». Полученные результаты статистически обработаны: высчитывали среднее квадратичное отклонение, а также анализировали значения минимального и максимального показателей, частоту их встречаемости.

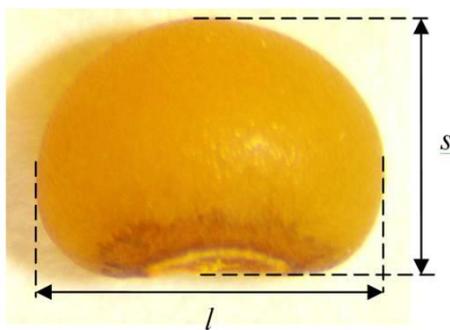


Рис. 1. Семена *Convallaria majalis*: l – длина, s – ширина

Плод *C. majalis* – двух-шестисеменная округлая оранжево-красная ягода. Семена округлые, желтые; поверхность их ровная со слабым блеском; с одного бока есть большой окаймленный семенной рубчик коричневого цвета. Согласно литературным данным, семена белковые со стекловидным эндоспермом, зародыш не дифференцирован [3].

Масса 100 штук семян *C. majalis* составила по 2 г в двух группах взвешивания. Установлено, что в среднем в плоде созревает $3,37 \pm 1,83$ семян с разным их числом – от 1 до 10. При этом, плодов с минимальными показателями (от 1 до 5 семени) больше, чем плодов с большими значениями (6–10 семян) (рис. 2). Больше всего обнаружено плодов с 2 и 3 семенами (по 20,5% каждой группы), с 1 семенем – 19,5%, с 4 и 5 семенами – 14,5% и 9,5% соответственно, с 6 семенами – 7,7%. Меньше всего плодов с 7–10 семенами (7 – 2,3%, 8 – 3,2%, 9 – 0,9%, 10 – 1,4%). Следовательно, в условиях сосняка бруснично-зеленомошного Медведского бора у *C. majalis* в основном развиваются плоды с 2–3 семенами, что соответствует обычному числу семян в плоде в широколиственных лесах [3].



Рис. 2. Количественное распределение семян по плодам

Исследование морфологических характеристик семян (длина и ширина) показало следующие результаты. Средняя длина семян составляет $3,5 \pm 0,2$ мм. Установлено, что чаще всего (у 80%) встречаются семена длиной от 3,1 мм до 4,4 мм (рис. 3), а реже – от 2,2 мм до 3,0 мм (20%). Средняя ширина составила $3,2 \pm 0,2$ мм; при этом она варьировала от 2,2 мм до 4,2 мм. У 58% семян ширина от 3,1 мм до 4,2 мм, а у 42% – от 2,2 мм до 3,0 мм. Соотношение длины и ширины составило в среднем $0,11 \pm 0,1$ с диапазоном от 0,6 до 1,6. Все эти данные согласуются с характерными значениями рассматриваемых показателей для *C. majalis* в типичных условиях обитания [3].

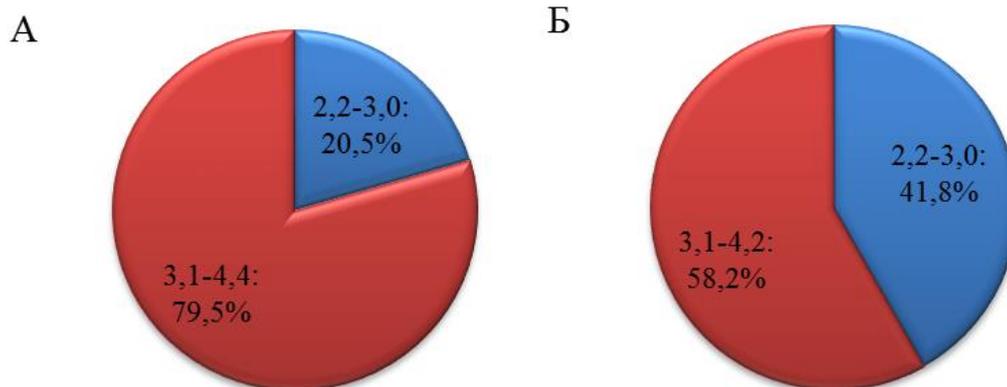


Рис. 3. Распределение семян по длине (А) и ширине (Б)

Таким образом, в сосняках зеленомошных Медведского бора (в подзоне хвойно-широколиственных лесов) при сомкнутости крон 0,6–0,7 возможно цветение и плодоношение *S. majalis* с образованием типичного числа семян, обычных по размерам и массе 100 штук. Сплошные рубки сосняков с последующим искусственным их восстановлением не препятствуют существованию и возобновлению ценопопуляций этого вида. Семенное воспроизведение ландыша майского в данных условиях, как и в других частях ареала, не играет решающей роли в поддержании длительного существования его на уже занятой территории.

Библиографический список

1. Сауткина Т. А., Поликсенова В. Д. Размножение растений как отражение специфики их жизненных циклов // Вестник БГУ. 2015. № 2. С. 52–57.
2. Любарский Е. Л., Полуянова В. И. Структура ценопопуляций вегетативно-подвижных растений. Казань : Изд-во Казанского университета, 1984. 138 с.
3. Крылова И. Л. Ландыш майский // Биологическая флора Московской области / под ред. Т. А. Работнова. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1974. Вып. 1. С. 21–33.
4. Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н., Егошина Т. Л. Растительный покров особо охраняемых природных территорий поймы реки Вятка // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 2 (23). С. 31–36.
5. 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 : Кировская областная типография, 2014. 336 с.
6. Pertulla U. Untersuchungen über die generative und vegetative Venehrung der Blütenpflanzen in der Wald Hams wiesen und Hainfelaien Vegetation // Ann. Acad. Sci. Fen. ser. A. 1941. Vol. 58. S. 1–387.
7. Душина Е. Э., Савиных Н. П. О счетных единицах при изучении ценопопуляций *Convallaria majalis* L. в сосняках Медведского бора // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Киров, 18 ноября 2020 г). Киров : ВятГУ, 2020. С. 153–158.
8. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Шабалкина С. В. Состояние и динамика биоразнообразия при искусственном восстановлении сосняков // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2018. № 3. С. 301–316.

9. Жемчужина Вятского края – Медведский бор / Н. П. Савиных, Т. М. Киселева, О. Н. Пересторонина, В. А. Копысов, С. В. Шабалкина, Е. В. Пичугина // Медведский бор. Киров : Триада плюс, 2006. С. 81–95.

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ

*Д. В. Тишин, П. Ю. Искандиров, Н. А. Чижикина
Казанский федеральный университет, dtishin@kpfu.ru*

В статье представлены результаты анализа ширины годичных колец сосны обыкновенной, произрастающей на верховом болоте Марийского Полесья. В результате стандартизации абсолютных значений радиального прироста была построена обобщенная хронология длиной в 277 лет. Установлены основные годы минимального и максимального прироста. Вейвлет анализом определена цикличность радиального роста. Выявлена зависимость между приростом и количеством осадков вегетационного периода.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, годичное кольцо, болото, температура, осадки.

Реакция лесов на глобальное изменение климата становятся все более значимой, особенно с учетом региональных особенностей. Наиболее удачным объектом для оценки таких процессов являются хвойные растения, которые благодаря своим годичным кольцам способны фиксировать различную информацию. Один из важных параметров исследования радиального прироста деревьев является изучение ширины годичных колец в зависимости от температуры и количества осадков. На территории Поволжья сосна обыкновенная является наиболее распространенным хвойным древесным растением. В связи с этим, целью данной работы являлась оценка влияния погодных условий среды на ширину годичных колец особей сосны, произрастающих в условиях верховых болот.

В 2017 году на олиготрофном болоте Старожильского лесничества (Медведевский район, Республика Марий Эл) была заложена одна пробная площадка, где проведены наши исследования сосны обыкновенной. Породный состав леса 10С, полнота 0,5, ассоциация – сосняк сфагновокустарниковый. Бонитет IV–V. В нижнем ярусе доминируют багульник, голубика и мирт болотный. Мощность торфа достигает более 3 м.

Исследования проводили согласно методике, описанной в работе [1]. С помощью возрастного бура Haglof были отобраны керны с 25 деревьев. Ширину годичных колец измеряли на установке Линтаб, с точностью до 0,01 мм. Расчет индексов ширины годичных колец производили при помощи негативной экспоненты в программе Арстан. Для оценки связи индексов при-

роста с климатическими параметрами были привлечены средние месячные данные наблюдений с 1960 по 2017 гг. на метеостанции г. Йошкар-Ола.

В результате стандартизации абсолютных значений радиального прироста была построена обобщенная хронология длиной в 277 лет (рис.). Установлены основные годы минимального (1741, 1883, 1948, 2003 гг.) и максимального (1760, 1894, 1904, 2001 гг.) приростов. Вейвлет анализ хронологии показал циклы в 14 и 7–8 лет. Выявлена зависимость между приростом и количеством осадков ($R=0,44$, $p=0,001$) и температурой ($R=-0,5$, $p=0,0004$) мая.

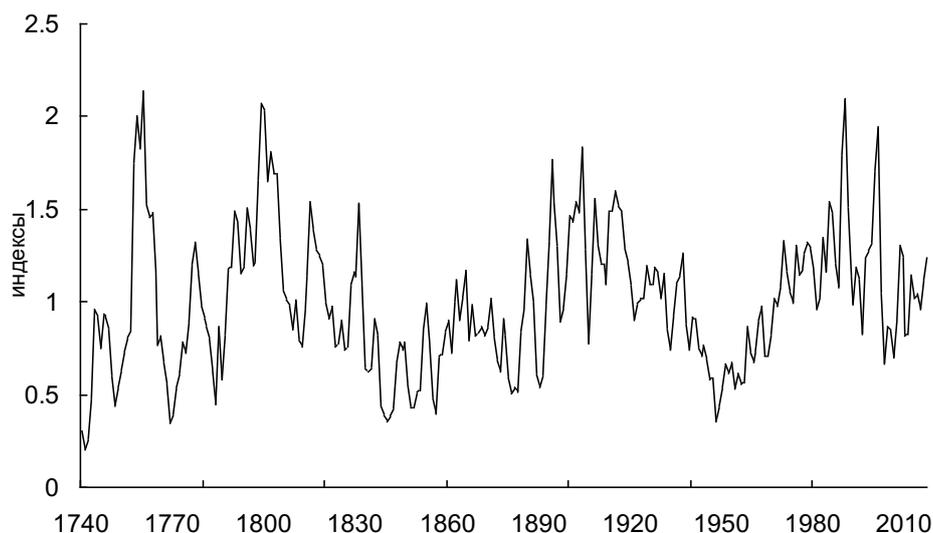


Рис. Обобщенная древесно-кольцевая хронология сосны обыкновенной в условиях олиготрофного болота

Таким образом, минимальный прирост годичных колец у сосны на болоте будет наблюдаться при жарком и сухом мае. Хотелось бы отметить дендрохронологические исследования Ю. П. Демакова и Д. В. Тишина, ранее проведенные в условиях этого болота [2, 3]. В них дан довольно подробный анализ хода роста и возраст деревьев, в текущей работе была предпринята попытка более подробного дендроклиматического анализа ширины годичных колец сосны обыкновенной.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности № 0671-2020-0055.

Библиографический список

1. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации : учебно-методическое пособие / С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов, А. В. Кирдянов, В. Б. Круглов, В. С. Мазепа, М. М. Наурзбаев, Р. М. Хантемиров. Красноярск : КрасГУ, 2000. 80 с.

2. Демаков Ю. П., Сафин М. Г., Швецов С. М. Сосняки сфагновые Марийского Полярья: структура, рост и продуктивность : монография. Йошкар-Ола : МГТУ, 2012. 276 с.

3. Тишин Д. В. Влияние природно-климатических факторов на радиальный прирост основных видов деревьев Среднего Поволжья : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Казань, 2006. 20 с.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*TANACETUM VULGARE* L.) НА ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «ЗАРЕЧНЫЙ ПАРК» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Ю. О. Бушуева, А. И. Шитова

*ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,
bushueva.margo@mail.ru*

В статье приведены данные по урожайности пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) на особо охраняемой природной территории регионального значения «Заречный парк» Кировской области. Представлены морфометрические данные *T. vulgare* в различных фитоценозах. Проведен сравнительный анализ полученных данных.

Ключевые слова: пижма обыкновенная, *Tanacetum vulgare* L., ООПТ «Заречный парк», морфометрические параметры, урожайность.

Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), является лекарственным и инсектицидным растением, широко распространена в средней полосе России [1].

T. vulgare встречается на участках, подвергнутых естественным или антропогенным нарушениям верхнего слоя почвы, которые наблюдаются в населенных пунктах, по обочинам дорог, полигонам промышленных объектов и в других местах [2]. В условиях Кировской области *T. vulgare* произрастает обычно на крупнозлаково-разнотравных пойменных лугах на суглинистых почвах, реже – на суходольных лугах, по обочинам дорог и в молодых лесопосадках на супесчаных почвах. Несмотря на большое хозяйственное значение, данные по урожайности и морфометрическим параметрам пижмы обыкновенной на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) Кировской области весьма немногочисленны.

Исследования проводили на ООПТ «Заречный парк» в вегетационный период 2021 г. Это памятник природы регионального значения, расположен в Первомайском районе г. Кирова. Его площадь в установленных границах составляет 232,6 га. Заречный парк создан в целях сохранения пойменного соснового леса, имеющего историческое значение, являющегося местом обитания редких видов растений и животных и популярным местом отдыха населения [3]. ООПТ являются местом произрастания лекарственных, а также многих редких видов растений. На территории Заречного парка обнаружен *Iris sibirica* L., включенный в Приложение № 2 Красной книги Кировской области, в составе пойменного заливного высокотравно-злакового лугового со-

общества [4]. Флора и растительность ООПТ характеризуются значительным разнообразием, а также устойчивостью к антропогенной нагрузке (доля антропотолерантных видов составляла 36,81%) [5, 6].

Исследования осуществляли общепринятыми методами: маршрутно-рекогносцировочным, заложение пробных площадок с последующим сбором растений, камеральной обработкой и гербаризацией собранного материала. Описания растительных сообществ проводили согласно общепринятым геоботаническим методам с подробной характеристикой видового состава (проектное покрытие, обилие, высота растений, фенофаза, жизненность и др.) и физико-географических условий (увлажнение, экспозиция, рельеф местности и т. д.). Обилие-покрытие видов учитывалось по шкале Браун-Бланке [7].

В результате исследования получены данные о четырех различных типах фитоценозов ООПТ «Заречный парк». Характеристика обследованных сообществ представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика исследованных фитоценозов

Название фитоценоза	Видовой состав
Клеверо-осоково-пижмовый луг	Клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i> L.), осока острая (<i>Carex acuta</i> L.), тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.), таволга вязолистная (<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.), лисохвост луговой (<i>Alopecurus pratensis</i> L.), сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i> L.), подмаренник цепкий (<i>Galium aparine</i> L.), вероника дубравная (<i>Veronica chamaedrys</i> L.)
Злаково-пижмовый луг	Полевица тонкая (<i>Agrostis capillaris</i> L.), тимopheевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.), лисохвост луговой, вероника дубравная, тысячелистник обыкновенный, таволга вязолистная
Бодяково-пижмовый луг	Бодяк обыкновенный (<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.), тысячелистник обыкновенный, будра плющевидная (<i>Glechoma hederacea</i> L.), подмаренник мягкий (<i>Galium mollugo</i> L.), горошек мышиный (<i>Vicia cracca</i> L.), щавель конский (<i>Rumex confertus</i> Willd.), дербенник иволистный (<i>Lythrum salicaria</i> L.)
Ястребинко-снытево-пижмовый луг	Ястребинка волосистая (<i>Pilosella officinarum</i> F.W.Schultz & Sch.Bip.), сныть обыкновенная, полынь обыкновенная (<i>Artemisia vulgaris</i> L.), тысячелистник обыкновенный, двуклосточник тростниковидный (<i>Phalaris arundinacea</i> L.)

В результате исследования урожайности пижмы обыкновенной в данных фитоценозах выявлено следующее (рис.).

Урожайность *T. vulgare* в различных типах фитоценозов колебалась от 16,93 г/м² до 18,54 г/м². Наибольшая урожайность наблюдалась на бодяково-пижмовом лугу (18,54 г/м²), наименьшая – на злаково-пижмовом лугу (16,93 г/м²). Полученные величины урожайности близки к таковым для северо-восточных районов Кировской области [8].

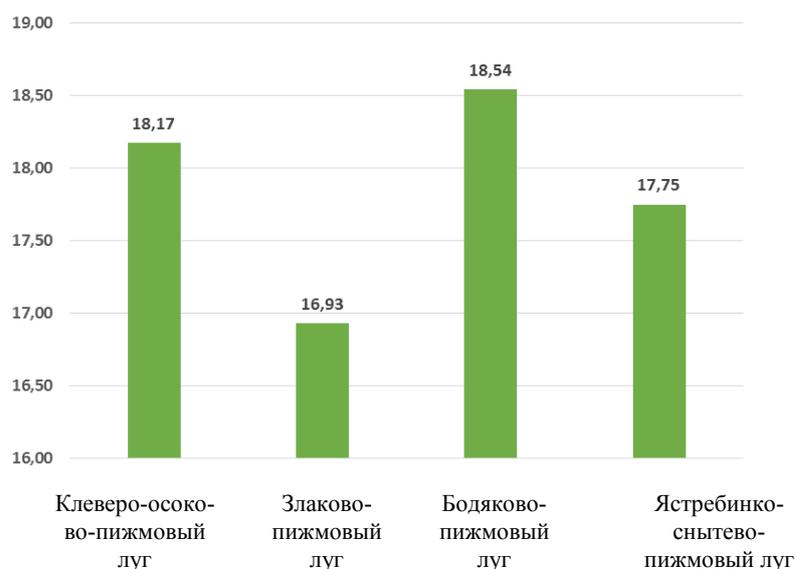


Рис. Урожайность *Tanacetum vulgare* в различных типах фитоценозов (г/м²)

Помимо урожайности *T. vulgare*, также были измерены следующие морфометрические параметры: высота побега, высота соцветия, количество листьев и корзинок на побеге, длина и ширина 2-го листа. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Морфометрические параметры побегов пижмы обыкновенной

Типы фитоценозов	Клеверо-осоково-пижмовый луг	Злаково-пижмовый луг	Бодяково-пижмовый луг	Ястребинко-снытево-пижмовый луг
Высота побега, см	$89,10 \pm 2,87$ (62,00–115,00)	$86,995 \pm 2,40$ (67,20–104,20)	$61,19 \pm 3,42$ (44,20–108,20)	$66,58 \pm 3,1$ (43,8–96,0)
Высота соцветия, см	$15,725 \pm 0,79$ (9,40–20,00)	$12,635 \pm 1,05$ (4,50–20,00)	$7,85 \pm 1,01$ (2,60–16,40)	$8,27 \pm 0,5$ (4,2–12,2)
Количество листьев, шт.	$22,25 \pm 2,62$ (9,00–55,00)	$11,55 \pm 0,77$ (7,00–20,00)	$13,10 \pm 0,65$ (9,00–20,00)	$13,30 \pm 0,5$ (10,00–19,00)
Количество корзинок, шт.	$67,05 \pm 6,32$ (23,00–121,00)	$40,60 \pm 6,06$ (7,00–114,00)	$40,60 \pm 6,06$ (7,00–114,00)	$40,90 \pm 4,3$ (12,00–80,00)
Количество соцветий, шт.	$2,15 \pm 0,28$ (1,00–6,00)	$1,55 \pm 0,23$ (1,00–4,00)	$1,10 \pm 0,07$ (1,00–2,00)	$1,45 \pm 0,1$ (1,00–2,00)
Длина 2-го листа, см	$16,60 \pm 0,40$ (13,00–20,00)	$14,31 \pm 0,49$ (10,90–18,70)	$10,16 \pm 0,58$ (6,20–16,10)	$12,51 \pm 0,6$ (8,70–17,10)
Ширина 2-го листа, см	$8,275 \pm 0,28$ (6,50–10,50)	$9,34 \pm 0,39$ (5,60–12,70)	$6,44 \pm 0,51$ (3,50–12,20)	$5,97 \pm 0,4$ (3,30–10,00)

Примечание: в числителе – среднее значение \pm ошибка среднего; в знаменателе – минимальное и максимальное значение.

Наибольшие показатели измеренных параметров приходились на клеверо-осоково-пижмовый луг, а наименьшие обнаружены на бодяково-пижмовом луге.

Выявлено, что наибольшей взаимосвязью характеризуются такие параметры как высота побега и высота соцветия $r = 0,74$ (при $p < 0,5$), а также высота соцветий и длина второго листа $r = 0,64$ (при $p < 0,5$).

Таким образом, наибольшая урожайность наблюдалась на бодяково-пижмовом лугу ($18,54 \text{ г/м}^2$). Наименьшее значение урожайности приходится на злаково-пижмовый луг ($16,93 \text{ г/м}^2$). Наиболее взаимосвязанными показателями оказались высота побега и высота соцветия $r = 0,74$ (при $p < 0,5$).

Библиографический список

1. Семенихин И. Д., Семенихин В. И. Лекарственные растения, возделываемые в России. Т. II. М. : ОАО «Щербинская типография», 2015. 312 с.
2. Бородий С. А. Возрастные изменения морфометрических параметров и урожайности пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) в культурных плантациях // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии. Кострома : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. С. 5–12.
3. Закон Кировской области от 7 октября 2015 г. N 566-ЗО «Об особо охраняемых природных территориях Кировской области».
4. Красная книга Кировской области. Киров, 2014. 336 с.
5. Бушуева Ю. О., Чиркова 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, 18–22 марта 2019 года). Йошкар-Ола : ООО «Вертола», 2019. С. 42–43.
6. Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л., Бушуева Ю. О. Оценка степени гемеробиальности флор особо охраняемых природных территорий правобережной поймы р. Вятки // Ботанико-географические исследования. Камелинские чтения. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019. С. 53–56.
7. Методы изучения лесных сообществ / Е. Н. Андреева, И. Ю. Баккал, В. В. Горшков и др. СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет, 2002. 240 с.
8. Егошина Т. Л. Запасы сырья и ресурсная характеристика некоторых лекарственных растений в северо-восточных районах Кировской области // Растительные ресурсы. 1989. Т. 25, № 2. С. 173–180.

БИОДИАГНОСТИКА ПОПУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ И РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНОВ *JUNIPERUS COMMUNIS* L. НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ АРЕАЛА

М. Б. Фардеева

Казанский федеральный университет, orchis@inbox.ru

На основе популяционных и биоморфологических методов исследования изучено состояние *Juniperus communis* L. в разных условиях природопользования в северных и северо-западных районах Татарстана. Проанализированы различные популяционные характеристики: численность, возрастная, половая и биоморфологическая структура. Отмечено, что популяции полночленные. Выявлено, что шишкоягоды с можжевельников на севере и северо-востоке Республики Татарстан достоверно крупнее экземпляров, собранных

на северо-западе. Выявлена значимая положительная зависимость веса и диаметра шишкоягод с количеством осадков и обратно пропорциональная с температурой. Напротив, в условиях увлажнения и северной экспозиции склонов отмечена отрицательная зависимость веса и диаметра спороношений 1 года от влажности и положительная от температуры.

Ключевые слова: *Juniperus communis*, популяция, структура, шишкоягоды, размерность.

Можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.) – единственный представитель семейства кипарисовых в Республике Татарстан (РТ), участвует в образовании темнохвойных лесов на севере региона и имеет большое значение как лекарственное, почвозащитное и декоративное растение. Включен в Приложение к Красной Книге Республики Татарстан [1], как уязвимый вид.

Современные исследования популяций можжевельника проводились с 2011 по 2018 гг. в Балтасинском, Кукморском, Арском, Зеленодольском районах РТ и Кировском районе г. Казани, в разных условиях природопользования – от заповедной территории (Раифский участок ВКГПБЗ) до рекреационных пригородных участков (лесопарк «Лебяжье») и пастбищных склонов вдоль р.ц. Балтасы. В северных районах РТ (Балтасинский, Кукморский, Арский) можжевельник встречается довольно часто в еловых, елово-пихтовых и елово-сосновых лесах, по опушкам, вырубкам, часто занимая склоны рек, оврагов и дорог. На северо-западе (Зеленодольский район – Волжско-Камский заповедник и пригороды Казани) можжевельник приурочен к сухим соснякам вейниковым и бруснично-вейниковым, реже в заповеднике отмечается в сосняках с елью зеленомошных, иногда по окраинам болот – в свежих влажных сосняках. Однако, в разных условиях, его численность варьирует, что зависит от благоприятности условий местообитаний.

Арский, Кукморский, Балтасинский, Зеленодольский и Кировский районы РТ входят в Волжско-Вятский возвышенно-равнинный регион темнохвойно-широколиственных неморально-травяных лесов, на севере отмечаются участки южнотаежных елово-пихтовых и сосново-еловых зеленомошных сообществ. Онтогенез можжевельника обыкновенного был описан Т. А. Гороховой с соавторами [2] по исследованиям его популяций в Республиках Марий-Эл и Татарстан, а морфологические особенности жизненных форм – Н. А. Михеевой [3] и Н. В. Салаховым [4].

Объектами наших исследований являются 12 ЦП *J. communis*, приуроченных к различным эколого-фитоценотическим условиям. На учетных площадках (размером 400 м²) проводились оценка численности, возрастной, половой и биморфологической структуры популяций. Все особи можжевельника дифференцировались на половые группы, жизненные формы (деревья, многоствольные деревья, кустарники и стелющиеся кустарники); возрастные группы – проростки, ювенильные, виргинильные, генеративные, постгенера-

тивные. Для изучения репродуктивных особенностей определяли число шишкочкогод 1-го года (зеленых) и 2-го года (сине-черных) на побегах 4-го порядка, а также диаметр и вес спороношений из каждой выборки.

На основе коэффициента общности (КО) Серенсена-Чекановского, выяснили, что он варьирует от 0,17 до 0,87. Отмечено, что северные местообитания популяций можжевельника (Балтасинский район) и северо-восточные (Кукморский район) довольно сходны между собой: КО=0,6. Также довольно близки между собой местообитания сухих или зеленомошных сосняков КО=0,54 на северо-западе (Кировский и Зеленодольский районы). Однако, между собой северные, северо-восточные фитоценозы влажных еловых, елово-сосновых и склоновых разнотравных участков с северо-западными сухими сосняками не очень сходны по видовому составу, в среднем КО=0,34. При сравнении сосняков с елью зеленомошных с территории заповедника и елово-сосновых лесов на севере максимальный показатель сходства составляет 0,57, а с фитоценозами рекреационной территорией в среднем КО=0,26 – низкий.

Численность особей *J. communis* на 400 м² во всех ценопопуляциях северного и северо-восточного районов РТ больше, чем на северо-западе региона (рис. 1). Меньше всего численность ЦП 6, т. к. участок санитарной вырубке леса вдоль автотрассы, где отмечается периодическая пастьба скота.

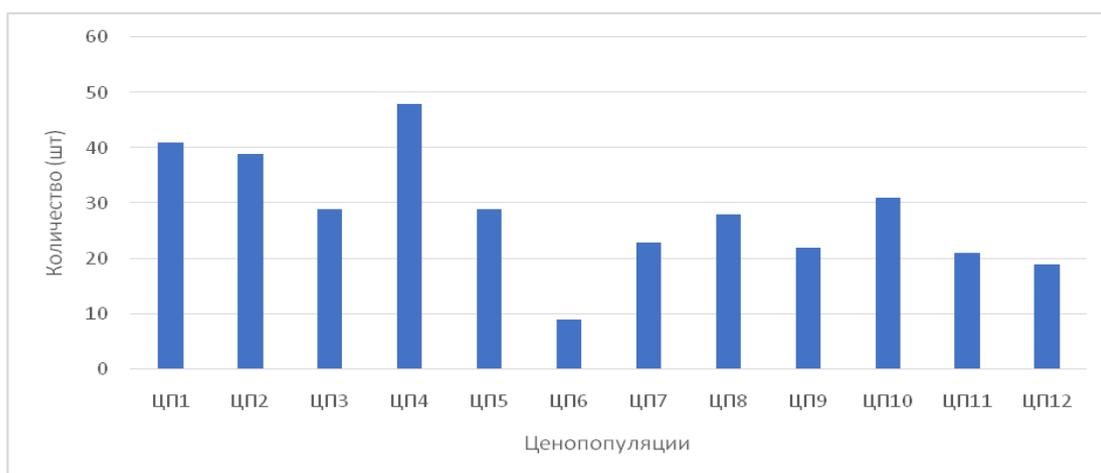


Рис.1 Численность *Juniperus communis* в разных эколого-фитоценологических условиях (ЦП 1–2 – Кукморский р-н; ЦП 3 – Арский р-н; ЦП 4–8 – Балтасинский р-н; ЦП 9–10 – рекреация пригорода г. Казани; ЦП 11–12 – Зеленодольский р-н ВКГПБЗ)

Увеличение женских кустарников (рис. 2) отмечается часто при хорошей освещенности по склоновым участкам на северо-востоке (ЦП 1 и ЦП 2) или в сухих сосняках на северо-западе (ЦП 9 – ЦП 12). Исключение составляет опушка ельника (ЦП 3). В большинстве северных ценопопуляций *J. communis* Балтасинского района в сосново-еловых лесах (ЦП 4, ЦП 8), на вырубке (ЦП 6), на пастбищном склоне южной экспозиции (ЦП 7) преобладают мужские особи, и только на северо-восточном склоне (ЦП 5) в редколесье ели и пихты соотношение половых групп равновесное.

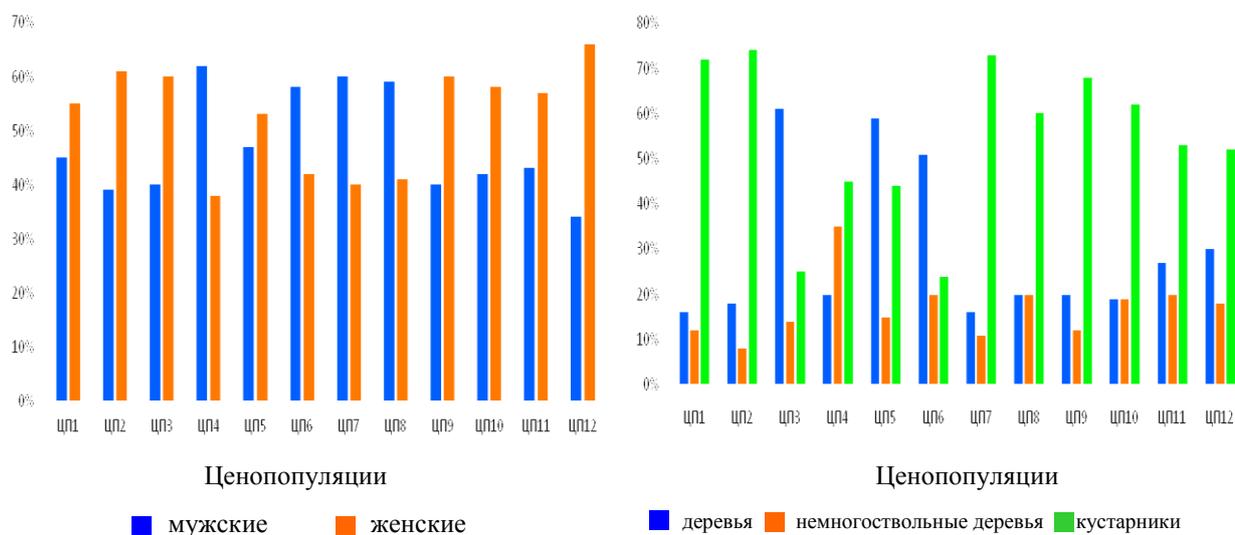


Рис. 2. Спектр половых групп (слева) и жизненных форм (справа) *Juniperus communis* в разных эколого-фитоценологических условиях

Многие авторы предполагают, что при ухудшении климатических и других абиотических условий на границе ареала или при увеличении рекреационной нагрузки отмечается преобладание кустарниковой жизненной формы, что является механизмом устойчивости вида и способствует интенсивности вегетативного размножения в результате распада куртины. Анализируя популяционную структуру *J. communis* в различных эколого-фитоценологических условиях было выявлено, что в исследованных сообществах встречаются все жизненные формы *J. communis* – деревья, немногоствольные деревья и кустарники.

В большинстве ценопопуляций преобладают кустарники, их доля варьирует от 55 до 78%. Кустарниковые формы с разросшимися куртинами способствуют лучшему закреплению можжевельника на крутых открытых безлесных склонах, и вместе с тем оказывают почвозащитное воздействие. В лесных сообществах на севере РТ (Арский и Балтасинский район – ЦП 3, ЦП 5, ЦП 6) – это опушки или частичные вырубки, преобладают одноствольные и многоствольные деревья, а доля кустарников снижается в среднем до 32%. На севере РТ преобладают высокие деревья можжевельника высотой 4–4,5 м, максимально до 7 м; в затененных ельниках с осиной или сухих сосняках в рекреации преобладают низкорослые немногоствольные деревья до 1,5 м. Кустарники образуют мощные куртины на склонах и вырубках, средний диаметр до 2 м. Максимальный диаметр куртины можжевельника до 5,3 м отмечается только на севере (Балтасинский и Кукморский р-ны РТ) по склоновым участкам, где его куртины разрастаются на безлесных участках, способствуя укреплению субстрата.

Возрастная структура ценопопуляций можжевельника полночленная, отсутствуют только проростки, которые, возможно, не видны в травостое. Его популяции устойчивы в более освещенных участках: на опушке, вырубке и в сосняках – везде отмечена полночленная возрастная структура с преоблада-

нием генеративных групп (рис. 3). В северных и северо-восточных популяциях преобладают молодые генеративные особи, на северо-западе – зрелые и старые генеративные особи. Наличие прегенеративных особей обусловлено хорошим семенным возобновлением. Вегетативное размножение отмечается у кустарниковых жизненных форм.

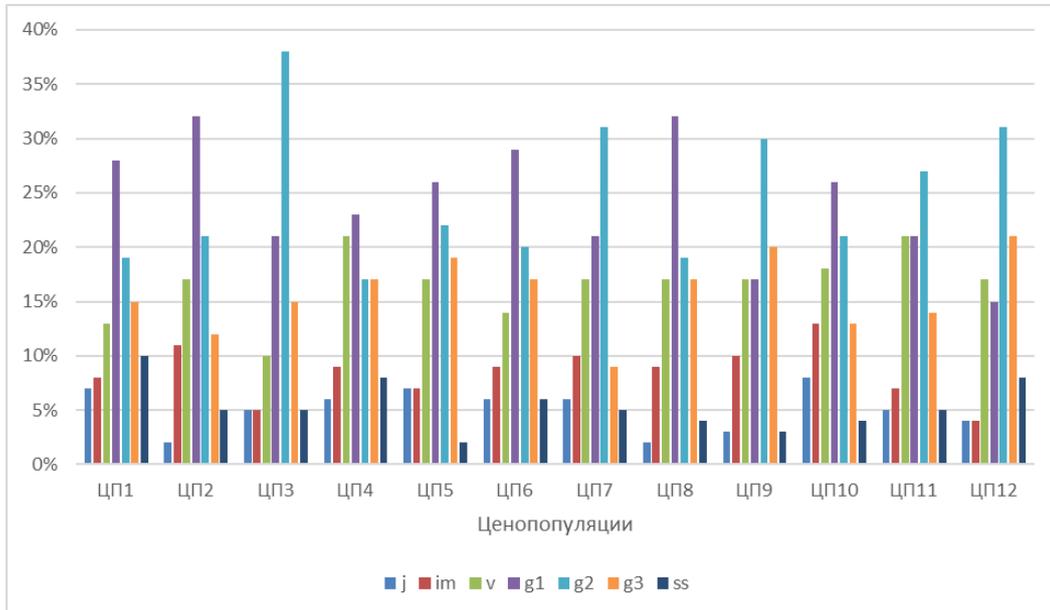


Рис. 3. Возрастная структура *Juniperus communis* в различных условиях

Количественные и качественные показатели репродуктивных органов *J. communis* в разных местообитаниях, особенно по численности шишкочегод, довольно сильно различаются и отражают степень благоприятности условий местообитания, климатические характеристики и жизненность генеративных особей. На северо-западе РТ, как на территории заповедника, так и в рекреации (ЦП 9–12) резко сокращается число спороношений в среднем в 10 раз, а на севере численность шишкочегод выше в 15–16 раз (рис. 4).

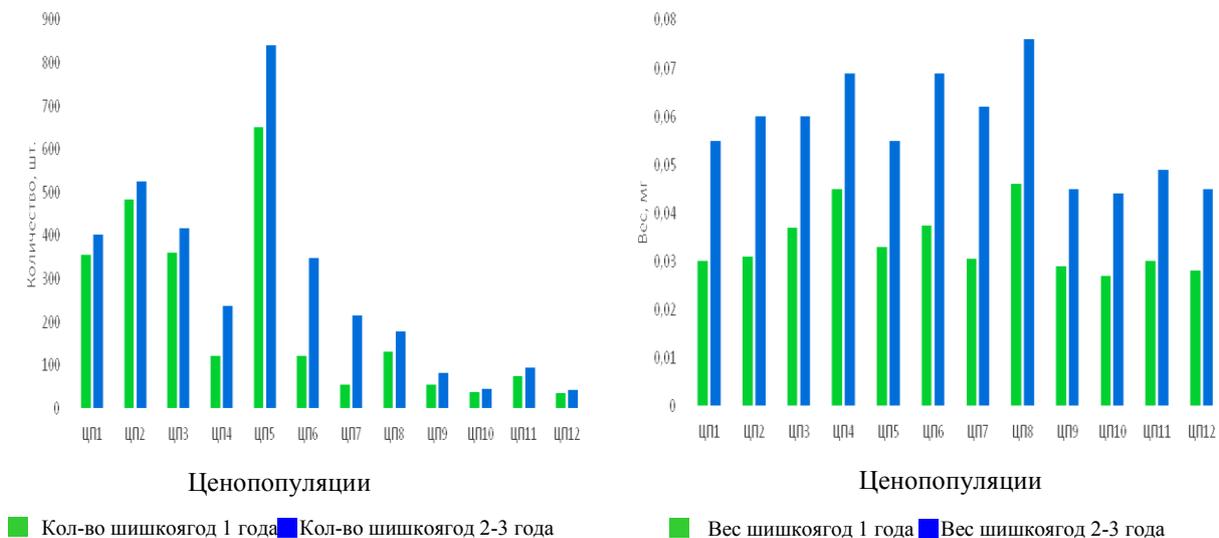


Рис. 4. Число (слева) и вес (справа) шишкочегод можжевельника в разных местообитаниях (2018 г.)

Средний диаметр зеленых шишкочегод можжевельника во всех ЦП варьирует от 2,70 до 4,00 мм. Максимальный диаметр (4 мм) отмечен у зеленых шишкочегод на севере РТ (Балтасинский р-н), минимальный – 2,7 мм на северо-западе в рекреации. Средний диаметр созревших сине-черных шишкочегод варьирует от 3,6 до 5,5 мм. Причем максимальный диаметр созревших шишкочегод отмечен на севере РТ – в Балтасинском районе (ЦП 4, ЦП 8), что в 1,5 раза больше, чем у спороношений, собранных на северо-западе – в популяциях заповедника и рекреации. Т. е. в условиях умеренно-прохладного климата северных районов РТ, где лето характеризуется как более влажное и холодное, качество шишкочегод и их число увеличивается.

В результате корреляционного анализа за 2015–2018 гг. выявлена значимая положительная зависимость размерности шишкочегод (диаметра и веса) с влажностью ($r=0,6-0,9$), осадками ($r=0,5$) и значимая отрицательная от температуры ($r = -0,7-0,9$) в условиях освещенных склоновых участков: чем выше температуры, тем меньше вес и диаметр шишкочегод. Лучшее связь климатических факторов и параметров шишкочегод выявляется у зрелых спороношений 2–3 года. Напротив, в условиях увлажнения и северной экспозиции склонов и опушек ельников отмечается отрицательная зависимость диаметра и веса шишкочегод 1 года от влажности и положительная – от температуры.

В целом, возрастная, половая структура исследованных популяций *J. communis* сходны как на севере, так и северо-западе, что характеризуют их устойчивость. Однако, на севере РТ, как на лесных, так и безлесных участках возрастает доля деревьев и крупных кустарников, размерность которых (высота деревьев, диаметр куртин) увеличивается в 2–3 раза. Таким образом, жизнеспособность особей можжевельника снижается с продвижением в западные регионы: на границе леса и степи. Вследствие этого сохранение вида и его популяций на севере Татарстана в условиях сосново-еловых и елово-пихтовых лесов, редколесных склонов, опушек и вырубков лучше, чем в северо-западных районах даже в условиях охранного режима заповедника. Однако на границе ареала преимущественно отмечается кустарниковая жизненная форма, а не дерево.

Библиографический список

1. Красная Книга Республики Татарстан. Казань : Изд-во «Идель-пресс», 2016. 732 с.
2. Горохова Т. А., Бекмансуров М. В., Салахов Н. В. Онтогенез можжевельника обыкновенного (*J. communis* L.) // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Йошкар-Ола, 2007. Т. 5. С. 41–46.
3. Михеева Н. А. Некоторые особенности морфологической изменчивости можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) в гидроморфных условиях произрастания // Бот. исслед. в Сибири. 2002. Вып. 10. С. 199–205.
4. Салахов Н. В. Эколого-фитоценологическая приуроченность, жизненные формы и популяционная биология *Juniperus communis* L. в Республике Татарстан : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2009. 18 с.

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ЭФЕДРЫ ДВУХКОЛОСКОВОЙ ПОСЛЕ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ (СОКСКИЕ ЯРЫ, САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В. Н. Ильина

Самарский государственный социально-педагогический университет,
5iva@mail.com

В статье приведены результаты обследования ценопопуляций *Ephedra distachya* L. в природно-территориальных комплексах Сокских яров (Самарская область). На ключевых участках выявлено 10 ценопопуляций, входящих в состав петрофитных степей, претерпевших изменения после пожаров. Большая часть ценопопуляций после пирогенного воздействия относится к стареющим (80%), 20% – к зрелым. В основном такие ценопопуляции находятся в неудовлетворительном состоянии.

Ключевые слова: *Ephedra distachya* L., ценопопуляция, онтогенетическая структура, природный пожар, Самарская область.

Популяции растений, испытывающие воздействие природных пожаров, очень часто отличаются по структуре и потенциальным возможностям от популяций, произрастающих в сообществах, где такое воздействие отсутствует или минимально. Нередко пожары представляют собой катастрофический фактор, приводя к угнетению или полному уничтожению популяций, сообществ, изменению ландшафтов [1–5].

Цель нашей работы – изучить особенности онтогенетической структуры природных ценопопуляций *Ephedra distachya* L. на Сокских ярах (коренной берег р. Сок) в Самарской области.

Хвойник двухколосковый (*Ephedra distachya* L., Ephedraceae) во многих регионах России является редким видом и охраняется. В Самарской области вид включен в Красную книгу региона (в 1 и 2 издание).

Мониторинг пространственно-онтогенетической структуры и виталитетного уровня ценопопуляций эфедры осуществлялся в 2004–2021 гг. на ключевых участках (на территории памятников природы регионального значения Самарской области, расположенных по Сокским ярам), растительный покров которых в какой-то период подвергался воздействию пожара. Природные пожары фиксировались в ходе полевых исследований неоднократно. Изучение популяций проводилось на следующий год после пожара. Актуальным считаем проведение таких обследований, что дает возможность определить реакцию особей *Ephedra distachya* на воздействие и выявить начальные этапы постпирогенной сукцессии растительных сообществ.

Сокские яры представляют собой коренной берег реки Сок (приток Волги, в основном протекает по территории Самарской области). Имеют среднюю абсолютную высоту около 200–230 м, относительную высоту – око-

ло 100–120 м. Успенская шишка является одной из самых высоких точек с высотой около 317 м. На склонах Сокских яров распространены степные ценозы – луговые и петрофитные варианты. Неоднократно самарскими учеными указывалась рефугиумная роль этой территории, сохранность которой имеет важное значение при поддержании удовлетворительного состояния биоты и ландшафтов Самарской области.

В ходе работ использовались терминология, критерии и методы популяционно-онтогенетического направления [6–9]. В таблице представлены данные по онтогенетической структуре ценопопуляций эфедры после пирогенного воздействия. Ценопопуляции *Ephedra distachya* изучены на территории памятников природы регионального значения «Гора Лысая» и «Гора Красная», а также на территории Чекалинских высот и Успенской шишки (предлагаемые для охраны участки).

Таблица

Онтогенетическая структура ценопопуляций

№ п/п	Пункт изучения	Показатель онтогенетической структуры							
		im	v	g ₁	g ₂	g ₃	ss	Δ	ω
1	Гора Лысая	0	7	11,6	35,6	43,3	2,5	0,56	0,83
2	Гора Лысая	0	9,8	10,7	20,6	56,2	2,7	0,58	0,78
3	Гора Лысая	0	7,3	13,9	30,6	45,1	3,1	0,56	0,81
4	Гора Красная	0	5,5	10,6	29,7	52,4	1,8	0,58	0,82
5	Гора Красная	0	3,8	18,4	19,4	58,4	0	0,58	0,81
6	Гора Красная	1,5	4,5	13,2	32,2	48,6	0	0,56	0,83
7	Успенская шишка	0	11,4	12,9	16,7	55,6	3,4	0,57	0,77
8	Успенская шишка	0	9,5	16,8	26	44,3	3,4	0,54	0,79
9	Чекалинские высоты	0	7,6	13,7	39,5	37,1	2,1	0,53	0,84
10	Чекалинские высоты	2,2	3,4	10,6	33,6	50,2	0	0,57	0,83
Среднее значение		0,37	6,98	13,24	28,39	49,12	1,9	0,56	0,81

Примечание: онтогенетическое состояние – *im* – имматурное, *v* – виргинильное, *g₁* – молодое генеративное, *g₂* – средневозрастное генеративное, *g₃* – старое генеративное, *ss* – субсенильное.

Как указывалось автором в других публикациях [4, 10 и др.], особенности онтоморфогенеза *Ephedra distachya*, в том числе длительное становление жизненной формы, продолжительный онтогенез, а также значительная гибель проростков, низкий банк семян в почве и другие характеристики в совокупности с воздействием пожаров отражаются на пространственной и онтогенетической структуре ценопопуляций. После пожаров заметно снижается численность особей и жизнеспособность сохранившихся растений.

После природных пожаров в составе петрофитных степей эфедра теряет свои позиции – снижается численность, происходят изменения онтогенетических спектров. Преобладающей онтогенетической группой в первый год после пожаров является старая генеративная, характеризующаяся рыхлым кустом, сильно развитым каудексом, наличием отмерших побегов, пожелтением побегов. Практически в два раза меньше в составе популяций отмечено зрелых генеративных особей (около 28%), молодых генеративных – около 13%.

Хотя в большинстве случаев именно генеративные особи и имеют доминирующие позиции, но после пожаров наблюдается сдвиг в сторону стареющих генеративных растений. Доля имматурных особей незначительна (менее 0,4%, регистрируются не во всех ценопопуляциях), виргинильных – около 7%. Субсенильные особи отмечаются также не во всех ценопопуляциях, их общий вклад в состав популяций – менее 2%.

Ценопопуляции № 8, 9 по классификации «дельта-омега» относятся к зрелому типу, остальные ценопопуляции (№ 1–7 и 9–10) являются стареющими.

Значительная часть ценопопуляций после природных пожаров находится в неудовлетворительном состоянии, их способность к самовосстановлению и самоподдержанию достаточно низкая. Несмотря на охраняемый статус некоторых территорий, природные пожары там происходят достаточно часто, что требует более четких мер по профилактике и тушению очагов возгорания. При частом возникновении пожаров на одних и тех же участках эффективность памятников природы при сохранении эфедры в регионе низкая.

Библиографический список

1. Пожары как фактор утраты биоразнообразия и функций лесных экосистем / А. П. Гераськина, Д. Н. Тебенькова, Д. В. Ершов, Е. В. Ручинская, Н. В. Сибирцева, Н. В. Лукина // Вопросы лесной науки. 2021. Т. 4, № 2. С. 1–76.
2. Павлейчик В. М. Широотно-зональная неоднородность развития травяных пожаров в Заволжско-Уральском регионе // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 2. С. 1–4.
3. Dusaeva G. Kh., Kalmykova O. G., Dusaeva N. V. Fire influence on dynamics of above-ground phytomass in steppe plant communities in the Burtinskaya Steppe (Orenburg State Nature Reserve, Russia) // Nature Conservation Research. 2019. Vol. 4 (Suppl. 1). P. 78–92. doi: 10.24189/ncr.2019.050
4. Impact of natural fires on the vegetation cover of steppe and forest-steppe zones (European part of Russia, Middle Volga region) / V. Ilyina, A. Mitroshenkova, S. Senator, V. Solovyeva, S. Rogov // E3S Web of Conferences 265. 01019 (2021). Actual Problems of Ecology and Environmental Management (APEEM 2021). 5 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126501019>
5. Pavleichik V. M., Chibilev A. A. Steppe fires in conditions the regime of reserve and under changing anthropogenic impacts // Geography and Natural Resources. 2018. Vol. 39(3). P. 212–221. doi: 10.1134/S1875372818030046
6. Животовский Л. А., Османова Г. О. Популяционная биогеография растений. Йошкар-Ола : ООО «Вертола», 2019. 128 с.
7. Османова Г. О., Животовский Л. А. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляций растений // Известия РАН. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 144–152.
8. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Труды БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. М. : АН СССР, 1950. Вып. 6. С. 7–204.
9. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–34.
10. Ильина В. Н., Митрошенкова А. Е. *Ephedra distachya* L. в Самарской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 4 (70). С. 38–42.

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *TULIPA GREIGII* REGEL (LILIACEAE) В УЗБЕКИСТАНЕ

О. С. Абдураимов, А. Л. Алламуратов, О. Т. Маматкасимов
Институт ботаники АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Наши исследования проведены в хребтах Западного Тянь-Шаня (Узбекистан). В ходе исследования была проанализирована возрастная структура 9 ценопопуляций *Tulipa greigii*. Онтогенетическая структура ценопопуляций *T. greigii* представлена двумя типами спектров – левосторонний (ЦП 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9) и центрированный (ЦП 3, 7). Отмечено, что изученные ценопопуляции являются молодыми и зрелыми.

Ключевые слова: Западный Тянь-Шань, эндемик, ценопопуляция, онтогенетическая структура, Узбекистан.

Средняя Азия является центром происхождения и основного видового разнообразия видов рода тюльпан – *Tulipa* L. Один из исторически сложившихся очагов формообразования тюльпанов находится в пустынях и полупустынях, другой – в высокогорных районах, третьим очагом считается Памиро-Алай. Четвертый, совершенно оригинальный и своеобразный, располагается в предгорьях и горах Западного Тянь-Шаня [1, 2]. Дикорастущие виды тюльпанов Западного Тянь-Шаня издавна привлекали и привлекают к себе внимание ученых и всех людей, любящих красоту природы [2, 3].

Tulipa greigii Regel – встречается в Северном и Западном Тянь-Шане одиночными экземплярами [4], редко – небольшими группами (Узбекистан, Казахстан, Киргизстан). Произрастает на глинистых и щебнистых склонах нижнего пояса гор [5, 6]. Редкий вид с сильно сокращающимся ареалом [6]. Описан в 1873 году Э. Регелем.

Среднеазиатские дикие виды тюльпанов обратили на себя внимание голландских селекционеров сразу после их введения в культуру. Тюльпан Грейга, введенный впервые в культуру в Петербурге в 1873 г., 1877 г. был удостоен диплома первоклассного сорта.

Среди тюльпанов предгорий особое место занимает *T. greigii*, широко распространенный в предгорной полосе Западного Тянь-Шаня. Из-за совершенства формы цветка его называют королем тюльпанов. Характерной особенностью этого вида является бокаловидный цветок, фиолетовые пятна и штрихи на листьях. В южных областях Узбекистана произрастает близкий к нему вид – *Tulipa micheliana* Ноог, который также имеет фиолетовые полосы на листьях [2].

Онтогенетическая структура представляет собой один из существенных признаков популяции; эта сторона структурной организации обеспечивает способность популяционной системы к самоподдержанию и определяет ее

устойчивость [7]. Анализ онтогенеза растений дает представление о дальнейшей судьбе популяций видов [8].

Цель данной работы: изучить онтогенетическую структуру ценопопуляций *T. greigii* в разных эколого-ценотических условиях в Узбекистане.

Наши исследования проведены в хребтах Западного Тянь-Шаня, где изучили онтогенетическую структуру 9 ценопопуляций *T. greigii* (рис. 1). Для определения демографических показателей ценопопуляций (ЦП) использовали метод трансекты (20x1 м). Карта с расположением ценопопуляций GIS (Geographic Modeling System) была подготовлена с использованием ArcGIS 10.6.1. В возрастном спектре выделили 5 состояний (j, im, v, g, s).



Рис. 1. Район исследований

На основании анализа возрастного состава определен тип ЦП. Онтогенетическая структура *T. greigii* представлена двумя разными типами спектров: левосторонний (ЦП 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9) и центрированный (ЦП 3, 7).

В ЦП с левосторонним типом спектра велика доля виргинильных особей (табл.). Только в девятой ценопопуляции высоко участие ювенильных растений (38,54%). Спектры этого типа формируются в областях с выпадением осадков и в условиях, когда растение обильно плодоносит. Кроме того, ранней весной на этих территориях не выпасается скот, что, в свою очередь, положительно сказывается на жизнеспособности молодых растений. Выявлено, что доля растений виргинильного состояния в ценопопуляциях 1, 2, 4, 5, 6, 8 варьирует от 40 до 75%. Обилие виргинильных особей в этих ЦП предполагает, с одной стороны, что растение хорошо размножается семенами, а с другой

стороны, что это онтогенетическое состояние длится гораздо дольше в засушливых регионах, чем другие этапы онтогонеза.

Таблица

Онтогенетическая структура ценопопуляций *Tulipa greigii*

№ ЦП	Онтогенетическая структура, %					Тип ЦП
	<i>j</i>	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g</i>	<i>s</i>	
1	22,73	9,09	40,91	22,73	4,54	Молодая
2	25,71	21,46	40	12,86	0	Молодая
3	0	0	42,86	47,62	9,52	Зрелая
4	4,17	4,17	58,33	20,83	12,5	Молодая
5	0	0	75	25	0	Молодая
6	8,33	16,67	62,5	12,5	0	Молодая
7	0	6,66	36,67	56,67	0	Зрелая
8	13,33	22,22	44,44	15,56	4,44	Молодая
9	38,54	9,38	28,13	21,87	2,08	Молодая

В ЦП с центрированным типом спектра доля генеративных особей максимальна (ЦП 3, 7). В них доля растений генеративного состояния колебалась от 47,62% до 56,67%. В обеих ценопопуляциях молодых особей не отмечено. Замечено, что в период размножения прямым посевом молодые растения не могут перейти на следующую стадию из-за различных факторов. В частности, весенние паводки и резкие изменения погоды в начале года приводят к гибели молодых особей.

Численность особей постгенеративного периода в ценопопуляциях очень мала. В ЦП 2, 5, 6, 7 сенильные особи отсутствуют. В остальных ЦП их доля составляет от 2,08 до 12,5%.

Анализ онтогенетических спектров в различных эколого-фитоценологических условиях позволил построить базовый спектр *T. greigii* (рис. 2). Пик (самая высокая точка кривой) соответствует виргинильным особям (48,16%). Следующее место занимают особи генеративного состояния (29,10%).

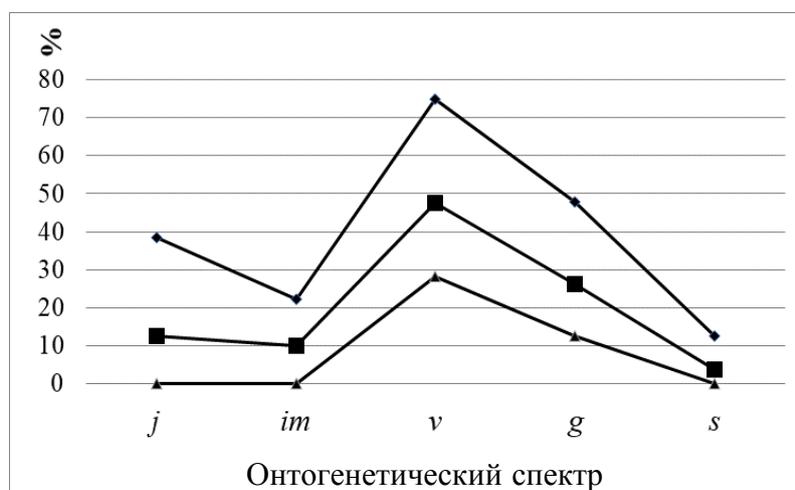


Рис. 2. Среднее значение онтогенетической структуры *Tulipa greigii*
 —■— среднее —▲— min —◆— max

Анализ онтогенетической структуры *T. greigii* показал, что большинство ценопопуляций являются молодыми (ЦП 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9), две (ЦП 3, 7) – зрелыми. Высокая урожайность, полноценность сформированных плодов способствуют поддержанию молодого типа ЦП.

Таким образом, было обнаружено, что большинство ценопопуляций *T. greigii* имеют левосторонний спектр, где наблюдается высокая доля молодых особей. Однако в ценопопуляциях с центрированным спектром формируется много семян, но молодые проростки часто погибают в результате действия различных абиотических факторов. Это потребует дальнейшего мониторинга данных ценопопуляций.

Библиографический список

1. Тожибаев К. Ш. Флора юго-западного Тянь-Шаня (в пределах республики Узбекистан) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ташкент, 2010. 35 с.
2. Тожибаев К. Ш., Кадыров Р. У. Тюльпаны Узбекистана. Ташкент : Шарк, 2010. 224 с.
3. Цой В. А., Аширов С. А. «Западный Тянь-Шань: путешествие к истокам». Ташкент : «Talqin», 2008. 311 с.
4. An annotated checklist of endemic vascular plants of the Tian-Shan Mountains in Central Asian countries / Tojibaev et al. // Phytotaxa. 2020. 464 (2): 117–158. doi: 10.11646/phytotaxa.464.2.1
5. Иващенко А. А. Тюльпаны и другие луковичные растения Казахстана. Алматы : Два столица, 2005. 192 с.
6. Красная книга Республики Узбекистана. Т. : «Tasvir», 2019. 356 с.
7. Османова Г. О., Животовский Л. А. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляций растений // Известия РАН. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 144–152. doi: 10.31857/S0002332920020058
8. Ontogenetic Structure of Ceonopulations of *Tulipa korolkowii* Regel in Uzbekistan / S. O. Abduraimov, F. H. Shomurodov, S. A. Daniyarov, A. S. Abduraimov // Journal of Botanical Research. Singapore. 2020. № 4. P. 7–11. doi: 10.30564/jrb.v2i4.2282

РАЗНООБРАЗИЕ ЛЕСОВ С НАЛИЧИЕМ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»

О. В. Булышева, О. Н. Пересторонина

Вятский государственный университет, obulisheva@yandex.ru

В статье представлена характеристика различных типов лесных сообществ с наличием широколиственных пород в Медведском бору Нолинского района Кировской области, составленная при анализе таксационных описаний.

Ключевые слова: Медведский бор, лесное сообщество, широколиственная порода, липа, неморальный элемент.

Памятник природы «Медведский бор» расположен в Нолинском районе Кировской области, на границе подзона южной тайги и хвойно-

широколиственных лесов. В подзоне южной тайги сохранились неморальные географо-генетические элементы с предыдущих климатических периодов. К хвойным породам первого яруса примешиваются дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) и липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), образуя хвойно-широколиственные леса, которые имеют густой подлесок и разнообразный по видовому составу травяной покров. Особо охраняемая природная территория «Медведский бор» в течение длительного времени находится под охраной. При отсутствии лесохозяйственной деятельности наблюдается трансформация сосновых сообществ в другие типы.

В работе представлены результаты анализа таксационных описаний. Объектом исследования стали разнообразные лесные сообщества с присутствием липы.

Леса с наличием широколиственных пород на территории Медведского бора встречаются на площади 177 га. Выявлены липово-березовые (Б ЛП), липово-осиновые (ОС ЛП), липово-березово-осиновые (ОС Б ЛП), липово-осиново-березовые (Б ОС ЛП) сообщества (рис. 1).

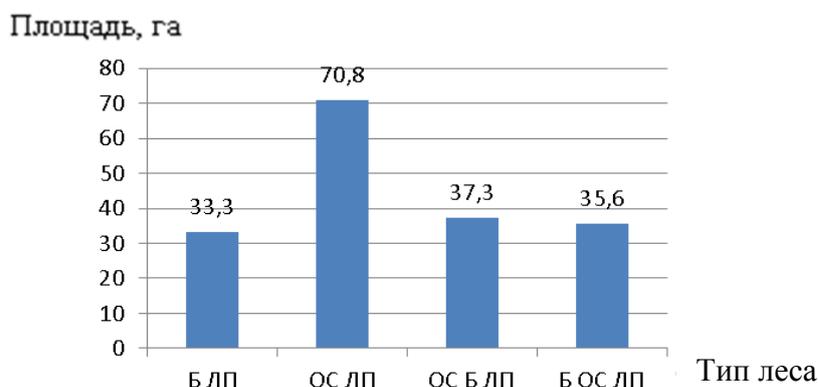


Рис. 1. Площадь лесных сообществ с присутствием липы

Все рассмотренные типы лесных сообществ занимают значительную площадь, но наибольшая принадлежит древостоям с преобладанием осины (*Populus tremula* L.) и липы (70,8 га). Остальные сообщества занимают приблизительно одинаковые площади. Наименее (33,3 га) представлены липово-березовые леса (рис. 1).

В породном отношении наибольшая доля принадлежит осине и березе (*Betula pubescens* Ehrh.), на третьем месте – липа, она встречается во всех перечисленных типах леса. Следовательно, можно предположить, что в будущем возможно господство липы. Кроме липы из широколиственных пород присутствует и клен остролистный (*Acer platanoides* L.), но встречается лишь в одном сообществе (ОС ЛП) и его доля мала (рис. 2).

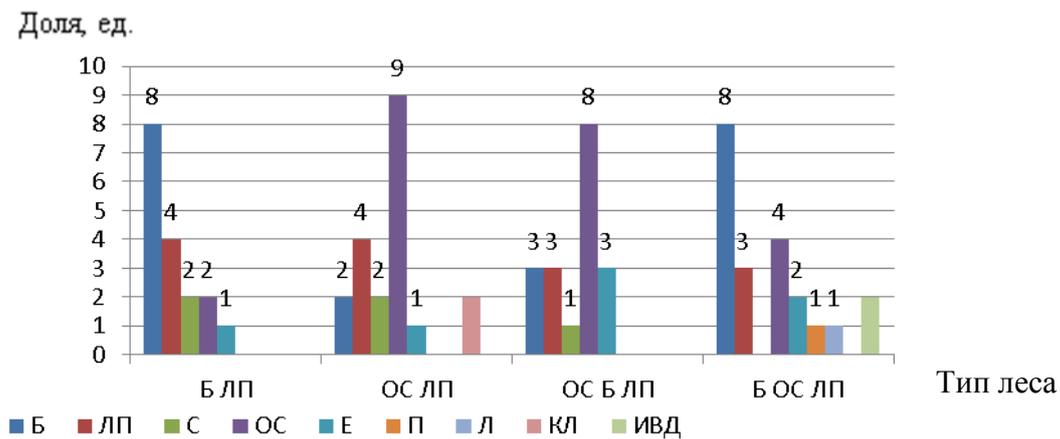


Рис. 2. Доля пород деревьев в составе

Можно предположить что (рис. 3), осиновые и березовые леса сформировались на месте хвойных, так как ель (*Picea A. Dietr.*) и сосна (*Pinus sylvestris L.*) в сообществах достигают возраста 120 и 125 лет соответственно. Вероятно, ель начала вытеснять сосну, но условия для ели на песчаных почвах неблагоприятные и в дальнейшем примесь мелколиственных пород сообщества вышла в первый ярус. Липа в данных сообществах является самой молодой породой: ее возраст не превышает 65 лет. Так как Медведский бор находится на северной границе хвойно-широколиственных лесов, липа входит в состав полога и подлеска сообществ, в которых отсутствует устойчивое рациональное природопользование.

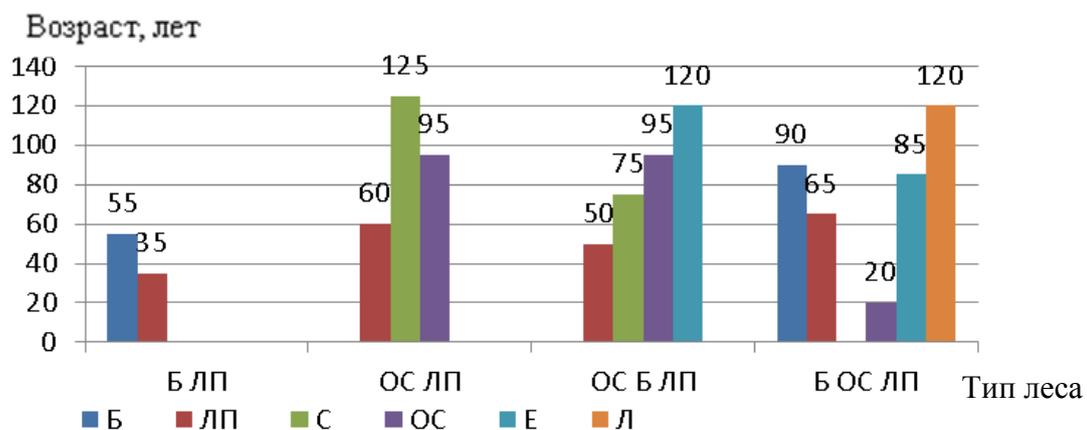


Рис. 3. Возраст древесных пород в насаждениях

Высота липы во всех сообществах приблизительно одинакова, но максимальной высоты она достигает в липово-осиново-березовом сообществе (25 м). Важно отметить то, что липа в данных сообществах является второстепенной породой, не выходит в первый ярус, но ее высота не сильно отличается от высоты остальных пород. Это можно объяснить тем, что для липы характерны быстрый рост и устойчивость против неблагоприятных факторов. Кроме того, липа хорошо размножается порослью.

Несмотря на то, что в рассматриваемых типах леса по возрасту преобладают хвойные породы, наибольшая высота наблюдается у быстрорастущих

мелколиственных пород – березы и осины (рис. 4), что приводит к изменению светового режима. Сомкнутость древостоя увеличивается, и возобновление сосны становится невозможным. Также усиленный лиственный опад приводит к накоплению гумуса и уменьшению влагоемкости почвы. Наблюдается трансформация сообществ.

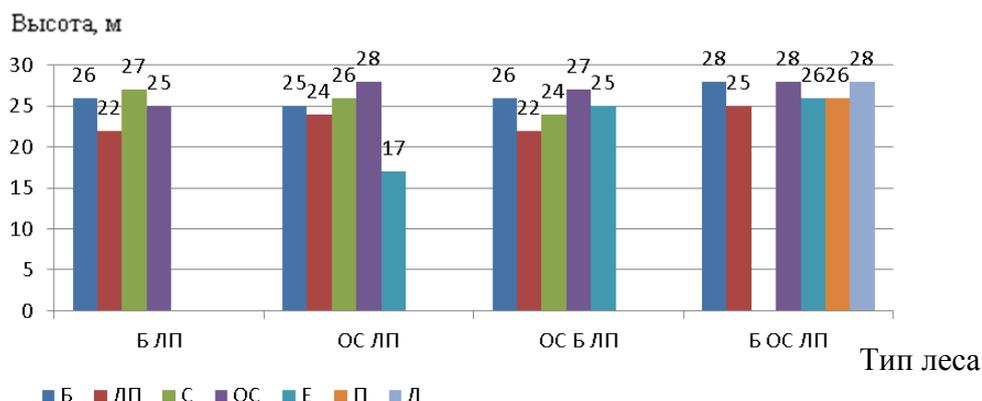


Рис. 4. Высота древесных пород в насаждениях

Наибольший диаметр ствола липы, также, как и высота, наблюдается в липово-осиново-березовом сообществе (28 см). В остальных типах леса ее диаметр одинаков (24 см) (рис. 5).

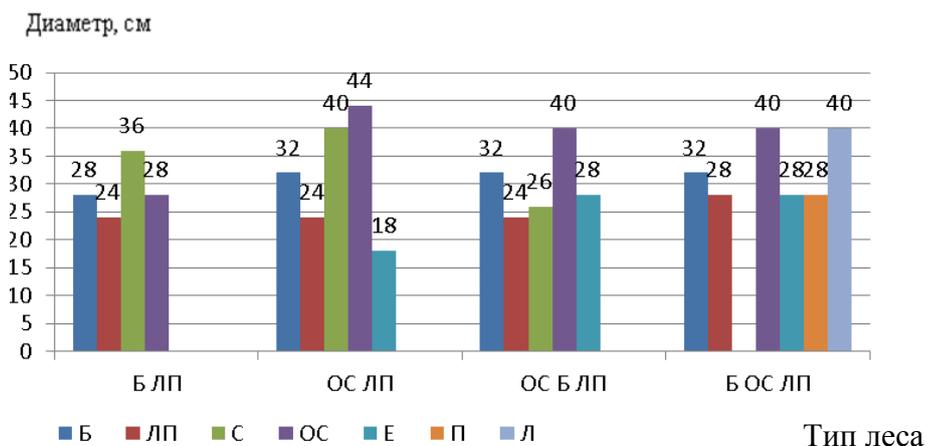


Рис. 5. Диаметр древесных пород в насаждениях

Наибольшее количество насаждений относится к первому классу бонитета, то есть леса высокопродуктивные, лишь среди липово-осиново-березовых сообществ преобладают насаждения второго класса. Реже встречаются насаждения третьего класса бонитета.

Полнота большинства насаждений с присутствием липы 0,7–0,8, то есть они являются среднеполнотными. Лишь одно сообщество является высокополнотным (полнота – 1) и встречается среди липово-осинового типа леса.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в Медведском бору преобладающей породой из широколиственных является липа, изредка встречается клен.

Большое количество липы в области можно объяснить тем, что эту породу считают морозо- и холодоустойчивой, она дальше всех проникает на север и произрастает в суровых климатических условиях. Кроме того, липа – типично теневыносливая порода, занимающая в шкале требовательности к свету М. К. Турского одно из последних мест. Важной лесоводственной особенностью липы является то, что она в составе других насаждений заметнее других пород способна к самовозобновлению [1] вегетативным путем. Проведя анализ таксационных описаний, можно сказать, что липа не выходит в первый ярус, так как ее высота не превышает высоту преобладающих пород в рассмотренных сообществах, поэтому можно судить о том, что она образуется под пологом и чаще в виде подлеска. Малое количество клена можно объяснить тем, что он более требователен к условиям: светолюбив, теплолюбив, страдает от морозов в суровые зимы [2].

Библиографический список

1. Мурахтанов Е. С. Липа. М.: 1981. 79 с.
2. Шванова В. В. Клен // Большая российская энциклопедия. Электронная версия. [Электронный ресурс]. – URL: <https://bigenc.ru/biology/text/2623833> (дата обращения: 24.10.2021).

РАЗНООБРАЗИЕ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ С УЧАСТИЕМ ЕЛИ И БЕРЕЗЫ НА ТЕРРИТОРИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»

Е. И. Агафонова, О. Н. Пересторонина

Вятский государственный университет, agafonova.evgenya2016@yandex.ru

В статье представлена характеристика различных типов сосновых сообществ с участием ели и березы в Медведском бору Нолинского района Кировской области, составленная при анализе таксационных описаний и натурального исследования. Определены причины смены сосновых сообществ еловыми.

Ключевые слова: памятник природы «Медведский бор», елово-сосновый лес, березово-сосновый лес, тип леса, сукцессия.

В Нолинском районе Кировской области находится особо охраняемая природная территория «Медведский бор» – это уникальное реликтовое сообщество, расположенное на материковых песчаных дюнах по левому берегу реки Вятки у пос. Медведок. Лесной массив располагается на границе подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов. Медведский бор в течение длительного времени (с 1962 года), имеет охранный режим. Это привело к хорошему возобновлению подроста ели и березы, которые под пологом леса создали достаточно сильное затенение. В настоящее время на территории па-

мятника природы уже сформировались елово-сосновые и березово-сосновые насаждения.

Исследование по анализу елово-сосновых и березово-сосновых лесов на территории памятника природы «Медведский бор» проведено в 2021 г. Методы работы: натурные обследования и анализ таксационных описаний.

Елово-сосновые и березово-сосновые леса занимают площадь 394,2 га, что составляет 6% от общей площади арендного участка ООО «Нолинская лесопромышленная компания» Медведского бора (6267,3 га); они представлены десятью типами. В статье рассмотрим разнообразие елово-сосновых и березово-сосновых насаждений.

Особенности рельефа данной местности обусловили произрастание разнообразных типов насаждений. Среди елово-сосновых насаждений встречаются следующие типы (рис. 1): майниково-брусничный (МБ), липовый (ЛП), майниково-черничный (МЧ), кисличный (К) и брусничный (Б). Наибольшую площадь занимают елово-сосновые майниково-брусничные (МБ) насаждения – 47,9 га.

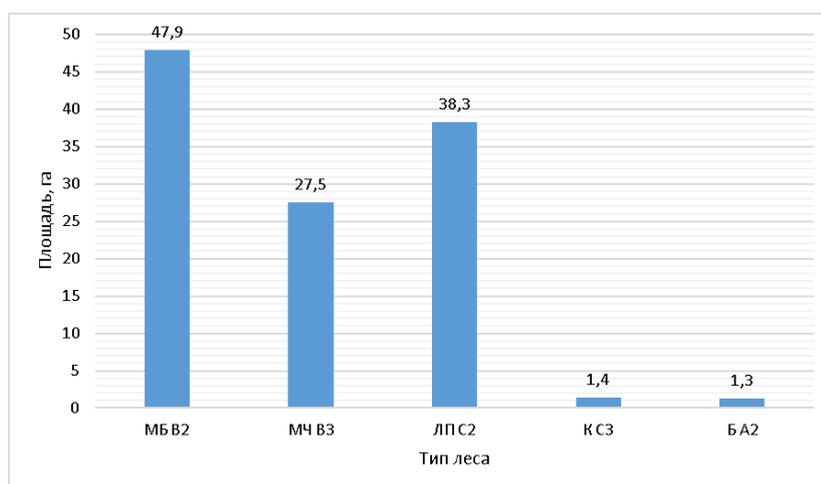


Рис. 1. Площадь елово-сосновых насаждений по типам леса

Средняя высота яруса в елово-сосновых насаждениях варьирует от 28 м в типе леса кисличный (К) до 12 м в типе леса брусничный (Б). Средний диаметр ствола варьирует от 46 см в типе леса кисличный (К) до 14 см в типе леса брусничный (Б). Наибольший возраст деревьев сосны в елово-сосновых насаждениях отмечен в типе леса кисличный (К) – 155 лет, а наименьший – в типе леса брусничный (Б) – 40 лет. Наибольший бонитет (3) наблюдается в брусничном (Б) типе леса, наименьший (2) – в кисличном (К). Наивысшая полнота елово-сосновых насаждений наблюдается в кисличном типе (К) – 0,7, а наименьшая в брусничном (Б) – 0,5.

Подрост присутствует в каждом типе леса (рис. 2). В майниково-брусничном типе леса преобладает еловый подрост (10Е) в количестве 11 тыс. штук на га, высотой 3,9 м и возрастом 34 года. Много сосново-елового подроста (5С5Е) в количестве 10 тыс. штук на га, возрастом 13 лет и высотой 1,7 м.

В количестве 2 тыс. штук на га присутствует елово-сосновый подрост (7С3Е) высотой 4 м и возрастом 20 лет.

В типе леса майниково-черничном преобладает еловый подрост (10Е) в количестве 15 тыс. штук на га возрастом 35 лет и высотой 5,1 м. В количестве 3 тыс. штук на га присутствует сосново-еловый подрост (9Е1С) возрастом 40 лет и высотой 6 м. Еловый подрост (10Е) также преобладает в типе леса кисличном в количестве 2 тыс. штук на га, возрастом 40 лет и высотой 6 м.

В липовом типе леса имеется только сосново-еловый подрост (8Е2С) в количестве 0,5 тыс. штук на га, возрастом 35 лет и высотой 4 м.

На территории памятника природы «Медведский бор» ель считается нецелевой породой [1, 2]: необходимо проводить мероприятия по изъятию ели и осветлению сообществ для создания условий, способствующих формированию соснового подростка. В настоящем, не зависимо от типа насаждений в подросте присутствует ель, что в дальнейшем приведет к формированию еловых насаждений. Почвенные условия в данном лесном массиве неблагоприятны для формирования продуктивных здоровых еловых насаждений, что будет способствовать выпадению ели.

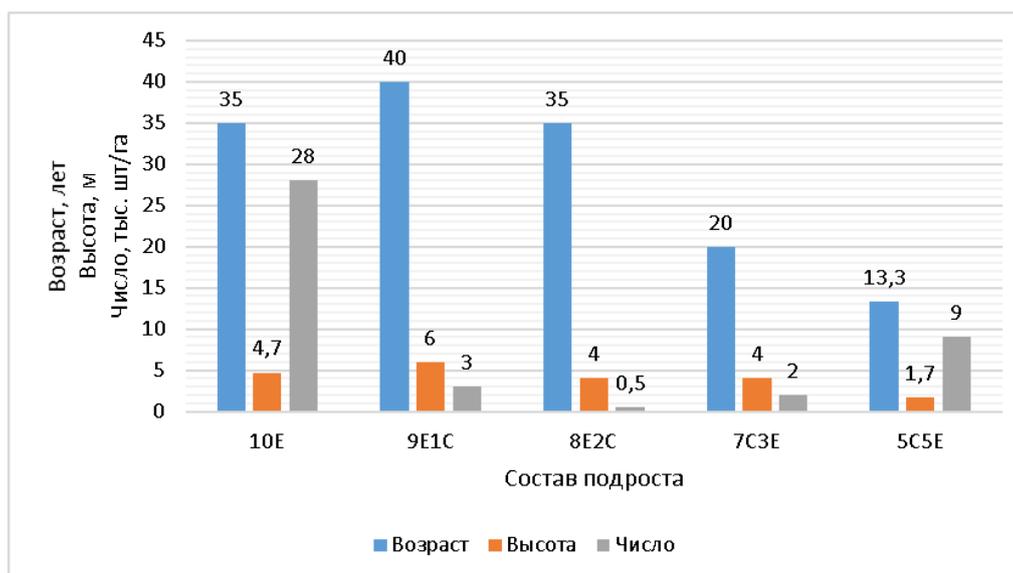


Рис. 2. Оценка подростка в елово-сосновых насаждениях

Среди березово-сосновых насаждений встречаются следующие типы лесов (рис. 3): липовый (ЛП), кисличный (К), черничный (Ч), майниково-брусничный (МБ), травяно-болотный (ТБ), брусничный (Б), хвощово-долгомошный (ХДМ), долгомошный (ДМ), осоково-сфагновый (ОСФ), майниково-черничный (МЧ). Наибольшую площадь занимают березово-сосновые насаждения майниково-брусничного типа – 144,3 га. Наименьшую площадь занимает липовый тип – 1 га.

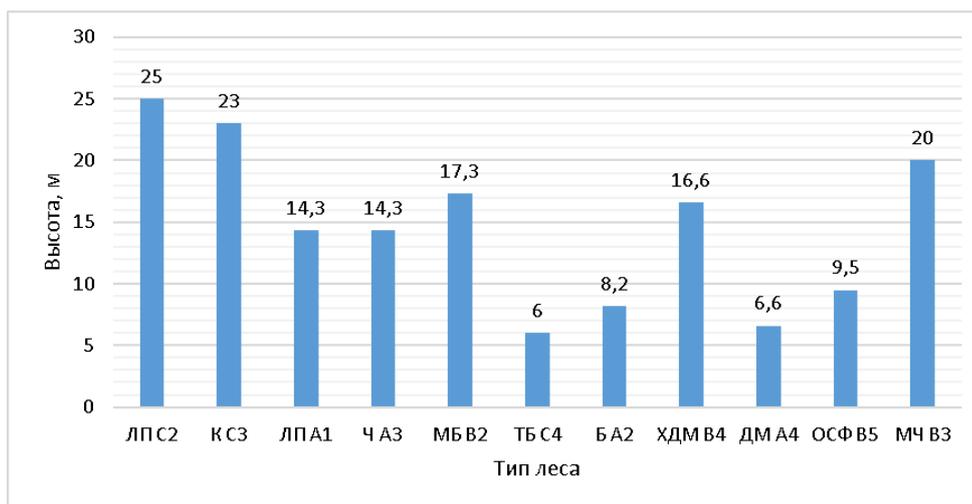


Рис. 3. Средняя высота березово-сосновых насаждений по типам леса

Наибольшую высоту древостоя (25 м) имеют сообщества липового типа (ЛП), а наименьшую – сообщества травяно-болотного типа (ТБ) – 6 м. Наибольший диаметр стволов (32 см) в березово-сосновых сообществах отмечается в липовом типе (ЛП), а наименьший (6 см) – в травяно-болотном (ТБ). Наивысший средний возраст сосны, выявленный в березово-сосновых лесах, составляет 95 лет в липовом типе (ЛП). Наименьший возраст сосны – 15 лет – в травяно-болотном типе (ТБ). При анализе продуктивности лесов отметили, что 1 класс бонитета соответствует кисличному и травяно-болотному типам; 2 класс – характерен для липового (ЛП), черничного (Ч), майниково-брусничного (МБ) и майниково-черничного (МЧ) типов; 3 класс – преимущественно для липового (ЛП), брусничного (Б) и хвощово-долгомошного (ХДМ) типов; для долгомошного и осоково-сфагнового типов – 4 класс бонитета. Средняя полнота в березово-сосновых сообществах не превышает 0,7 в кисличном (К), липовом (ЛП), майниково-брусничном (МБ), осоково-сфагновом (ОСФ) и майниково-черничном (МЧ) типах леса; не ниже 0,5 в долгомошном (ДМ) типе леса.

Подрост в березово-сосновых насаждениях присутствует в каждом типе леса (рис. 4). В майниково-брусничном типе (МБ) преобладает еловый подрост (10Е) в количестве 10,5 тыс. штук на га, возрастом 28 лет и высотой 3,9 м. Присутствует также сосновый подрост (10С) в количестве 0,5 тыс. штук на га, возрастом 5 лет; сосново-еловый подрост (8Е2С) в количестве 1 тыс. штук на га, возрастом 20 лет и 2 м высотой; сосново-еловый подрост (5С5Е) в количестве 3 тыс. штук на га, возрастом 25 лет и высотой 4 м.

Чистый сосновый подрост (10С) произрастает в брусничном типе в количестве 7 тыс. штук на га, возрастом 11 лет и высотой 1,7 м; в долгомошном типе (ДМ) в количестве 2 тыс. штук на га, возрастом 17,5 лет и высотой 1 м; а также в травяно-болотном типе (ТБ) в количестве 1 тыс. штук на га, возрастом 5 лет и высотой 0,5 м.

1,5 тыс. штук на га елового подроста (10Е) возрастом 40 лет и высотой 6 м произрастает в хвощово-долгомошном типе (ХДМ) леса. Также еловый

подрост (10Е) преобладает в майниково-черничном типе в количестве 1,5 тыс. штук на га, возрастом 40 лет и высотой 6 м; и в кисличном типе (К) в количестве 2 тыс. штук на га, возрастом 30 лет и высотой 4 м.

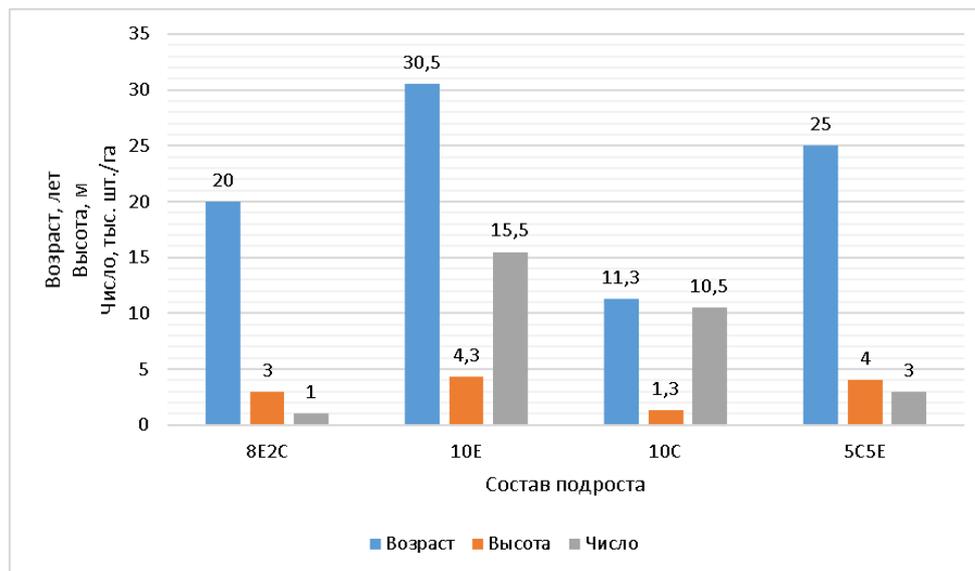


Рис. 4. Оценка подростa в березово-сосновых насаждениях

Анализ выявил, что почти во всех типах березово-сосновых насаждений подростом является ель. При отсутствии устойчивого рационального природопользования в березово-сосновых сообществах сукцессия также, как и в елово-сосновых типах, приведет к формированию еловых насаждений.

Можем предположить, что в ближайшем будущем сосновые леса памятника природы «Медведский бор» могут трансформироваться в зональные типы, произойдет смена видового состава травяно-кустарничкового яруса, выпадение редких лугово-степных элементов, обеднение биоразнообразия региона. С целью сохранения остепненных сосняков необходимо исключение ели и березы из состава подростa и древостоя, создание условий для возобновления сосны и сохранения сосновых насаждений на территории памятника природы «Медведский бор».

Библиографический список

1. Об утверждении границ и режима особой охраны территории памятника природы регионального значения «Медведский бор». Постановление Правительства Кировской области от 02.06.2015 №41/289. [Электронный ресурс]. – URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/%D0%9C%D0%B5%D0%B4%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B1%D0%BE%D1%80> (дата обращения: 24.10.2021).

2. О внесении изменений в постановление Правительства Кировской области от 02.06.2015 N 41/289. Постановление Правительства Кировской области от 03.02.2016 №82/41. [Электронный ресурс]. – URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/%D0%9C%D0%B5%D0%B4%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B1%D0%BE%D1%80> (дата обращения: 24.10.2021).

БЕРЕЗОВЫЕ ЛЕСА АРЕНДНОГО УЧАСТКА ООО «СОРВИЖИ-ЛЕС» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Р. А. Зеленцов, О. Н. Пересторонина

Вятский государственный университет, ruslanselenzow@gmail.com

Статья содержит характеристику берёзовых лесов арендного участка ООО «Сорвижи-лес», который находится в Арбажском районе Кировской области, составленную при анализе таксационных описаний, а также приведена характеристика берёзовых лесов Кировской области.

Ключевые слова: арендный участок ООО «Сорвижи-лес», лесное сообщество, берёзовый лес, тип леса.

ООО «Сорвижи-лес» находится в Арбажском районе Кировской области. Район расположен в правобережном Вятско-Шембетском увалисто-всхолмленном подрайоне с елово-сосново-березовым лесом Вятско-Пижмо-Какшинского района Вятско-Ветлужского округа [1]. Исследование типов, состава и структуры березовых лесов на территории лесничества проведено в 2020–2021 гг. по таксационным описаниям.

Территория участка покрыта различными типами леса, но большую площадь занимают березовые леса (черничники, кисличники, травяно-болотные, майниково-черничные, хвощово-долгомошные и т. д.), значительная доля которых представлена в смешении с еловыми и лиственными породами.

В общей сложности было проанализировано 97 выделов с березовыми лесами арендного участка. Березовые сообщества охарактеризованы по следующим показателям: площадь, которую занимают различные типы лесов; диаметр ствола, высота и возраст березы в древостоях; бонитет (показатель, определяющий продуктивность насаждения и скорость роста деревьев) и полнота (степень плотности стояния деревьев в древостое).

Особенности рельефа данной местности обусловили произрастание разнообразных типов березняков. При исследовании было выделено 17 групп этих насаждений: березняк с сосной и елью (БЕС), березняк с сосной, осиной и елью (БОСЕС), березняк с елью (БЕ), березняк с сосной (БС), березняк с черной ольхой (БОЛЧ), березняк с елью и осиной (БОСЕ), березняк с сосной и осиной (БОСС), березняк с елью и черной ольхой (БОЛЧЕ), березняк с лиственницей, сосной и елью (БЕСЛ), березняк с осиной и черной ольхой (БОЛЧОС), березняк с елью, черной и серой ольхой (БОЛЧОЛСЕ), березняк с осиной (БОС), березняк с сосной, елью и липой (БЛПЕС), березняк с осиной и липой (БЛПОС), березняк с елью и липой (БЛПЕ), березняк с сосной и ивой древовидной (БИВДС) и березняк с елью, сосной и черной ольхой (БОЛЧСЕ). Общая площадь березовых насаждений 400 га (рис. 1).

Высота деревьев по представленным типам леса варьируют от 11 м (березняк с елью и липой) до 24 м (березняк с сосной, елью и липой).

Насаждения в основном средневозрастные: от 60 лет (березняк с елью) до 80 лет (березняк с елью и осиной).

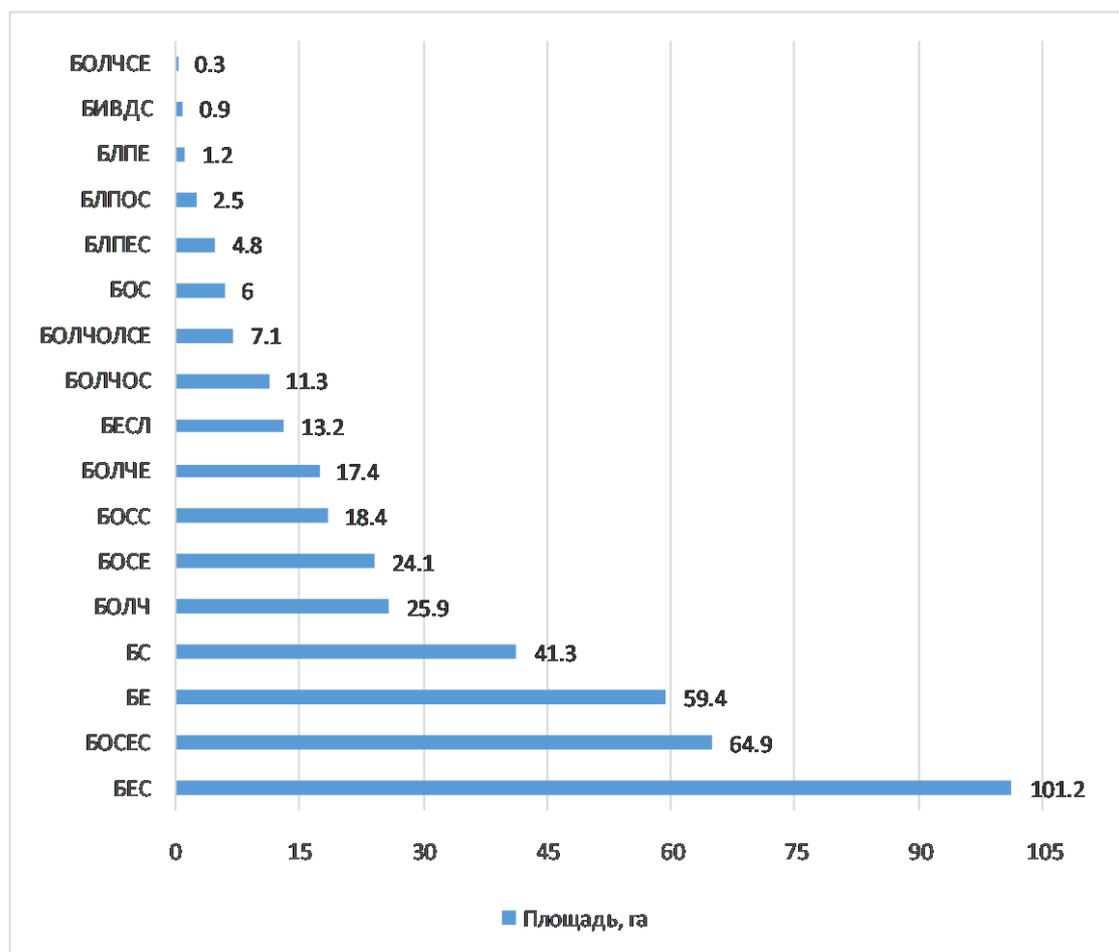


Рис. 1. Площадь березовых насаждений ООО «Сорвижи-лес» по типам леса

Насаждения, относящиеся к группам: березняк с елью и липой, березняк с осиной и липой, березняк с сосной, елью и липой, березняк с осиной, березняк с лиственницей, сосной и елью, березняк с елью, березняк с сосной и елью, березняк с елью и осиной, являются высокобонитетными и имеют 2-ой класс бонитета. Остальные насаждения являются среднебонитетными и относятся к 3-му и 4-му классам бонитета.

Все типы насаждений являются средне- и высокополнотными, в то время как березняк с сосной и ивой древовидной и березняк с лиственницей, сосной и елью имеют полному 0,4, являясь низкополнотными (рис. 2).

Диаметры стволов в каждой рассмотренной группе также сильно варьируют: от 12 см (березняк с елью и липой) до 26 см (березняк с лиственницей, сосной и елью).

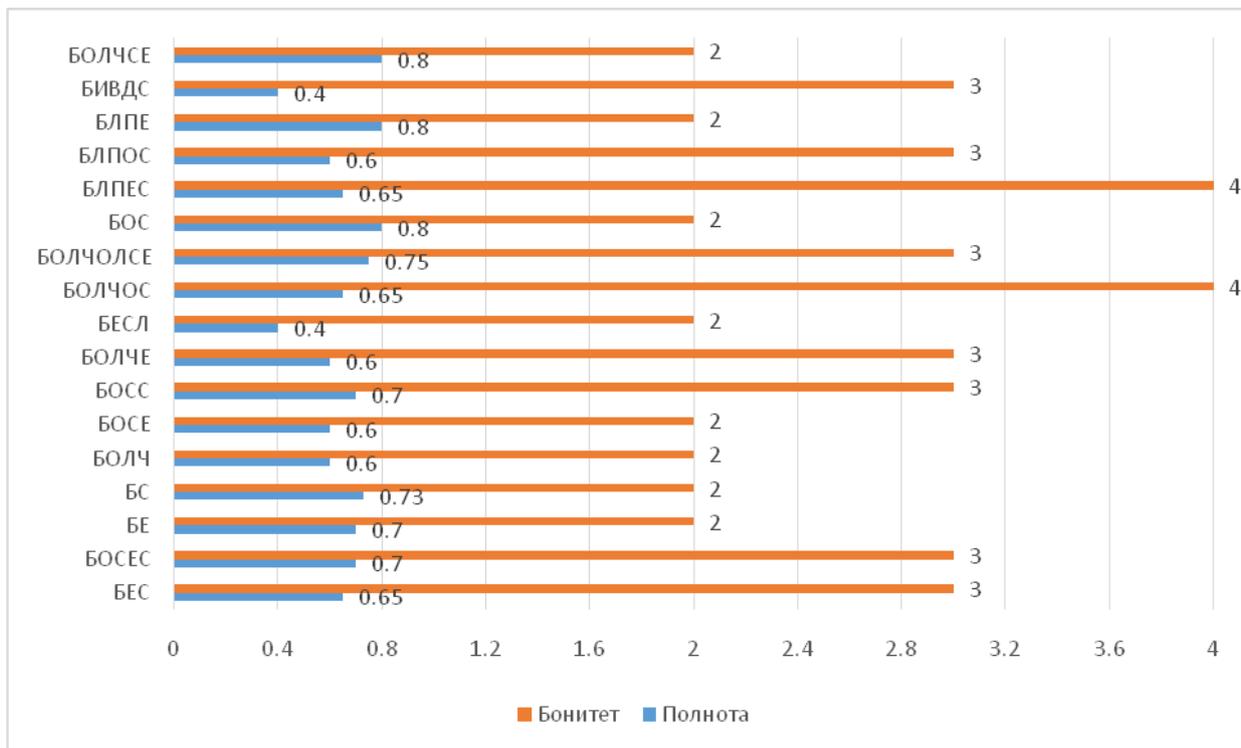


Рис. 2. Бонитет и полнота березовых насаждений по типам леса

Всего было выявлено 11 типов березовых насаждений: майниково-брусничный (МБ В2), разнотравный (РТ С2), хвощово-долгомошный (ХДМ В4), травяно-болотный (ТБ С4), осоково-сфагновый (ОСФ В5), майниково-черничный (МЧ В3), черничный (Ч В3), долгомошный (ДМ В4), кисличный (К С3), осоково-болотный (ОБ С5), липняковый (ЛП С2). Преобладающие типы леса – травяно-болотный (С4) с процентным соотношением 27% и майниково-черничный (В3), составляющий 23% от общего числа насаждений (рис. 3).

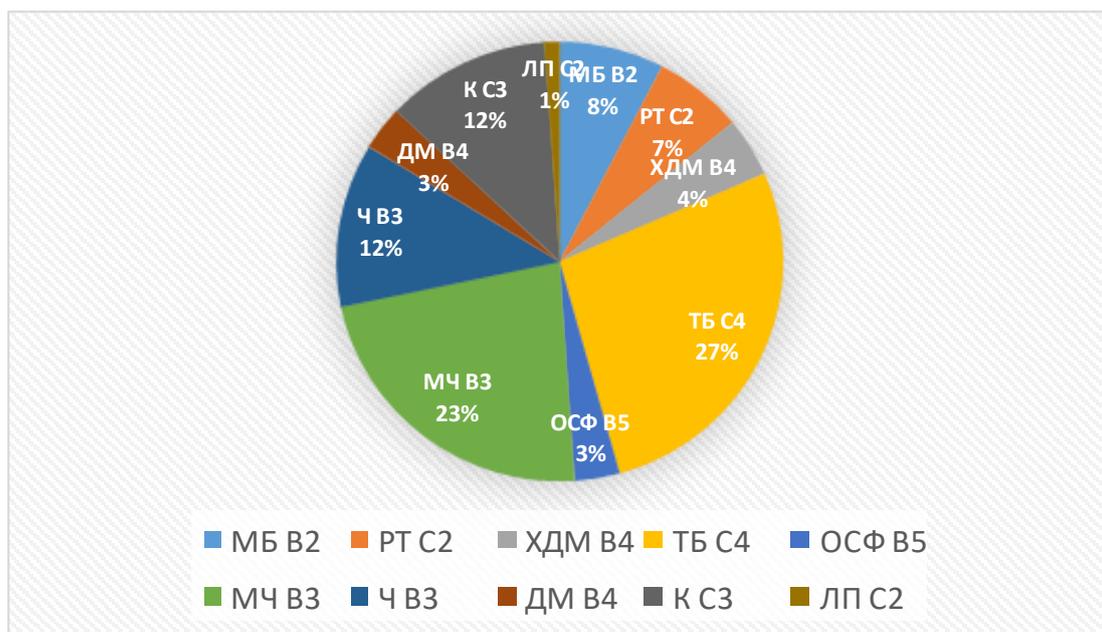


Рис. 3. Процентное соотношение различных типов березовых насаждений ООО «Сорвижи-лес»

Березняки имеют достаточно часто под своим пологом чистый еловый подрост (10Е), что отражает их интразональность на фоне зональных ассоциаций, представленных на участке (чистые ельники).

Таким образом, по таксационным описаниям дана фитоценотическая характеристика берёзовых лесов арендной территории ООО «Сорвижи-лес» Сорвижского лесничества. Они занимают 400,0 га, что составляет 13,3% от общей площади арендного участка. В результате исследования выявлено 17 групп берёзовых лесов, наиболее распространённой из которых оказались березовые насаждения с сосной и елью общей площадью 101,2 га – 25% от общей площади березовых лесов исследуемого участка. Средний возраст насаждений 80 лет, а наиболее распространённый тип леса – березняк майниково-черничный (ВЗ). Под пологом большинства всех типов березняков имеется чистый еловый подрост, что в дальнейшем приведет к смене березы елью – восстановлению зональных типов леса. Подавляющее число насаждений являются средне- и высокополнотными, а наиболее распространённый класс бонитета – 2.

Библиографический список

1. Арбажский район // Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Арбажский_район_Кировская_область (дата обращения: 01.06.2021).

СОСНОВЫЕ ЛЕСА АРЕНДНОГО УЧАСТКА ООО «СОРВИЖИ-ЛЕС» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Ю. В. Казакова, О. Н. Пересторонина

Вятский государственный университет, ulia.kazakova77@gmail.com

В статье представлена характеристика сосновых лесов арендного участка ООО «Сорвижи-лес» (Кировская область) по материалам таксационных описаний, дана оценка продуктивности данных сообществ.

Ключевые слова: сосновый лес, Кировская область, чистый сосняк, сосняк с примесью березы, сосняк с примесью березы и ели.

Арендный лесной участок ООО «Сорвижи-лес» находится в Арбажском районе Кировской области. Деятельность по заготовке древесины является основным источником дохода компании. Поэтому для предприятия существует необходимость в мониторинге общего состояния лесов для последующей разработки экологической политики и сохранения на арендных участках лесов высокой природоохранной ценности.

Территория арендного участка ООО «Сорвижи-лес» входит в таежную лесорастительную зону и южно-таежный район европейской части Российской Федерации. В его составе 14 кварталов, общей площадью около 3 тыс. га. Общий разрешенный объем лесозаготовок равен 46,17 тыс. м³ [1].

Цель данного исследования – дать комплексную характеристику сосновых лесов арендного участка ООО «Сорвижи-лес».

ООО «Сорвижи-лес» сертифицировано по схеме Лесного попечительского совета (FSC) [2]. Это означает, что предприятие добровольно сохраняет в аренде ценные участки леса, помимо официально выделенных особо защитных участков (ОЗУ) и защитных лесов, например участков редких лесных экосистем и мест, имеющих особую значимость для местного населения (так называемые леса высокой природоохранной ценности – ЛВПЦ).

Арендный участок ООО «Сорвижи-лес» входит в подзону южной тайги Кировской области. Территория района заболочена: распространены низинные, верховые и переходные болота [3, 4].

По данным таксационных описаний на арендном участке среди сосняков встречаются 11 типов: кисличный – К С3, осоково-сфагновый – ОСФ В5, сфагновый – СФ А5, хвощово-долгомошный – ХДМ В4, долгомошный – ДМ А4, майниково-черничный – МЧ В3, черничный – Ч А3, майниково-брусничный – МБ В2, разнотравный – РТ С2, лишайниковый – Л А1, брусничный – Б А2. Данные группы сосновых лесов типичны для Кировской области [3].

Сосновые леса арендного участка занимают площадь 1127 га. Наиболее часто встречаются сосняки зеленомошные (рис. 1), в частности, майниково-черничные (386,9 га), майниково-брусничные (270,3 га) и брусничные (249,4 га).

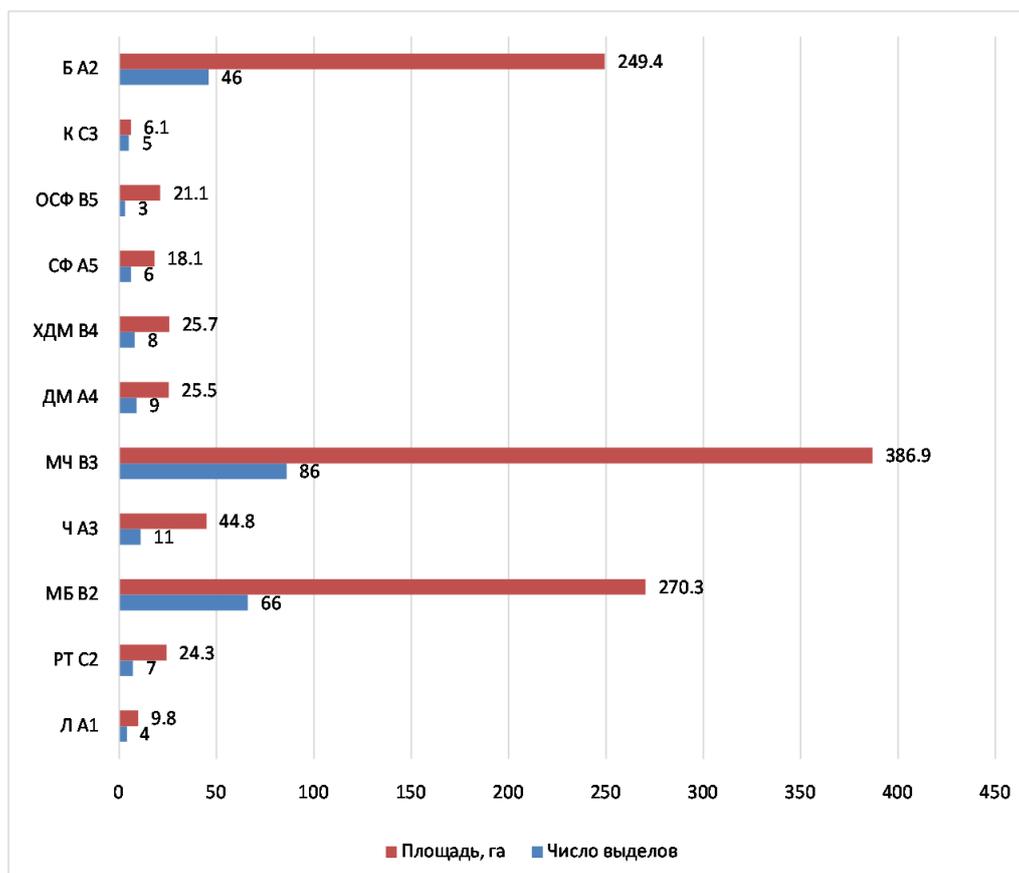


Рис. 1. Число выделов и площадь различных типов сосновых лесов

Чистые сосняки (10С) занимают площадь 72,2 га, то есть 6,4% от общей площади сосновых насаждений. Среди чистых сосняков выделено 7 типов: лишайниковый (Л А1), черничный (Ч А3), сложный (РТ С2), долгомошный (ДМ А4), брусничный (Б А2), майниково-черничный (МЧ В3) и майниково-брусничный (МБ В2). Наиболее часто встречаемыми являются брусничный (Б А2), майниково-черничный (МЧ В3) и лишайниковый (Л А1) типы леса, а единично – майниково-черничный (МЧ В3), долгомошный (ДМ А4), черничный (Ч А3) и разнотравный (РТ С2) сосняки. Брусничные сосняки занимают наибольшую площадь среди чистых сосновых лесов – 46,5 га.

Большинство сосняков являются средневозрастными; к приспевающим относятся майниково-черничный (МЧ В3), черничный (Ч А3) и долгомошный (ДМ А4) (рис. 2). Наиболее продуктивными типами леса среди чистых сосняков являются сложный (РТ С2), майниково-брусничный (МБ В2), майниково-черничный (МЧ В3) и брусничный (Б А2).

Насаждения сосняков (10С) можно назвать высокопродуктивными, так как средний бонитет составляет 2.

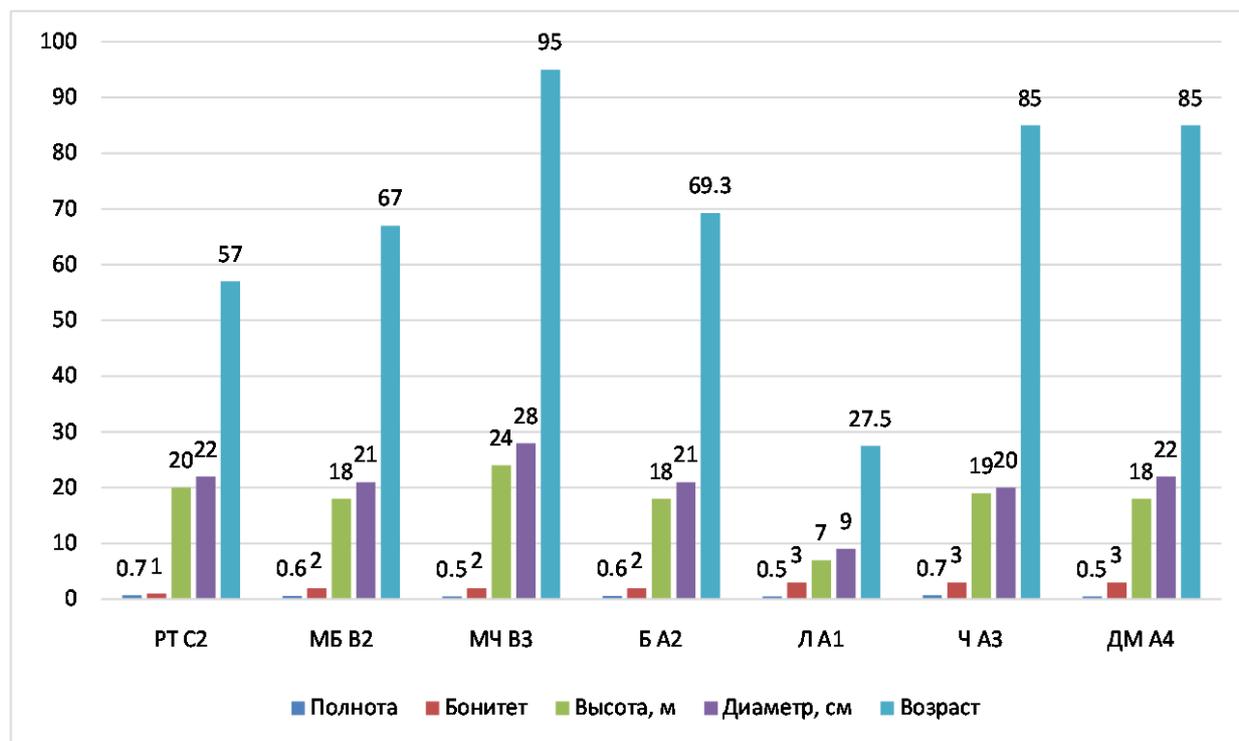


Рис. 2. Средние значения возраста, высоты, диаметра, полноты и бонитета чистых сосняков по типам леса

Большинство сосновых насаждений на данной территории встречаются с примесью ели и березы.

Сосновые леса с примесью березы занимают площадь 189,6 га (16,8%). Относятся к средневозрастным, среднеполнотным и среднебонитетным насаждениям (рис. 3). В группе чистых сосняков встречается еловый и березовый подрост.

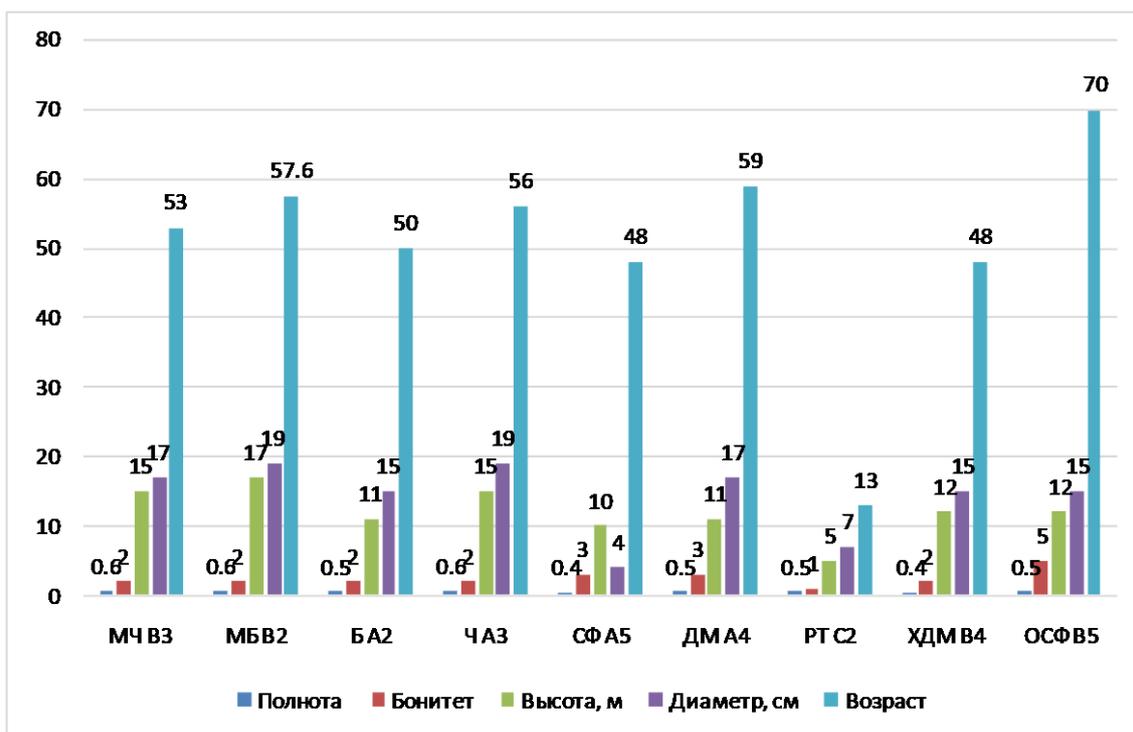


Рис. 3. Средние значения возраста, высоты, диаметра, полноты и бонитета в сосняках с примесью березы по типам леса

Среди группы сосновых лесов с примесью березы (10С+Б) выделено 9 типов, наибольшую площадь из которых занимают майниково-черничные (МЧ В3) сосняки – 65,7 га. Насаждения имеют возраст от 13 лет в разнотравном (РТ С2), который относится к молоднякам, до 70 лет в осоково-сфагновом (ОСФ В5).

Наибольшей продуктивностью среди сосняков с примесью березы обладают майниково-брусничный (МБ В2) и черничный (Ч А3) типы леса. Преобладает елово-сосновый подрост.

По итогам исследований были выявлены также сосняки с примесью ели и березы (10С+Е+Б). Площадь насаждений составляет 346 га (30,7%). В данной группе сосняков выделено 8 типов леса. Наибольшую площадь занимают майниково-брусничные (МБ В2) сосняки – 136 га. Сосновые насаждения с примесью ели и березы относятся к приспевающим, среднеполнотным и высокобонитетным (рис. 4). Наиболее продуктивным типом леса среди сосняков с примесью березы и ели является кисличный (К С3), наименее – осоково-сфагновый (ОСФ В5). Преобладает еловый подрост.

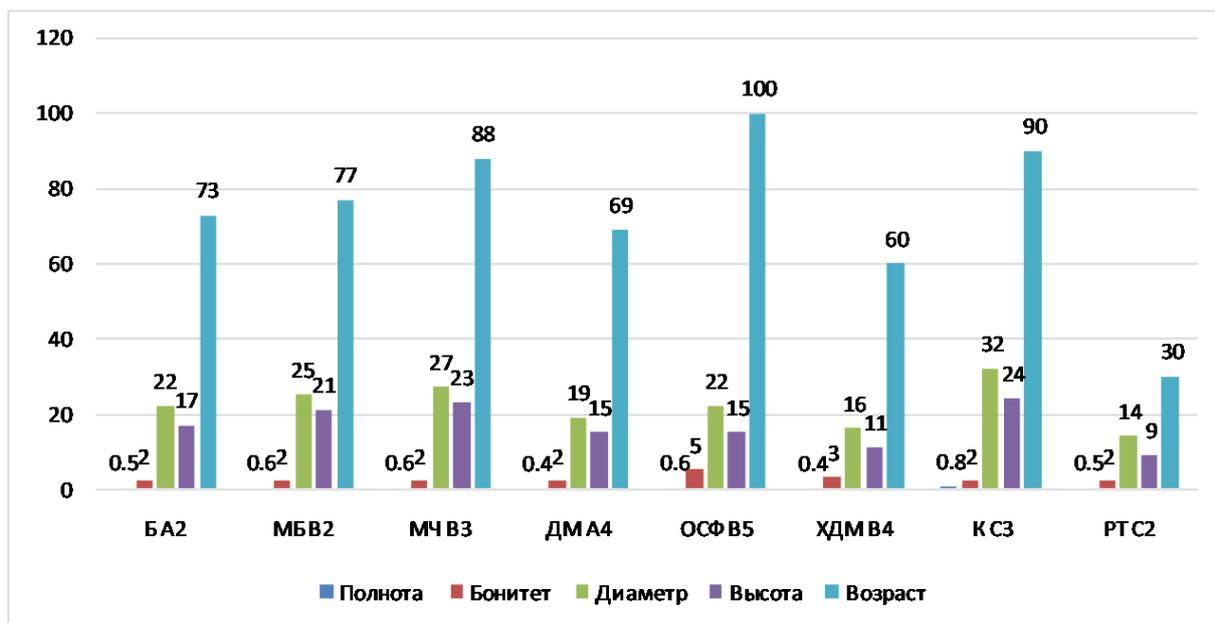


Рис. 4. Средние значения возраста, высоты, диаметра, полноты и бонитета сосняков с примесью березы и ели

Среди групп сосновых лесов арендного участка ООО «Сорвижи-лес» наиболее продуктивным являются леса с примесью березы и ели.

Таким образом, сосновые насаждения арендного участка ООО «Сорвижи-лес» по большей части высокопродуктивны и могут успешно использоваться в лесозаготовляющей и деревообрабатывающей промышленности. Во всех группах сосновых насаждений присутствует еловый подрост, поэтому можно предположить, что в случае естественного зарастания участков после лесозаготовительных работ здесь могут сформироваться сообщества с елью в первом ярусе. Для сохранения сосновых лесов необходимо применять постепенные рубки, оставление семенников, прочистки, осветление, содействие естественному возобновлению сосны и проведение ухода за лесными культурами.

Библиографический список

1. Лесохозяйственный регламент Сорвижского лесничества Кировской области на 2019–2028 годы [Электронный ресурс]. – URL: https://mlh43.ru/ЛР_Сорвижского_лесничества.pdf (дата обращения: 20.10.2021).
2. Устойчивое лесопользование / Т. Яницкая, В. Панкратов, Н. Ефимова // Всемирный фонд дикой природы (WWF). 2008. № 3(19). С 42–45.
3. Леса Кировской области / под. ред. А. И. Видякина, Т. Я. Ашихминой, С. Д. Новоселова. Киров : Кировская обл. тип., 2008. 400 с.
4. Природа Кировской области / под общ. ред. С. Л. Щеклеина. Киров : Кировское отделение Волго-Вятского книжного издательства, 1966. 368 с.

РАЗНООБРАЗИЕ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ АРЕНДНОГО УЧАСТКА ООО «СОРВИЖИ-ЛЕС» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А. А. Золотарева, О. Н. Пересторонина
Вятский государственный университет, stud114553@vyatsu.ru

В статье представлена характеристика различных типов еловых сообществ на территории арендного участка ООО «Сорвижи-лес» Арбажского района Кировской области, составленная при анализе таксационных описаний.

Ключевые слова: ООО «Сорвижи-лес», еловый лес, тип леса, древостой.

ООО «Сорвижи-лес» – это предприятие, основанное в 2003 г. Оно арендует два участка лесного фонда общей площадью 11,8 тыс. га. ООО «Сорвижи-лес» располагается на территории Арбажского района Кировской области. Район находится в подзоне южной тайги, рельеф этой местности увалисто-холмистый и достаточно сильно рассечен небольшими реками, ручьями, болотами и оврагами с крутыми склонами [1].

Исследование по анализу еловых насаждений на территории арендного участка ООО «Сорвижи-лес» проведено в 2020–2021 гг. Методы работы: анализ данных литературы и таксационных описаний.

Территория арендного участка ООО «Сорвижи-лес» покрыта разнообразными типами еловых лесов [2]: черничные (Ч), долгомошные (ДМ), кисличные (К), травяно-болотные (ТБ), брусничные (Б), хвощево-долгомошные (ХДМ) и разнотравные (РТ).

Общая площадь, занимаемая ельниками на участке ООО «Сорвижи-лес», составляет 74,6 га. Чистые ельники (10Е) отсутствуют. В состав древостоя наряду с елью в значительной степени входит *Betula pubescens* Ehrh., которая отмечена в каждом насаждении. Реже встречаются сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), осина обыкновенная, или тополь дрожащий (*Populus tremula* L.), ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.).

Наибольшую территорию занимают березово-еловые насаждения – 42 га, что составляет около 56% от общей площади ельников (рис. 1), которые и будут подробно охарактеризованы далее.

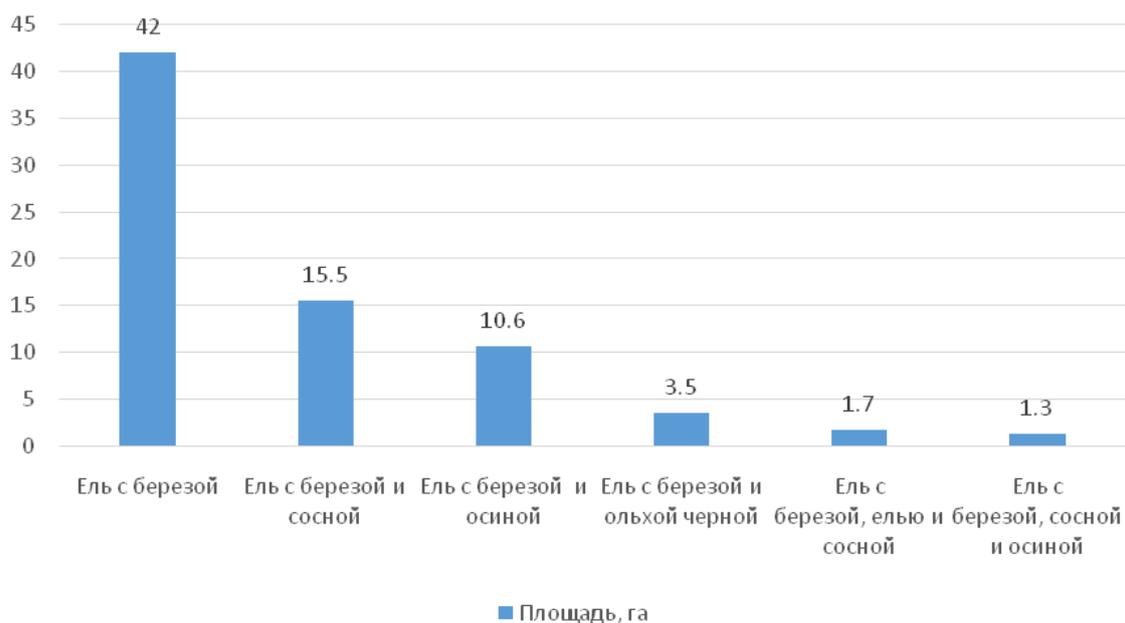


Рис. 1. Площадь различных еловых лесов по составу

Березово-еловые леса представлены пятью типами: черничные (Ч), долгомошные (ДМ), брусничные (Б), травяно-болотные (ТБ), кисличные (К). Среди них наиболее распространенным является березово-еловый лес черничный (В3), занимающий площадь 29,3 га. Самыми малочисленными являются березово-еловые кисличные (С3) площадью 1,1 га и брусничные (В2) площадью 2 га (рис. 2).

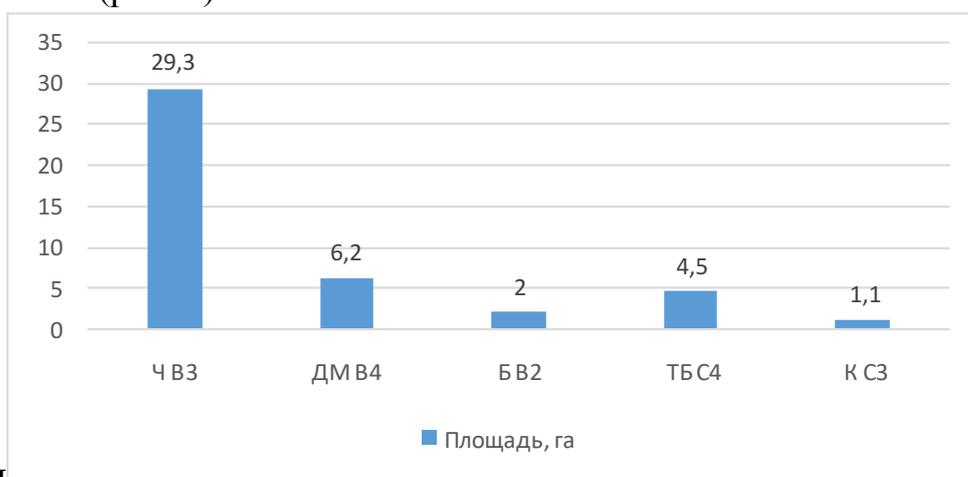


Рис. 2. площадь березово-еловых насаждений по типам леса

Все елово-березовые насаждения можно отнести к средневозрастным, так как средний возраст ели варьируется от 50 лет в типах леса долгомошном (В4) и брусничном (В2) до 85 лет в типе леса травяно-болотном (С4) (рис. 3).

Высота ели по данным типам леса варьирует от 11,75 м в типе леса долгомошном (В4) до 19 м в типе леса кисличном (С3) (рис. 4).

Средний диаметр стволов елей варьирует от 13,5 см в типе леса долгомошном (В4) до 22 см в типах леса травяно-болотном (С4) и кисличном (С3) (рис. 5).

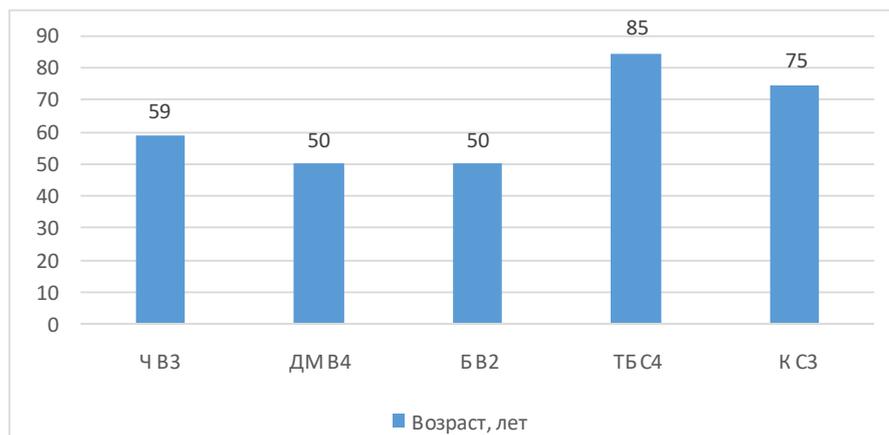


Рис. 3. Средний возраст ели в березово-еловых насаждениях по типам леса

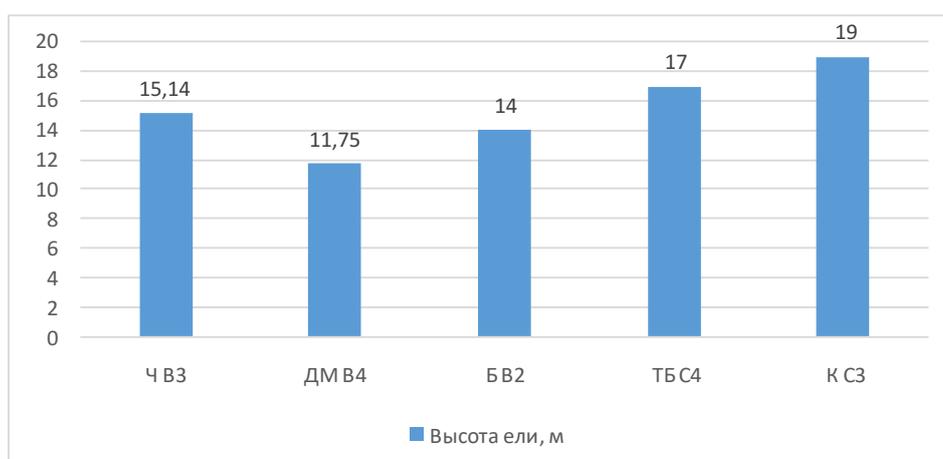


Рис. 4. Средняя высота ели в березово-еловых насаждениях по типам леса

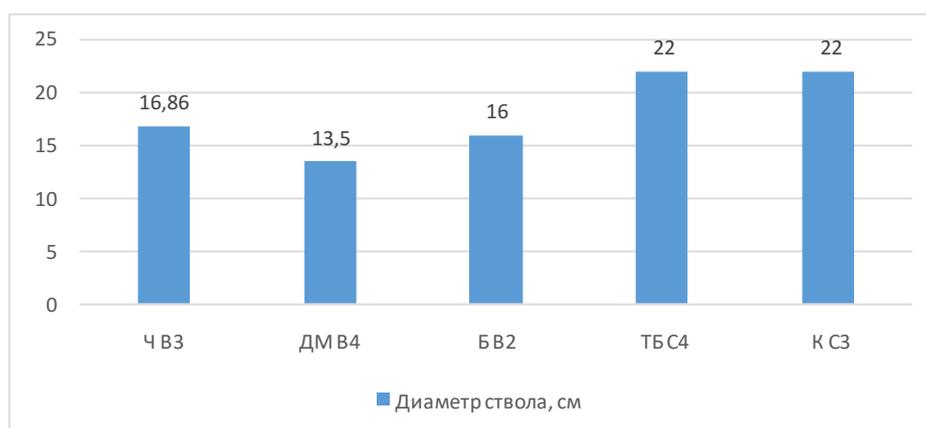


Рис. 5. Средний диаметр стволов ели в березово-еловых насаждениях по типам леса

Все представленные типы насаждений являются среднебонитетными и среднеполнотными, так как показатели бонитета и полноты равны 3–4 и 0,6–0,7 соответственно (рис. 6).

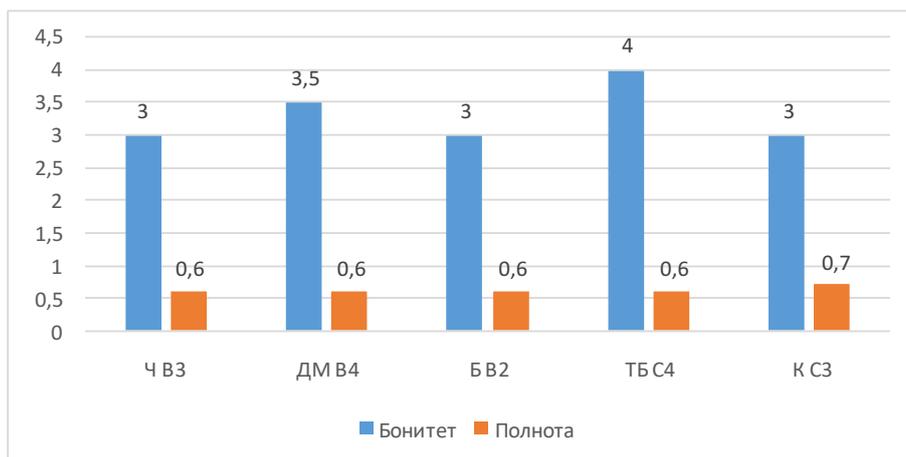


Рис. 6. Средние значения бонитета и полноты в березово-еловых насаждениях по типам леса

В данной группе ельников присутствует еловый подрост (10Е) в общем количестве 10 тыс. шт./га, средней высотой 2,3 м и возрастом 15 лет. Березово-еловые насаждения – стадия сукцессии, предшествующая ее окончанию. Можно сделать прогноз о том, что в ближайшее время данные смешанные древостой сменяются чистыми ельниками.

Еловые леса являются зональными типами сообществ на территории Кировской области. Рассматриваемый арендный участок находится в полосе южной тайги, где еловые насаждения занимают одно из доминирующих положений. Они отличаются большим разнообразием типов леса, поэтому являются важными для изучения.

Библиографический список

1. Заповедная Россия. Арбажский район [Электронный ресурс]. – URL: http://www.zapoved.net/index.php/katalog/regiony-rossii/privolzhskij-fo/kirovskaya-oblast/%D0%90%D1%80%D0%B1%D0%B0%D0%B6%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD (дата обращения: 15.03.2021).
2. Лесохозяйственный регламент Сорвижского лесничества Кировской области на 2019–2028 годы [Электронный ресурс]. – URL: <http://mlh43.ru/%D0%9B%D0%A0%20%D0%A1%D0%BE%D1%80%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0.pdf> (дата обращения: 01.06.2021).

О ЕСТЕСТВЕННОМ ВОЗОБНОВЛЕНИИ В ЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫХ СООБЩЕСТВАХ МЕДВЕДСКОГО БОРА (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

О. Н. Меркучева, С. В. Шабалкина
Вятский государственный университет, stud106683@vyatsu.ru

Представлены результаты анализа состава и структуры подроста с различным участием *Pinus sylvestris* L. (от 1 до 10 единиц) на территории памятника природы «Медведский бор» в разных группах лиственно-хвойных со-

обществ. Выявлено, что около половины выделов с этими группами лесов занято подростом с преобладанием ели, естественное возобновление *P. sylvestris* наблюдается в 10,5% случаев (на территории 68 выделов из 645). Наиболее часто подрост с различным участием в его составе сосны обыкновенной отмечен в березово-сосновых и лиственнично-хвойных с участием трех и более пород насаждениях. Подрост в основном крупный, средней и низкой густоты.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., подрост, естественное возобновление, группа сообществ, лиственнично-хвойные сообщества, Медведский бор.

Медведский бор в Нолинском районе Кировской области – памятник природы регионального значения с разнообразными сочетаниями фитоценозов, приуроченных к определенным формам рельефа. На современном этапе наблюдается естественная трансформация сосновых сообществ, поэтому вопреки введенному охранному режиму, направленному на сохранение именно сосняков, на данной территории встречаются также еловые, мелколиственнично-хвойные, елово-сосновые, лиственные леса [1–3]. Роль сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) как эдификатора в Медведском бору велика, поэтому исследование ее возобновления имеет первостепенное значение. Уже охарактеризованы и описаны структура и состав соснового подростка в одновозрастных и разновозрастных сосняках [4] и в различных типах сосновых лесов [5]. Целью этой работы стало изучение естественного возобновления (прежде всего *P. sylvestris*) в различных группах лиственнично-хвойных насаждений.

Результаты исследований получены путем анализа таксационных описаний на 1 января 2016 года, выполненных предприятием ООО «Лесной проект» на арендном участке ООО «Нолинская лесопромышленная компания» Медведского бора. Объектом изучения являются смешанные лиственнично-хвойные сообщества, в составе подростка которых отмечена сосна обыкновенная с различным участием (от 1 до 10 единиц).

Подрост однопородный из *P. sylvestris* и с ее наличием встречается на территории 215 выделов из 2059 (10,4%). Иные (кроме сосновых) сообщества с таким возобновлением отмечены в 68 выделах из 215 (31,6%). Выявленные насаждения объединены в семь групп: березово-сосновый (в том числе с примесью ели), сосново-березовый, березово-еловый, елово-сосновый, елово-березовый, березовый с примесью сосны, лиственнично-хвойный с участием трех и более пород в древостое.

Лиственнично-хвойные сообщества с участием трех и более пород в древостое многочисленны в Медведском бору и встречаются в 40 кварталах из 55 (72,7%), в 341 выделе из 2059 (16,6%). Подрост обнаружен в 31 выделе из 341 (9,1%), что составляет 14,4% (рис.) от всех выделов (215) с подростом из *P. sylvestris*. В древостое этих насаждений доминирующую роль играют, как правило, сосна обыкновенная, виды родов *Picea* A. Dietr. и *Betula* L., к кото-

рым в ряде фитоценозов добавляются *Larix sibirica* Mill., *Populus tremula* L., *Tilia cordata* Mill. и *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.

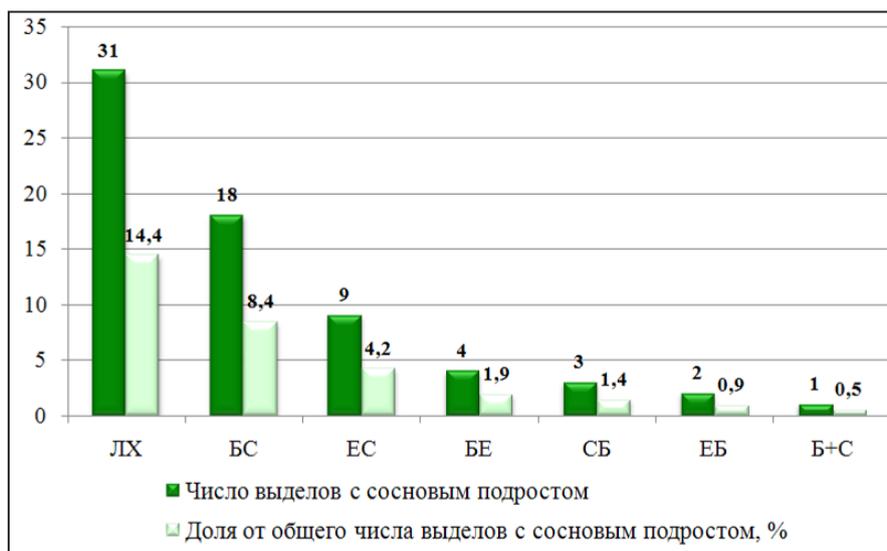


Рис. Число и доля (%) выделов с подростом *Pinus sylvestris* в различных группах лиственно-хвойных сообществ:

- ЛХ – лиственно-хвойный с участием трех и более пород в древостое;
 БС – березово-сосновый (в том числе с примесью ели);
 ЕС – елово-сосновый; БЕ – березово-еловый; СБ – сосново-березовый;
 ЕБ – елово-березовый; Б+С – березовый с примесью сосны

Возраст особей *P. sylvestris* в таких сообществах варьирует от 7 до 180 лет, высота – от 2 до 27 м, диаметр ствола – от 4 до 52 см. Растения березы имеет следующие параметры: возраст – 65–100 лет, высота – 2–26 м, диаметр ствола – 2–26 см. Возраст деревьев ели изменяется от 15 до 100 лет, высота – от 5 до 26 м, диаметр ствола – от 6 до 36 см. Липа сердцевидная имеет возраст 40 лет, высоту 17 м и диаметр ствола 18 см. Высота особей лиственницы сибирской составляет 26–28 м при диаметре ствола – 26–52 см; соответствующие параметры у осины – 25–26 м при диаметре 28–30 см, у ольхи черной – 19 м и 22 см. Полнота насаждений составляет 0,3–0,7.

Естественное возобновление в лиственно-хвойных насаждениях с участием трех и более пород разнообразно по составу (табл.): встречается как однопородный подрост из *P. sylvestris* (10С), так и разнопородный, в составе которого на сосну приходится от 1 до 8 единиц. В возобновлении участвуют также ель, лиственница и пихта сибирская (табл.). Наибольший возраст сосны и пока ее доминирующее положение в древостое отдельных сообществ свидетельствуют о том, что, по всей видимости, из-за отсутствия своевременных лесохозяйственных мероприятий в прошлом, изначально произраставшие здесь сосновые леса уже трансформировались в смешанные. Это привело к хорошему возобновлению ели, поэтому в подросте некоторых насаждений она преобладает, составляя 60–90%.

Характеристика подроста с *Pinus sylvestris* по группам сообществ

Группа сообществ*	Характеристика подроста				
	состав	число выделе- лов** (шт./доля, %)	возраст, лет	высота, м	численность, тыс. шт/га
Лиственный-хвойный лес с участием трех и более пород в древостое (341 / 31)	10С	10 / 32,3	5–40	0,3–6	1–5
	7С3Е	4 / 12,9	5, 10	0,5–1,5	1
	6Е4С	3 / 9,7	5–35	0,5–5	1–3
	9Е1С	2 / 6,5	20, 30	3, 4	0,5; 1,5
	6С4Е	2 / 6,5	5, 25	0,5; 4	2, 3
	9Е1С	2 / 6,5	30	4, 5	1,5; 2
	8Е2С	2 / 6,5	20, 40	3, 6	1, 3
	8С2Е	1 / 3,2	20	3	1
	8Е1С1П	1 / 3,2	30	5	1
	8Е1С1Л	1 / 3,2	35	5	1,5
	4Е3С3Л	1 / 3,2	30	5	2
	6Е2С2Л	1 / 3,2	40	6	2
7Е3С	1 / 3,2	20	3	2	
Березово-сосновый (в том числе с примесью ели) лес (96 / 18)	10С	11 / 61,1	5–35	0,3–6	0,5–2
	5С5Е	2 / 11,1	25, 30	4, 6	0,5; 3
	6Е4С	1 / 5,6	20	3	2
	7С3Е	1 / 5,6	15	2	1
	6С4Е	1 / 5,6	15	2	4
	8Е2С	1 / 5,6	20	3	1
	9Е1С	1 / 5,6	25	3	1
Елово-сосновый лес (52 / 9)	5С5Е	4 / 44,4	10–15	1–2	2–4
	8Е2С	2 / 22,2	35	4, 6	0,5
	7С3Е	1 / 11,1	20	4	2
	9Е1С	1 / 11,1	40	6	6
	6Е4С	1 / 11,1	35	5	2
Березово-еловый лес (9 / 4)	10С	1 / 25	5	0,5	2
	8С2Е	1 / 25	5	1	1
	7С3Е	1 / 25	10	1	1
	6С4Е	1 / 25	5	0,5	3
Сосново-березовый лес (38 / 3)	10С	3 / 100	5–30	0,3–5	1,5–2
Елово-березовый лес (7 / 2)	7Е3С	1 / 50	10	1	1
	6Е4С	1 / 50	30	5	1
Березовый лес с примесью сосны (2 / 1)	10С	1 / 100	15	2	1

Примечание: * – после названия группы сообществ в скобках указано число выделов – общее / с подростом из *Pinus sylvestris* в составе; ** – доля (%) – число выделов от числа выделов с выявленным подростом в данной группе сообществ.

Березово-сосновые сообщества (в том числе с примесью ели) в Медведском бору не редки, встречаются в 196 выделах (9,5% от всех выделов). Сосновый подрост выявлен в 18 выделах из 196 (9,2%), что составляет 8,4% от всех выделов с подростом из *P. sylvestris* (рис.). Возраст особей сосны в дан-

ной группе лесов изменяется от 5 до 135 лет, высота – от 1 до 26 м, диаметр ствола – от 6 до 36 см. Для деревьев березы отмечены следующие параметры: возраст – 80–90 лет, высота – 17–26 м, диаметр ствола – 16–28 см. Полнота насаждений варьирует от 0,4 до 0,9.

Состав подроста в березово-сосновых (в том числе с примесью ели) насаждениях также разнообразен, как и в лиственно-хвойных лесах с участием трех и более пород. При этом на долю чистого соснового подроста (10С) приходится 61,1% от 18 выделов (табл.), но он является редким по густоте. В естественном возобновлении трех выделов господствует *Picea*, составляя 60–90%.

Елово-сосновые сообщества в Медведском бору выявлены в 52 выделах (2,5% от всех выделов). Естественное возобновление с участием *P. sylvestris* отмечено в 9 выделах из 52 (17,3%), составляя 4,2% от всех выделов с подростом сосны (рис.). Возраст у растений сосны варьирует от 10 до 155 лет, высота – от 1 до 28 м, диаметр ствола – от 14 до 40 см. Параметры деревьев ели уступают размерам предыдущей породы: возраст – 50–90 лет, высота – 14–24 м, диаметр ствола – 16–28 см. Полнота насаждений составляет 0,4–0,7. В этих насаждениях отсутствует чистый сосновый подрост, на долю *P. sylvestris* приходится от 1 до 7 единиц в составе (табл.).

Березово-еловые леса встречаются на территории 9 выделов (0,4% от 2059 выделов) Медведского бора. Естественное возобновление *P. sylvestris* успешно протекает в четырех выделах из 9 (44,4%), составляя 1,9% от всех выделов с подростом сосны. Насаждения молодые и средневозрастные: возраст ели в древостое изменяется от 30 до 60 лет, высота – от 6 до 17 м, диаметр ствола – от 6 до 20 см. Полнота насаждений невысокая: 0,4–0,6. В подросте доминирует *P. sylvestris*, доля которой 6–10 единиц в составе (табл.). Состав подроста демонстрирует с одной стороны, что сложившиеся условия в таких березово-еловых лесах, прежде всего невысокая полнота, достаточно благоприятны для возобновления сосны, но его низкая густота это опровергает.

Сосново-березовые сообщества в Медведском бору выявлены в 38 выделах из 2059 (1,8%). Чистый сосновый подрост (10С) обнаружен лишь в трех выделах из 38 (7,9%), составляя 1,4% от 215 выделов (рис.). Особи березы древостоя имеют возраст от 5 до 50 лет, высоту – от 2 до 16 м, диаметр ствола 16 см. Полнота насаждений выше, чем у предыдущей группы сообществ – 0,6–0,8. Подрост только чистый сосновый, всех категорий высот, редкий.

Елово-березовые насаждения произрастают на территории 7 выделов (0,3% от 2059) Медведского бора. Естественное возобновление с участием *P. sylvestris* отмечено в двух выделах из 7 (28,6%), составляя 0,9% от всех выделов с подростом сосны (рис.). Лес средневозрастный: возраст особей березы равен 30 лет, высота – 15–16 м, диаметр ствола – 16 см. Деревья ели имеют меньшие размеры: высоту – 12 м, диаметр ствола – 12 см. Насаждение среднеполнотное (полнота 0,7). В подросте доминирует ель, на долю *P. sylvestris* приходится всего 3–4 единицы.

Березовый лес с примесью сосны является самым редким на территории Медведского бор и отмечен в двух выделах из 2059 (0,1%). Чистый сосновый подрост выявлен лишь в одном выделе с березняком травяно-болотным, что составляет 0,5% от всех выделов с подростом *P. sylvestris*.

В целом различные лиственнично-хвойные сообщества занимают 31,3% площади Медведского бора (645 выделов), что превышает площадь сосняков (614 выделов, или 29,8%). В результате анализа таксационных описаний выявлено, что в естественном возобновлении этих насаждений, кроме *P. sylvestris*, участвуют виды рода *Picea*, *Larix sibirica* и *Abies sibirica* Ledeb. Подрост с различным участием в его составе сосны из всех этих выделов занимает малый процент – 10,5% (68 выделов из 645). В почти половине выделов с различными лиственнично-хвойными сообществами (30 выделов, или 44,1%) преобладает ель в подросте; в 39,7% случаев встречается чистый сосновый подрост. Из всего подростка с участием *P. sylvestris* доминирует 5-летний (36,8%). Сосновый подрост чаще всего крупный – 54,4%, на втором месте мелкий – 33,8%, а средний по высоте обнаружен в 11,8% случаев. В более чем половине выделов отмечен подрост средней густоты (52,9%), чуть меньше редкого (44,1%).

Таким образом, естественное возобновление *P. sylvestris* в лиственнично-хвойных сообществах неудовлетворительное, хуже, чем в сосняках, хотя большую часть выделов занимает подрост с явным преобладанием сосны. Наличие *P. sylvestris* в подросте является результатом присутствия этой породы как составной части древостоя, как примеси или как остаточной части лесных культур (в том числе погибших), смешанных с березой и елью, которые восстановились естественным путем. Подрост с различным участием в его составе сосны наиболее часто обнаруживается в следующих группах сообществ: лиственнично-хвойные с наличием трех и более пород (45,6% от 68 выделов) и березово-сосновые (26,5%).

Библиографический список

1. Киселёва Т. М., Пересторонина О. Н., Савиных Н. П. Роль ООПТ «Медведский бор» в сохранении α , β , γ разнообразия на территории Кировской области // Роль заповедников лесной зоны в сохранении и изучении биологического разнообразия Европейской части России : материалы науч.-практ. конф., посвящённой 70-летию Окского государственного природного биосферного заповедника. Сер. «Труды Окского государственного природного биосферного заповедника». 2005. С. 403–412.
2. Жемчужина Вятского края – Медведский бор / Н. П. Савиных, Т. М. Киселева, О. Н. Пересторонина, В. А. Копысов, С. В. Шабалкина, Е. В. Пичугина // Медведский бор. Киров : Триада плюс, 2006. С. 81–95.
3. Особенности лесопользования в Медведском бору (Кировская область) в связи с типом сообщества / Н. П. Савиных, О. Н. Пересторонина, С. В. Шабалкина, А. Г. Гальвас // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : материалы VII Междунар. науч. конф. Йошкар-Ола : ООО «Вертола», 2019. С. 326–329.
4. Шабалкина С. В., Меркучева О. Н. Оценка состава подростка в одновозрастных и разновозрастных сосняках Медведского бора (Кировская область) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2020. С. 166–170.

5. Меркучева О. Н., Шабалкина С. В. Особенности естественного возобновления *Pinus sylvestris* L. в различных сосняках Медведского бора (Кировская область) // Общество. Наука. Инновации (НПК-2021) : сб. статей XXI Всерос. науч.-практ. конф. Т. 2. Химико-биологические, технические, компьютерные науки и науки о Земле. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 45–51.

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ В ДЕНДРОПАРКЕ ЛЕСОВОДОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Я. Д. Гремитских, С. В. Шабалкина

Вятский государственный университет, nasturtium2017@yandex.ru

В статье охарактеризованы особенности естественного возобновления на территории дендропарка лесоводов Кировской области по материалам полных геоботанических описаний. У подроста выявлены видовой состав, высота и количество по породам, категория жизненного состояния растений, наличие повреждений и заболеваний. Установлено, что подрост редкий, преимущественно средний по высоте и жизнеспособный.

Ключевые слова: дендропарк лесоводов Кировской области, естественное возобновление, подрост, растительное сообщество, жизненное состояние.

Дендрологический парк лесоводов Кировской области является памятником природы регионального значения, занимает площадь 49,44 га, включает четыре функциональные зоны: участок естественной растительности, коллекционный и опытный участки, рекреационную зону [1]. В естественной части господствуют березово-еловые леса, в древостое которых встречаются также *Abies sibirica* Ledeb., *Pinus sylvestris* L. и *Populus tremula* L. Этот участок подвергается интенсивному антропогенному воздействию в виде вытаптывания напочвенного покрова, формирования кострищ, мусорок и др., поэтому общий характер растительности оценен [2] как типичный нарушенный фитоценоз подзоны южной тайги. Наряду с восстановительными процессами (становлением зональных ельников) наблюдаются и вызванные деятельностью человека процессы, приводящие к снижению жизнеспособности древостоя [2, 3], выпадению некоторых типичных таёжных видов, внедрению рудеральной и луговой флоры [2]. Поэтому изучение различных аспектов биоты на территории дендропарка является актуальным и своевременным. Данное сообщение посвящено результатам исследования структуры и состояния подростка естественной части памятника природы.

Материалом для характеристики послужили полные геоботанические описания, выполненные по традиционным методикам [4] в 2020 г. В течение вегетационного сезона изучены следующие лесные сообщества: березово-еловый копытневый, березово-еловый кислично-черничный, березово-еловый черничный, ельник-черничник, пихтово-еловый кисличный, березово-еловый хвощевый, березово-еловый кочедыжниково-кисличный и елово-березовый

хвощевый. Описание этих насаждений приведено в таблице 1. У подроста при геоботаническом исследовании насаждений выявлены: видовой состав, высота и количество по породам, категория жизненного состояния, распределение по площади, наличие повреждений и заболеваний, происхождение.

Изученные растительные сообщества являются довольно светлыми: сомкнутость крон варьирует от 0,4 до 0,6 (табл. 1). Это обусловлено редким расположением особей древостоя, особенно в березово-еловом кислично-черничном и березово-еловом хвощевом фитоценозах. Восемь из 10 обследованных сообществ – это березово-еловые, в которых на долю ели приходится от 5 до 8 единиц в составе древостоя, на долю березы – от 2 до 4 единиц; одно сообщество – елово-березовое с формулой 6Б4Е+С, одно – пихтово-еловое (6ЕЗП1Б).

Таблица 1

Характеристика фитоценозов

Название фитоценоза	Состав	Сомкнутость крон	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Число деревьев на 1 га
Березово-еловый копытневый лес	6Е4Б+С	0,5	Е–31 С–68 Б–20,4	Е–22 С–29 Б–20,2	600
Березово-еловый кислично-черничный лес	6Е4Б	0,4	Е–40 Б–24,1	Е–29 Б–19	350
Березово-еловый кислично-черничный лес	6Е4Б	0,5	Е–28,3 Б–23	Е–23,6 Б–19,1	425
Березово-еловый черничный лес	6Е4Б	0,6	Е–28,6 Б–26	Е–21,6 Б–21,7	550
Ельник-черничник	8Е2Б	0,6	Е–32,5 Б–21	Е–24,4 Б–18	450
Ельник-черничник	7ЕЗБ	0,4	Е–29,7 Б–22,4	Е–24,8 Б–21,1	775
Пихтово-еловый кисличный лес	6ЕЗП1Б	0,6	Е–18,2 П–57,2 Б–24,3	П–21,8 Е–14,7 Б–20	450
Березово-еловый кочедыжниково-кисличный лес	5Е5Б	0,5	Е–31,5 Б–27	Е–22,5 Б–21,2	550
Березово-еловый хвощевый лес	5Е5Б	0,4	Е–38,2 Б–24,1	Е–29 Б–23,5	350
Елово-березовый хвощевый лес	6Б4Е+С	0,4	Б–26,5 Е–26,5 С–17	Б–21 Е–21,2 С–14	400

Примечание: Е – ель; Б – береза; П – пихта сибирская; С – сосна обыкновенная.

В возобновлении леса участвуют *Larix sibirica* Mill., *Populus tremula* L., *Acer platanoides* L., *Quercus robur* L., виды родов *Picea* A. Dietr. и *Betula* L. В подросте всех сообществ по праву доминирует ель средней высоты, численность которой изменяется от 300 до 1400 особей на га (табл. 2); растения преимущественно жизнеспособного состояния, но встречаются и низкой жиз-

ненности. Описано, что в условиях Кировской области эта порода является медленно растущей и не очень продуктивной [5]. Полог из лиственных пород необходимо поддерживать в рыхлом разомкнутом состоянии для обеспечения достаточного количества света хвойным растениям, в том числе и ели. Установлено, что ухудшение роста ели под пологом к 15-летнему возрасту составляет в 3,7–4 раза, при длительном угнетении она из жизнеспособного подростка переходит постепенно в категорию безнадежного [5].

Таблица 2

Характеристика подростка

Название фитоценоза	Количество, шт./га	Средняя высота, м	Категория жизненного состояния	Повреждения
Березово-еловый копытневый лес	Е–1100 Д–200 К–100	Е–0,90 Д–0,54	Е, Д – жизн., НЖ К – жизн.	погрызы на листьях Д
Березово-еловый кислично-черничный лес	Е–1400	Е–1,13	жизн.	заболевания
Березово-еловый кислично-черничный лес	Л–250 Е–300	Л–1,13 Е–1,16	жизн.	–
Березово-еловый черничный лес	Е–900 Д–100	Е–1,0 Д–0,80	Е – жизн., НЖ Д – НЖ	погрызы на коре и листьях Е и Д
Ельник-черничник	Е–900	Е–1,10	жизн.	–
Ельник-черничник	Е–1300 Б–300 К–300	Е–1,06 Б–1,50 К–1,35	жизн., НЖ	погрызы на листьях Б и К
Пихтово-еловый кисличный лес	Е–600 П–400 К–200 Д–100	Е–1,30 П–0,80 К–1,0 Д–0,70	жизн., НЖ	погрызы на листьях К
Березово-еловый кочедыжниково-кисличный лес	Е–400 Б–100 Ос–100	Е–1,08 Б–0,95 Ос–1,50	Е – жизн. Б, Ос – НЖ	–
Березово-еловый хвощевый лес	Е–800	Е–1,16	жизн.	–
Елово-березовый хвощевый лес	Е–600 Б–100 Д–200	Е–0,90 Б–0,75 Д–0,70	Е – жизн. Б – НЖ Д – жизн., НЖ	погрызы на листьях Б и Д, скелетирование

Примечание: Д – дуб черешчатый; К – клен остролистный; Ос – осина; категория жизненного состояния: жизн. – жизнеспособные особи; НЖ – особи низкой жизнеспособности; остальные сокращения те же, что и в таблице 1.

Особого внимания требует фитоценоз с пихтой сибирской в древостое и подросте (пихтово-еловый кисличный). *Abies sibirica* требовательна к плодородию почвы и влажностному режиму местообитания, является теневыносливой во всех возрастах и весьма тенелюбивой в молодом состоянии, уступает в морозостойкости ели. Поэтому для сохранения подростка этой породы

необходимо поддерживать имеющееся сообщество с данной сомкнутостью крон.

В возобновлении березово-елового кислично-черничного леса наряду с елью участвует *Larix sibirica* (табл. 2), семена которой занесены, по всей видимости, с территории коллекционного участка из древесно-кустарниковых растений. Подрост редкий по густоте, средний по высоте, жизнеспособный.

В составе подроста четырех фитоценозов встречается средний по высоте *Quercus robur* семенного происхождения, численностью 100–200 особей на га, жизнеспособный или низкой жизнеспособности состояний. Желуди в естественную часть заносятся животными из коллекционного участка. Несмотря на наличие возобновления дуба черешчатого и в других лесах Кировской области, в полог, а тем более в состав древостоя, эта порода не выходит, особенно на плакорах. Обусловлено это тем, что *Quercus robur* считается теплолюбивой или довольно теплолюбивой породой: чувствителен к заморозкам, особенно к поздневесенним, страдает от сильных морозов. Выявлено, что если вторая половина лета бывает засушливой, и деревья уходят в зиму с недостаточным количеством запасного крахмала, то вероятность повреждения дуба морозом усиливается. Кроме того, на развитие молодых растений оказывает влияние недостаток света; особи лучше растут на слабокислых, достаточно обеспеченных азотом почвах [6, 7]. Условия для развития *Quercus robur* в Кировской области, в том числе и на территории дендропарка, далеки от оптимальных.

В березово-еловом копытневом, пихтово-еловом кисличном лесах, ельнике-черничнике в составе подроста отмечен и *Acer platanoides* семенного происхождения, численностью 100–300 особей на га. Клену остролистному свойственна высокая семенная продуктивность, регулярность семеношения, летучесть плодов [8], поэтому органы размножения легко заносятся в естественную часть дендропарка из посадок. Основным экологическим фактором, подавляющим развитие подроста клена в насаждениях, является недостаток света, поэтому в пологе дендропарка он не встречается.

В составе подроста двух сообществ встречаются *Betula pendula* Roth. и *B. pubescens* Ehrh. средней высоты (табл. 2), семенного или порослевого происхождения, численностью 100 особей на га, низкой жизнеспособности. В березово-еловом кочедыжниково-кисличном лесу в возобновлении участвует также *Populus tremula* порослевого происхождения, средней высоты, низкой жизнеспособности, численностью 100 особей на га.

Повреждения подроста в виде погрызов листьев и коры, скелетирования, заболеваний отмечены в шести сообществах (табл. 2).

Таким образом, в естественной части дендрологического парка лесоводов Кировской области наблюдается закономерный ход естественного возобновления. Подрост разнообразен по видам, редкий по густоте, преимущественно средний по высоте и жизнеспособный. Доминирует по численности ель; мелколиственных и широколиственных пород в возобновлении участвует меньше. Для сохранения жизнеспособного подроста основной лесобразую-

щей породы (ели) в дендропарке необходимо поддерживать полог из листовых пород в рыхлом разомкнутом состоянии.

Библиографический список

1. Постановление Правительства Кировской области от 28 декабря 2009 г. № 35/530 «Об объявлении дендрологического парка лесоводов Кировской области памятником природы регионального значения».
2. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Бобров Ю. А. Создание особо охраняемой природной территории регионального значения «Дендропарк: подготовка научного обоснования». Киров : Вятский государственный гуманитарный университет, 2010. 154 с.
3. Гремитских Я. Д., Шабалкина С. В. Структура и состояние древостоя дендропарка лесоводов Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всерос. науч.-практ. с междунар. участием конф. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2021. С. 222–225.
4. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
5. Рекомендации по установлению типов будущих лесов Кировской области / состав. Г. И. Горев. Киров: Изд-во «Кировская правда», 1966. 18 с.
6. Лосицкий К. Б. Восстановление дубрав. М. : Сельхозиздат, 1963. 359 с.
7. Харченко Н. А., Харченко Н. Н. О естественном возобновлении дуба черешчатого под пологом материнского древостоя // Лесотехнический журнал. 2013. Вып. 4. С. 42–53.
8. Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность. Т. 2. М. : Наука, 2004. 573 с.

ГАРМОНИЗАЦИЯ СЕТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

С. В. Дёгтева

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, degteva@ib.komisc.ru*

Обобщены предложения к «Схеме развития и размещения особо охраняемых природных территорий Республики Коми до 2030 г.». Продемонстрировано, каким образом будут восполнены пробелы, имеющиеся в региональной сети резерватов, созданной в период 1930–2021 гг.

Ключевые слова: охрана природы, экологический каркас, особо охраняемая природная территория, Республика Коми.

Сегодня во всем мире признана необходимость координации усилий ученых, общественных природоохранных организаций, органов государственной власти в решении задач формирования сетей особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и их связывания в единый экологический каркас [1, 2].

В Республике Коми история формирования системы ООПТ охватывает период 1930–2021 гг. и в целом отражает основные этапы природоохранной деятельности в стране. 4 мая 1930 г. было принято постановление ВЦИК и СНК РСФСР об образовании в Коми области Печорского заповедника.

В 1932 г. заповедник получил статус научно-исследовательского учреждения. Свыше 25 лет с момента организации заповедник (ныне Печоро-Илычский) оставался единственной ООПТ республики. Во второй половине 1950-х гг. на территории, смежной с заповедником, были организованы три зоологических заказника для воспроизводства бобра и соболя. Они функционировали до начала 1960-х годов [3, 4].

В 1959 г. в Коми филиале АН СССР была создана комиссия по охране природы. Усилиями ее сотрудников и ученых других подразделений Коми ФАН СССР было начато создание каркаса ныне существующей в регионе сети ООПТ [5]. К середине 1970-х гг. на основании предложений ученых постановлениями Совета Министров Коми АССР были учреждены четыре ландшафтных и 14 кедровых заказников, объявлены памятниками природы свыше 20 уникальных объектов живой и неживой природы [3, 4, 6]. Наиболее интенсивно формировали систему региональную систему ООПТ с конца 1970-х до начала 1990-х гг. К 2000 г. она включала 302 объекта, два из которых (Печоро-Илычский заповедник и Национальный парк «Югыд ва») имели федеральный статус, остальные, относящиеся к категориям заказников и памятников природы, – республиканское значение [3, 4].

С 2002 г. началась реорганизация региональной сети ООПТ для ее приведения в соответствие с положениями Федерального закона от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях». Были упразднены объекты, которые полностью или в значительной степени накладывались на территории других резерватов. Общее число особо охраняемых объектов снизилось до 240. Занимаемая ими площадь при этом осталась прежней. Одновременно специалисты Института биологии и Института геологии Коми НЦ УрО РАН начали планомерное натурное обследование заказников и памятников природы регионального значения для выявления их ландшафтного, цено-тического и видового разнообразия, а также оценки современного состояния и степени нарушенности.

С 2009 г. по 2014 г. в республике был реализован проект ПРООН/ГЭФ «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора», основная цель которого состояла в совершенствовании репрезентативности региональной сети ООПТ и управления ее звеньями [5]. По итогам реализации данного проекта приказом Минприроды Республики Коми была утверждена стратегия развития сети ООПТ Республики Коми до 2030 г. В 2015–2019 гг. согласно этому документу были организованы четыре заказника и упразднены шесть заказников и пять памятников природы республиканского подчинения. В 2019 и 2021 гг. в регионе учреждены две ООПТ федерального значения – Национальный парк «Койгородский» и заказник «Параськины озера».

Таким образом, в Республике Коми создана одна из наиболее разветвленных на Северо-Западе России сетей ООПТ (табл.). Совокупная площадь ООПТ федерального, регионального и местного значения составляет порядка

5 471 326,6 га (около 13,1% от общей площади республики). ООПТ объединены в единый каркас экологическими коридорами из водоохраных зон вдоль водотоков, защитных полос лесов вдоль линейных сооружений и водных объектов, нерестоохраных полос лесов, где запрещены рубки; они занимают порядка 2985400 га.

Таблица

**Категории особо охраняемых природных территорий Республики Коми
(на 01.10.2021 г.)**

Категория ООПТ, профиль/охраняемые объекты	Число ООПТ	Площадь, га
ООПТ федерального значения		
Заповедник	1	721 322,00
Национальный парк	2	1 950 833,032
Заказник	1	17 109,5735
Итого:	4	2 689 264,6055
ООПТ регионального значения		
Заказники, в том числе:	180	2776746,58
комплексные (ландшафтные)	41	1436775,87
гидрологические (болотные)	93	382884,97
гидрологический	1	13
геологические	1	374,00
биологические, в том числе:	44	956698,74
<i>собственно биологические</i>	1	138 545,00
<i>ботанические</i>	19	29 997,90
<i>ихтиологические</i>	10	765 423,96
<i>лесные</i>	7	14 104,88
<i>кедровые</i>	6	8127,00
<i>луговые</i>	1	500,00
Памятники природы, в том числе:	48	5094,10
болотные	8	694,00
водные	5	352,00
геологические	17	692,4
ботанические, в том числе:	18	3 355,70
<i>собственно ботанические</i>	5	299,00
<i>лесные</i>	1	85,00
<i>кедровые</i>	10	2938,70
<i>луговые</i>	2	33,00
ООПТ местного значения		
Заказник, комплексный	1	90,6388
Памятник природы, ботанический	1	130,674
ИТОГО	234	5471326,5983

Несмотря на значительное число сильных сторон и преимуществ, в региональной сети ООПТ имеются существенные пробелы. Она не в полной мере обеспечивает территориальную охрану характерного для республики разнообразия ландшафтов, экосистем, фитоценозов, малонарушенных лесных территорий, ключевых орнитологических территорий, водно-болотных уго-

дий, важных для птиц в глобальном масштабе, местообитаний редких видов, уникальных объектов живой и неживой природы [3, 6].

В 2019 г. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми в соответствии с законом от 01.10.2018 № 70-РЗ «Об особо охраняемых природных территориях республиканского и местного значения в Республике Коми» инициировало подготовку схемы развития и размещения особо охраняемых природных территорий республиканского значения. Проект этого документа разрабатывали ученые Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, специалисты ГБУ РК «Центр по особо охраняемым природным территориям», Регионального некоммерческого фонда «Серебряная тайга». Составлен уточненный список объектов, представляющих ценность для организации ООПТ, сформулированы предложения о реорганизации (изменении статуса, увеличении площади) некоторых действующих заказников, разработаны проекты положений, определяющие режим охраны и использования природных комплексов проектируемых резерватов. При подготовке документа приняты во внимание наличие интересов третьих лиц и планы социально-экономического развития региона и муниципальных образований в Республике Коми.

В процессе реализации предложенной схемы развития и размещения особо охраняемых природных территорий регионального (республиканского значения) планируется учредить 26 резерватов: восемь комплексных (ландшафтных) заказников, три заказника гидрологического (болотного) профиля, 12 биологических заказников (восемь ботанических и четыре зоологических), а также три памятника природы для сохранения уникальных объектов геологического и палеонтологического наследия. Это позволит сформировать репрезентативную сеть ООПТ и обеспечить сохранение: всех типов ландшафтов, представленных в Республике Коми; экосистем тундры, полосы притундровых лесов, плоскобугристых, а также переходных, низинных и ключевых болот юго-западной части республики; ценных водно-болотных угодий; участков малонарушенных лесных территорий. Организация новых ООПТ будет способствовать решению проблемы сохранения популяций редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов животного и растительного мира, занесенных в региональную Красную книгу [7].

Библиографический список

1. Дурбанский аккорд: материалы Пятого всемирного конгресса по особо охраняемым природным территориям. Перевод с английского. М. : Институт наследия, 2004. 272 с.
2. Особо охраняемые природные территории России: современное состояние и проблемы развития. М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2009. 455 с.
3. Особо охраняемые природные территории Республики Коми: итоги анализа проблем и перспективы развития / С. В. Дегтева, Е. Ю. Изъюров, Т. Н. Пыстина, А. Н. Королев, С. К. Кочанов, И. И. Полетаева, Л. Н. Тикушева. Сыктывкар, 2011. 256 с.
4. Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Сыктывкар, 2014. 428 с.

5. Дёгтева С. В., Пономарев В. И., Кудрявцева Д. И. Туризм и охрана природы // Историко-культурное достояние Республики Коми : научно-популярные очерки. Сыктывкар : ООО «Коми республиканская типография», 2021. С. 272–284.

6. Геологическое наследие Республики Коми (Россия). Сыктывкар : Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2008. 350 с.

7. Красная книга Республики Коми : третье издание, официальное. Сыктывкар : ООО «Коми республиканская типография», 2019. 768 с.

ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА МАЛЫХ РЕК ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» имени М. Г. СИНИЦЫНА

*А. С. Дюкова, Э. В. Марамохин, С. А. Бутенина, Е. А. Сосновицкова
Костромской государственный университет, annadyukova.kgu@mail.ru*

В статье охарактеризовано разнообразие фитопланктона в малых реках Государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына. Приводится таксономическая структура изученной альгофлоры, флористический список, биоразнообразие планктонных водорослей в изучаемых реках.

Ключевые слова: фитопланктон, биоразнообразие, альгофлора, малые реки, Государственный природный заповедник «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына.

Малые реки – широко распространённые водные объекты как на территории Костромской области, так и в России в целом, являются основным элементом русловой сети водосборных территорий. Более 40% населения России проживает в бассейнах этих рек. На территории Костромской области малые реки составляют более 90% всех рек. В регионе они имеют преимущественно лесной характер и сильно петляющее русло.

Малые реки, находясь под антропогенным влиянием, могут изменять свои гидробиологические и гидрохимические характеристики, что в свою очередь, может привести к более масштабным последствиям. Поэтому всестороннее изучение состояния малых рек является весьма актуальным. В своей работе мы рассматриваем только фитопланктон малых рек, однако этот компонент является весьма информативным и может свидетельствовать о состоянии реки в целом [1].

Благодаря широкому распространению водоросли имеют большое значение в жизни других организмов, играют важную роль в биотическом круговороте и занимают значительное место в хозяйственной деятельности человека, являются основой пищи планктонных и бентосных животных [2].

Исследования проводились в период с 2014 по 2021 годы в Государственном природном заповеднике «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына. Эта особо охраняемая природная территория богата сетью малых рек, отно-

сящихся к бассейну реки Унжи. Питание рек смешанное, с преобладанием снегового. Состав фитопланктона изучался на реках Понга, Лондушка, Сеха, Нелка, Ломенга, Чёрная. Наиболее крупной рекой является Понга, самой мелкой – Ломенга. Все реки связаны между собой, являясь притоками реки Понга, которая в свою очередь впадает в реку Унжа.

Исследование фитопланктона проводилось по общепринятой методике. Качественные пробы фитопланктона отбирались с помощью малой сети Апштейна, количественные пробы – путем фильтрования 50 литров воды через сеть Апштейна с последующей фиксацией 4% формалином. Обработка проб проводилась в лаборатории с помощью микроскопа Биомед-3 [3].

Таксономическое разнообразие фитопланктона исследуемых малых рек заповедника представлено 65 родами организмов, которые относятся к 8 отделам: Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Xanthophyta, Rhodophyta. В отделе Bacillariophyta обнаружено 28 родов, относящихся к 2 классам и 5 порядкам. Вторым по числу родов оказался отдел Chlorophyta. В нем обнаружен 21 род водорослей, относящихся к 3 классам и 7 порядкам. Отдел Xanthophyta представлен 4 родами, относящимися к 1 классу и 2 порядкам. Отдел Chrysophyta включает 2 рода, относящихся к 1 классу и 1 порядку. В отделах Euglenophyta, Dinophyta и Rhodophyta обнаружено по 1 роду планктонных водорослей.

Разнообразие фитопланктона имело значительные различия в исследуемых реках. Так наибольшее число родов было встречено в реках Сеха и Черная (46 и 36 родов соответственно). Наименьшим разнообразием фитопланктонных организмов характеризуются реки Ломенга и Нелка (14 и 12 родов соответственно). В реке Сеха встречены водоросли 6 отделов: Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Xanthophyta. Доминирующее положение занимали водоросли отделов Bacillariophyta – 24 рода и Chlorophyta – 10 родов. Альгофлора реки Черная представлена водорослями 7 отделов: Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Xanthophyta. Здесь также доминировали представители отделов Bacillariophyta (17 родов) и Chlorophyta (11 родов). В реке Лондушка фитопланктонные организмы являлись представителями 7 отделов: Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Xanthophyta. Преобладающими являлись водоросли отделов Bacillariophyta (13 родов) и Chlorophyta (12 родов). В реке Понга обнаруженные водоросли принадлежали к 7 отделам: Cyanophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Xanthophyta, Rhodophyta. Именно в этой реке был встречен представитель красных водорослей *Batrachospermum*. Преобладающими являлись водоросли отделов Bacillariophyta (16 родов) и Chlorophyta (10 родов). В реках Нелка и Ломенга обнаруженные водоросли относились к 4 отделам: Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta (для реки Нелка) и Xanthophyta (для реки Ломенга). Несмотря на небольшое видовое разнообразие доминирующими отделами, как и в других реках, являлись Bacillariophyta и Chlorophyta.

Преобладание среди фитопланктонных организмов во всех исследуемых реках диатомовых водорослей можно объяснить нетребовательностью этих водорослей к температурным условиям (они могут развиваться при достаточно низких температурах и вегетировать с ранней весны до поздней осени) и уровню освещения.

Качественный состав фитопланктонных организмов в исследуемых реках представлен в таблице.

Таблица

Качественный состав фитопланктона

Родовая принадлежность фитопланктона	Наличие рода в исследуемой реке					
	р. Черная	р. Сеха	р. Понга	р. Лондушка	р. Ломенга	р. Нелка
1	2	3	4	5	6	7
Отдел Сине-зелёные водоросли (Cyanophyta)						
<i>Anabaena</i> (Bory) Bornet et Flahult	+	+	+	+		+
<i>Cloeocapsa</i> (Kütz) Hollerb. emend.		+				
<i>Merismopedia</i> (Meyen) Elenk. emend		+				
<i>Microcystis</i> Lemmermann	+	+	+			
<i>Oscillatoria</i> (Vaucher) Gomont	+	+	+	+	+	
<i>Phormidium</i> (Kützing) Gomont		+		+		+
<i>Spirulina</i> (Turpin) Gomont	+	+		+		
Отдел Диатомовые водоросли (Bacillariophyta)						
<i>Achnanthes</i> Bory	+	+				
<i>Amphipleura</i> Kützing	+	+	+	+		
<i>Amphora</i> Ehrenberg et Kützing		+				
<i>Aneumastus</i> D. G. Mann et Stickle		+				
<i>Asterionella</i> Hassall	+	+	+	+	+	
<i>Aulacoseira</i> Thwaites		+		+		
<i>Bacillaria</i> Gmelin	+	+				
<i>Brachysira</i> Kützing	+	+	+	+		
<i>Caloneis</i> Cl.	+	+				
<i>Cocconeis</i> Ehr.		+	+			
<i>Cymatopleura</i> W.Sm.	+	+	+		+	
<i>Cymbella</i> C. Agardh		+	+			
<i>Diatoma</i> Bory		+	+	+		
<i>Epithemia</i> Breb.		+				

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
<i>Eunotia</i> Ehr.			+			
<i>Fragilaria</i> Lyngbye	+	+	+		+	
<i>Gomphonema</i> Ag.	+	+	+	+		
<i>Gyrosigma</i> Hass.	+	+	+	+	+	
<i>Luticola</i> D. G. Mann	+					
<i>Melosira</i> C. Agardh	+	+	+	+		+
<i>Meridion</i> Ag.					+	
<i>Navicula</i> Bory	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia</i> Hassall		+				
<i>Pinnularia</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+
<i>Synedra</i> Ehrenberg	+			+		
<i>Stauroneis</i> Ehr.	+	+				
<i>Surirella</i> Turp.		+	+	+		
<i>Tabellaria</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	
Отдел Зеленые водоросли (Chlorophyta)						
<i>Bambusina</i> Kützing			+	+		
<i>Chlorococcum</i> Meneghini		+				
<i>Cladophora</i> Kutz.	+	+	+	+		
<i>Closterium</i> Nitzsch	+	+	+	+	+	+
<i>Desmidium</i> Ag.			+			
<i>Eudorina</i> Ehrenb.	+	+		+		+
<i>Gonium</i> O. Möller		+				
<i>Hyalotheca</i> Ehrenberg						+
<i>Microspora</i> Thuret	+			+		
<i>Mougeotia</i> C. Agardh	+	+	+	+	+	+
<i>Netrium</i> Nägeli	+					
<i>Palmodictyon</i> Kützing	+	+				
<i>Scenedesmus</i> Meyen			+			
<i>Sphaeroplea</i> C. Agardh	+					
<i>Spirogyra</i> Link.	+		+	+		
<i>Spirotaenia</i> Brebisson				+		
<i>Staurastrum</i> Meyen			+			
<i>Tetmemorus</i> Ralfs				+		
<i>Ulothrix</i> Kützing	+	+	+	+	+	+
<i>Volvox</i> (Linnaeus) Ehrenb.	+	+	+	+		+
<i>Zygnema</i> C. Agardh		+		+		
Отдел Динофитовые водоросли (Dinophyta)						
<i>Ceratium</i> Schrank	+			+		

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Отдел Эвгленовые водоросли (Euglenophyta)						
<i>Euglena</i> Ehrenb.	+	+	+			+
Отдел Золотистые водоросли (Chrysophyta)						
<i>Dinobryon</i> Ehrenberg		+				
<i>Uroglena</i> Ehrenberg	+		+	+		
Отдел Желто-зеленые водоросли (Xanthophyta)						
<i>Botrydium</i> Wallroth					+	
<i>Tribonema</i> Borzi		+	+	+		
<i>Vaucheria</i> de Candolle	+	+	+	+		
<i>Xanthonema</i> P. S. Silva		+		+	+	
Отдел Красные водоросли (Rhodophyta)						
<i>Batrachospermum</i> Roth			+			
Всего родов:						
65	36	46	34	34	14	12

Самыми распространёнными родами фитопланктонных водорослей, встречающимися во всех реках, являлись *Navicula* Bory, *Pinnularia* Ehrenberg, *Closterium* Nitzsch, *Mougeotia* C. Agardh, *Ulothrix* Kützing. Представители родов *Cloecapsa* (Kütz) Hollerb. emend., *Merismopedia* (Meyen) Elenk. emend., *Amphora* Ehrenberg et Kützing, *Aneumastus* D. G. Mann et Stickle, *Epithemia* Breb., *Chlorococcum* Meneghini, *Desmidium* Ag., *Gonium* O. Möller, *Hyalotheca* Ehrengerg, *Scenedesmus* Meyen, *Staurastrum* Meyen и некоторые другие оказались весьма редкими и встречены только в одной из исследуемых рек.

В ходе работы исследован качественный состав фитопланктона малых рек Государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Синицына. Установлено, что в исследуемых водоемах обитают водоросли, относящиеся к 8 отделам, однако основу биоразнообразия составляют представители двух отделов – Bacillariophyta и Chlorophyta. Качественный состав фитопланктона имеет существенные различия между реками и нуждается в дальнейшем исследовании.

Библиографический список

1. Трифонова И. С. Биоиндикация в лимнологическом мониторинге // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. СПб., 2007. С. 23–28.
2. Саутр Р., Уиттик А. Основы альгологии. М. : «Мир», 1990. 597 с.
3. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М. : Университет и школа, 2003. 157 с.

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФЛОРЫ ВОДОЕМОВ ВЫРАБОТАННЫХ ПЕСЧАНЫХ КАРЬЕРОВ ЮГА РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А. А. Панюков, Б. Ю. Тетерюк

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук,
panjukov.a.a@ib.komisc.ru, b_teteryuk@ib.komisc.ru*

В июле 2021 года обследованы обводнённые песчаные карьеры в окрестностях г. Сыктывкара. В составе флоры водоёмов песчаных карьеров выявлено 89 видов высших сосудистых растений, относящихся к 28 семействам и 48 родам. Слабая видовая насыщенность семейств свидетельствует о том, что флора находится в стадии формирования.

Ключевые слова: флора водоёма, песчаный карьер, таксономическая структура флоры, антропогенные водоёмы.

В настоящее время человечество активно использует природные ресурсы, в том числе песок. Песок добывают различными способами, в нашем случае карьерным. Специальные изыскания по флоре водоёмов песчаных карьеров в регионе не проводились. Представленные результаты позволяют дополнить сведения о составе и структуре флоры на территориях, подверженных антропогенной трансформации.

Обследованные карьеры находятся в Сысольском районе Республики Коми, в подзоне средней тайги. Среднегодовая температура воздуха 1 °С, среднегодовое количество осадков 621 мм [1].

Основой флористического списка водоёмов песчаных карьеров послужили видовые списки 49 полных геоботанических описаний и флористические сборы вне площадок описаний. В каждом типе местообитаний выявляли полный видовой состав его растительного покрова. Площадки для геоботанических описаний закладывали вдоль береговой линии и на открытой части водоёма. Латинские названия приведены в соответствии со сводкой С. К. Черепанова [2]. Для обработки флористических данных была использована интегрированная ботаническая информационная система IBIS 7.2 [3].

В составе флоры водоёмов выработанных песчаных карьеров было выявлено 89 видов высших растений, что составляет 10,11% от состава флоры региона [4], относящиеся к 28 семействам и 48 родам (табл. 1). Во флоре карьеров насчитывается от 10 до 55 видов.

Таксономическая структура флоры выработанных песчаных карьеров

Показатель	Значение
Общее число видов, шт.	89
Общее число родов, шт.	48
Общее число семейств, шт.	28
Среднее число видов в роде, шт.	1,85
Среднее число видов в семействе, шт.	3,18
Среднее число родов в семействе, шт.	1,71
Число одновидовых родов, шт.	31
Доля одновидовых родов, %	64,58
Число одновидовых семейств, шт.	12
Доля одновидовых семейств, %	42,86
Максимальное число видов в одном роде, шт.	9
Максимальное число видов в одном семействе, шт.	12
Максимальное число родов в одном семействе, шт.	9
Доля сосудистых споровых, %	3,37
Доля голосеменных, %	1,12
Доля цветковых, %	95,51
Доля однодольных среди цветковых, %	47,06
Доля двудольных среди цветковых, %	52,94

Слабая видовая насыщенность семейств флоры водоёмов песчаных карьеров (табл. 1) обусловлена прежде всего тем, что многие семейства флоры региона [5] не обладают специализированностью к существованию в гидроморфных условиях [6]. Так, во флоре изученных водоёмов представлены семь гидроспециализированных семейств: *Alismataceae* (2 вида), *Callitrichaceae* (1), *Lemnaceae* (1), *Nymphaeaceae* (1), *Potamogetonaceae* (5), *Sparganiaceae* (2) и *Typhaceae* (2).

Среди семейств ведущее положение занимает *Cyperaceae* – 12 видов, *Poaceae* – 11 видов и *Salicaceae* – 9 видов (табл. 2). На долю ведущих семейств приходится 35,96%, а на долю первых девяти семейств – 67,42%. Данный факт свидетельствует о том, что флора водоёмов выработанных песчаных карьеров находится на стадии формирования.

В родовом спектре лидируют *Carex* (9 видов) и *Salix* (9 видов); роды *Juncus*, *Potamogeton* и *Epilobium* включают по 5 видов, *Polygonum* и *Equisetum* – по 3 вида. На долю ведущих родов приходится 43,82% видов флоры карьеров (табл. 2). Остальные роды (56,18%) представлены 1–2 видами, что характерно для флор антропогенно-трансформированных территорий [7].

Список ведущих семейств / родов

Семейство	Число видов	Род	Число видов
Cyperaceae	12	<i>Carex</i>	9
Poaceae	11	<i>Salix</i>	9
Salicaceae	9	<i>Juncus</i>	5
Fabaceae	5	<i>Epilobium</i>	5
Asteraceae	5	<i>Potamogeton</i>	5
Polygonaceae	5	<i>Polygonum</i>	3
Juncaceae	5	<i>Equisetum</i>	3
Onagraceae	5		
Equisetaceae	3		
Всего:	60		39
Доля, %	67,42		43,82

В составе изученной флоры отмечены редкие виды: *Carex pseudocyperus* L., *Potamogeton trichoides* Cham. et Schltldl., *Eleocharis austriaca* Hayek, *Nymphaea tetragona* Georgi [8], а также выявлено три синантропных вида (*Typha latifolia* L., *Typha elata* Boreau, *Tussilago farfara* L.).

Библиографический список

1. Атлас Республики Коми по климату и гидрологии / под ред. А. И. Таскаева. М. : Дрофа, 1997. 116 с.
2. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. : Мир и семья–95, 1995. 992 с.
3. Зверев А. А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. Томск : ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.
4. Флора Северо-Востока европейской части СССР как ботанико-географическая система / В. А. Мартыненко, Г. В. Железнова, М. В. Гецен, З. Г. Улле, А. Н. Лавренко. Сыктывкар : Ротапринт Коми филиала АН СССР, 1987. 23 с.
5. Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л., 1974. Т. I. 275 с.; 1976 а. Т. II. 315 с.; 1976 б. Т. III. 293 с.; 1977. Т. IV. 311 с.
6. Тетерюк Б. Ю. Флора и растительность древних озёр Европейского Северо-Востока России. СПб. : Наука, 2012. 237 с.
7. Безсинная Н. И. Систематическая структура флоры песчаных карьеров Ивановской области // Экологическое краеведение : материалы Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Тюмень : Изд-во филиала ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет», 2015. С. 5–8.
8. Красная книга Республики Коми / под ред. С. В. Дёгтевой. Сыктывкар : Коми республиканская типография, 2019. 768 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЕМЕНАХ ЧИА

Н. А. Шатунов, Т. А. Адамович

Вятский государственный университет, sdmbye@gmail.com

В настоящей работе изучено содержание микроэлементов в черных и белых семенах чиа (*Salvia hispanica* L.) атомно-абсорбционным методом. Установлено, что в чёрных семенах чиа содержание определяемых микроэлементов выше, чем в белых.

Ключевые слова: чиа, семя, микроэлементы, атомно-абсорбционный метод.

Микроэлементы являются важной составляющей частью растительных объектов. В организме человека имеется запас необходимых микроэлементов, но в основном они должны поступать в организм преимущественно с растительной пищей, при этом оказывая на него благоприятное воздействие [1]. По современным данным, более 30 микроэлементов считаются необходимыми для нормальной жизнедеятельности растений и животных. В современном обществе популяризируется так называемое «полезное питание»: все больше людей заинтересованы в поддержании здорового образа жизни. Для его поддержания в рацион питания включают такие продукты, которые обогащены полезными для человеческого организма компонентами [1]. Такими компонентами являются микроэлементы [2].

Заинтересованность общества здоровым образом жизни не ограничивается лишь полезными продуктами питания, но и имеет перспективы синтеза на их основе новых лекарственных препаратов, которые будут обладать антиоксидантными, противовоспалительными, антиканцерогенными, противовирусными, антипаразитарными и антибактерицидными свойствами.

Семена чиа обладают богатым списком полезных для человеческого организма свойств: улучшение работы поджелудочной железы, стабилизация сердечно-сосудистой системы, обогащение организма человека необходимыми макро- и микро- элементами, витаминами. Повышенный спрос на использование семян чиа как пищевой добавки в детских продуктах питания, завтраках, хлебопекарных изделий, макаронах и кондитерских изделиях обусловлен их функциональностью [3].

Семена чиа содержат большое количество фосфора, также имеют в своем составе цинк и калий. Являются отличным источником растительного кальция. Содержат белки (16–26%), жиры (31–34%) и углеводы (37–45%). Кроме того, семена чиа богаты полиненасыщенными жирными кислотами Омега-3 и Омега-6. Также отмечается высокое содержания пищевых волокон и имеют мультивитаминный состав [4].

Микроэлементы в семенах чиа определяли атомно-абсорбционным методом [1]. Он основан на минерализации продукта способом сухого или мокрого озоления и определении концентрации элементов в растворе минерализата методом пламенной атомной абсорбции.

Целью работы является определение микроэлементов в семенах чиа атомно-абсорбционным методом. В качестве исследуемых образцов использовали белые и чёрные семена чиа.

По результатам проведенного исследования установлено, что в чёрных семенах чиа содержание цинка составляет 0,03958 мг/г, марганца – 0,03575 мг/г, меди – 0,00945 мг/г, железа – 0,07605 мг/г. В белых семенах чиа содержание цинка составляет 0,05748 мг/г, марганца – 0,05085 мг/г, меди – 0,02275 мг/г, железа – 0,23025 мг/г. В ходе исследования установлено, что семена чиа отличаются высоким содержанием микроэлементов. Причём чёрные семена чиа содержат исследуемые микроэлементы в большем количестве.

Таким образом, установлены различия в содержании микроэлементов в зависимости от цвета исследуемых семян. Согласно литературным данным [4], исследуемые образцы семян чиа отличаются высоким содержанием микроэлементов. Поэтому, семена чиа можно отнести к перспективным видам сырья с высоким содержанием микроэлементов, что позволяет рекомендовать их для создания новых функциональных пищевых продуктов с повышенным иммунным действием.

Библиографический список

1. Воропаева Е. Ю., Пушкарская Р. В., Бутова С. В. Исследование химического состава семян чиа на возможности использования их в производстве продуктов здорового питания // Молодежный вектор развития аграрной науки : материалы 69-й студенческой науч. конф. 2018. С. 97–102.
2. Костюк В. А. Растительные полифенольные соединения как компоненты функционального питания // Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем : Труды Белорусского государственного университета. 2016. Т. 11. Ч. 1. С. 32–41.
3. Рашидова Г. М., Магомедов А. М., Цветкова Я. С. Роль эссенциальных микроэлементов в продуктах питания животного происхождения // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. 2019. С. 329–335.
4. Содержание макро- и микроэлементов в злаковых культурах / Н. Г. Барвинюк, И. В. Мишенина, А. М. Барвинюк, Е. В. Шургаева // Функциональное питание и проблема специфических заболеваний. 2018. С. 73–75.
5. ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ХВОЕ ДЕРЕВЬЕВ

И. А. Хохрякова, Т. А. Адамович

Вятский государственный университет, tjnadamvich@rambler.ru

В работе приводятся результаты исследования по определению содержания аскорбиновой кислоты в хвое деревьев пихты сибирской и сосны обыкновенной. Установлено, что хвоя пихты сибирской является более богатым источником аскорбиновой кислоты по сравнению с хвоей сосны обыкновенной.

Ключевые слова: аскорбиновая кислота, хвоя, пихта сибирская, сосна обыкновенная.

Пихта сибирская и сосна обыкновенная – вечнозеленые деревья, распространенные в нашей стране. Наличие в их хвое ценных компонентов представляет возможность получения лекарственных препаратов, натуральных продуктов для парфюмерного и косметического производств, кормовых и пищевых витаминизированных добавок. Данный факт создает предпосылки для их комплексной переработки.

Аскорбиновая кислота – биологически активное вещество, необходимое для нормальной жизнедеятельности организма. Она, являясь одним из сильнейших антиоксидантов, задерживает процессы старения, обеспечивает нормальное состояние стенок капилляров и сохраняет их эластичность, участвует в синтезе коллагена, поддерживает состояние соединительной ткани, способствует всасыванию железа, стимулирует обмен веществ и активизирует некоторые реакции иммунной системы [1]. Организм человека не способен сам синтезировать или накапливать аскорбиновую кислоту, поэтому она должна регулярно и в достаточном количестве поступать с пищей или в виде витаминно-минеральных комплексов и пищевых добавок.

Пихта сибирская и сосна обыкновенная являются богатыми источниками аскорбиновой кислоты и дают возможность использовать этот витамин на протяжении целого года. Таким образом, изучение растений природной флоры на содержание в них биологически активных веществ, а в частности аскорбиновой кислоты, является актуальной задачей в наше время, направленной на сохранение здоровья человека [2].

Цель работы – определение содержания аскорбиновой кислоты в хвое пихты сибирской и сосны обыкновенной, произраставших в Лузском районе Кировской области. Для исследования были собраны образцы в декабре 2020 г.

Количественное определение аскорбиновой кислоты в хвое осуществлялось двумя методами: иодатометрического титрования [3] и Тильманса [4].

Результаты количественного определения аскорбиновой кислоты представлены в таблице.

Таблица

**Результаты определения аскорбиновой кислоты
методом иодатометрического титрования и методом Тильманса
в извлечении из растительного сырья**

Образец	Содержание аскорбиновой кислоты методом иодатометрического титрования, мг / 100 г хвои	Содержание аскорбиновой кислоты методом Тильманса, мг / 100 г хвои
Хвоя пихты сибирской	253±6	225±18
Хвоя сосны обыкновенной	201±4	194±18

В результате проведенных исследований установлено, что хвоя пихты сибирской является более богатым источником аскорбиновой кислоты по сравнению с хвоей сосны обыкновенной.

Содержание аскорбиновой кислоты, установленное методом иодатометрического титрования, получилось больше содержания, установленного методом Тильманса. Это может быть связано с тем, что хвою этих видов растений, из которой готовили экстракты и впоследствии использовали для определения аскорбиновой кислоты методом Тильманса, хранили дольше, чем хвою, которую использовали для определения аскорбиновой кислоты методом иодатометрического титрования. Известно по данным литературы, что аскорбиновая кислота при хранении разрушается и ее количество уменьшается [5, 6].

Полученные в ходе двух титриметрических методов анализа данные коррелируют между собой. Обоими методами получилось, что содержание аскорбиновой кислоты в хвое пихты сибирской больше, чем в хвое сосны обыкновенной.

Библиографический список

1. Нилова Д. О. Растения-антивирусы. Гриппу – бой! Быстрое и надежное лечение вирусных заболеваний. СПб. : ИК «Крылов», 2012. 126 с.
2. Воскобойникова И. В. Дендрология. В 2-х частях. Часть 1: Общая дендрология : учебное пособие. М. : Берлин Директ-Медиа, 2020. 139 с.
3. Кокшарова Я. Б., Храпская Т. А., Черданцева Е. В. Определение аскорбиновой кислоты методом иодатометрического титрования // Проблемы теоретической и экспериментальной химии : тезисы докладов XXII Российской молодежной науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения А. А. Тагер (Екатеринбург, 24–28 апреля 2012 г.). Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2012. С. 155–156.
4. ГОСТ 24556-89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С.
5. Lambers H., Chapinll F. S., Pons T. L. Plants Physiological Ecology. New York : Springer, 2008. 604 p.
6. Ball G. F. M. Chemical and biological nature of the water-soluble vitamins. New York : Springer, 2012. 312 p.

ВЛИЯНИЕ МУЛЬЧИ ЛИШАЙНИКОВ НА РОСТ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ

А. И. Коротких¹, А. Л. Ковина¹, Л. В. Трефилова¹, С. Г. Скугорева²,
Ю. С. Забубенина¹, П. А. Стариков¹, Л. И. Домрачева^{1,2}

¹ Вятский государственный агротехнологический университет,
nm-flora@rambler.ru

² ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, dli-alga@mail.ru

Статья посвящена изучению влияния мульчи двух видов кустистых лишайников *Cetraria islandica* (L.) Nyl., *Cladonia rangiferina* (L.) Weber ex F.H. Wigg. и двух листоватых лишайников *Hypogymnia physodes* (L.), *Peltigera horizontalis* (Huds.) Baumg. на рост и развитие фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.). Анализ результатов по морфометрическим показателям фасоли (длина корней, высота проростков, индекс роста) показал, что биомасса исследуемых лишайников может быть использована в качестве стимуляторов роста.

Ключевые слова: кустистые и листоватые лишайники, стимуляторы роста, фасоль обыкновенная.

Проблема стимуляции роста и развития растений с помощью физиологически активных веществ (ФАВ) является одной из самых актуальных в современной сельскохозяйственной биологии. Широкое применение регуляторов роста растений (РРР) является важным фактором эффективности технологии возделывания всех сельскохозяйственных культур [1]. Значительным достижением является раскрытие роли биологически активных соединений в регуляции важнейших функций жизнедеятельности растений: увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, сокращение сроков созревания, повышение питательной ценности, улучшение устойчивости к болезням, заморозкам, засухе и другим неблагоприятным факторам, ускорение прорастания и укоренения, уменьшение опадения завязей и предуборочного опадения плодов, задерживание цветения до окончания поздних заморозков, а также многие другие функции [2].

В связи с большой популярностью использования РРР в растениеводстве, выросла необходимость в производстве синтетических ФАВ, в применении которых нужно соблюдать корректное, пофазовое и чисто «рецептурное» использование для получения весомых результатов и избежания негативных последствий.

Среди регуляторов роста часто используют ростстимулирующие вещества – это органические соединения, вызывающие (в очень низких концентрациях) стимуляцию или подавление роста и морфогенеза растений. К природным стимуляторам роста (эндогенным) относятся фитогормоны (ауксины, гиббереллины, цитокинины, этилен, абсцизовая кислота и др.), ингибиторы

негормональной природы (некоторые фенолы, производные мочевины и др.). Именно природные, органические ростстимуляторы в последнее время предлагают использовать органическое земледелие [3].

Стимуляция роста и развития растений может происходить под влиянием различных веществ, выделяемых в процессе жизни бактериями, грибами и, как было доказано ранее, лишайниками [4]. Опытным путем сотрудниками кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятский ГАТУ было доказано, что лишайники послужили субстратом, способным оказывать ростстимулирующий эффект на семена люпина узколистного [5, 6].

Цель данной работы – сравнить растактивирующую активность четырех видов лишайников в модельном опыте при выращивании фасоли обыкновенной.

В работе использовали семена фасоли обыкновенной сорта Лаура урожая 2021 г. и мульчу четырех видов лишайников: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Cladonia rangiferina* (L.) Weber ex F.H. Wigg., *Peltigera horizontalis* (Huds.) Baumg. и *Cetraria islandica* (L.) Nyl., отобранных в 2018 г. в сосняке лишайниково-зеленомошном (Советский район Кировской области).

Для обработки семян биомассу лишайников, высушенных до воздушно-сухого состояния, измельчали в лабораторной мельнице до мульчеобразного состояния, затем распределяли непосредственно на поверхности семян по 1 г на повторность.

Опыт закладывали в рулонных культурах в пластиковых контейнерах в трехкратной повторности по 20 семян на повторность. Опыт проводили в течение 7 суток при температуре +30 °С. При снятии опыта определяли всхожесть семян, длину проростков и корней, а также рассчитывали индекс роста по формуле:

$$I = (R + P) \cdot D,$$

где I – индекс роста, R – суммарное значение длин корней (см), P – суммарное значение длин проростков (см), D – доля проросших семян (%) [7]. В таблице представлены средние арифметические и ошибки средних.

При снятии опыта было обнаружено, что всхожесть семян фасоли чрезвычайно мала и колеблется от 15% в контроле до 63% в варианте с *C. rangiferina* (табл.). Это вполне объяснимо тем, что у многих растений сразу после созревания семян и уборки урожая наблюдается пониженная всхожесть. Семена должны пройти стадию физиологического покоя, прежде, чем выйти на максимальную всхожесть.

В то же время, сравнение показателей высоты проростков не демонстрирует ярко выраженного ростстимулирующего эффекта, хотя длина корней в контроле несколько выше, чем в опытных вариантах.

Высокие показатели индекса роста в вариантах с обработкой семян лишайниковой мульчей связаны, прежде всего, с повышенной всхожестью в этих вариантах. Следовательно, можно предположить, что стимулирующее действие лишайников обеспечивается преимущественно их воздействием на

механизмы, снижающие время достижения физиологической зрелости, что приводит к повышению всхожести семян. Максимальной активностью в этом плане обладает кустистый лишайник *C. rangiferina*, индекс роста в этом варианте превышает контрольный показатель более чем в 4 раза.

Таблица

Влияние лишайников на рост и развитие фасоли обыкновенной

Вариант	Всхожесть семян <i>D</i> , %	Высота проростков <i>P</i> , см	Длина корней <i>R</i> , см	Индекс роста <i>I</i> , у. е.
Контроль	15,0	14,5±0,0	5,3±0,3	296
<i>Hypogymnia physodes</i>	56,7	10,1±1,5	7,1±1,2	975
<i>Cladonia rangiferina</i>	63,3	11,5±2,7	8,7±1,2	1275
<i>Peltigera horizontalis</i>	43,3	11,8±4,1	7,4±1,7	831
<i>Cetraria islandica</i>	53,7	15,1±1,3	7,6±0,9	1209

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения показателей.

Таким образом, рекогносцировочные опыты показали перспективность использования сухой биомассы лишайников как фактора повышения всхожести семян бобовых.

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

Библиографический список

1. Тютюма Н. В., Кудряшова Н. И. Влияние стимуляторов роста растений на структуру урожая и продуктивность томатов в условиях севера Астраханской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1 (41). С. 101–108.
2. Мосякина О. И., Лексикова В. В. Стимуляторы корнеобразования и регуляторы роста растений // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. 2016. № 1 (6). С. 94–97.
3. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Калмыкова О. В. Оценка действия регулятора роста на рост и развитие растений томата // Естественные науки. 2018. № 4 (65). С. 14–19.
4. Ростстимулирующая активность листоватых лишайников / Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, С. Ю. Огородникова, А. И. Коротких, А. В. Короткова, Е. А. Домнина // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 1. С. 130–135. doi: 10.25750/1995-4301-2020-1-130–135.
5. Рост и развитие люпина узколистного в присутствии лишайнобиоты / Л. И. Домрачева, С. Г. Скугорева, А. И. Коротких, Ю. С. Забубенина, Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина, Е. А. Домнина, А. С. Тимонов // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 183–188. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-183-188
6. Листоватые лишайники как стимуляторы роста люпина узколистного / А. И. Коротких, А. Л. Ковина, Л. И. Домрачева, А. В. Короткова, С. Ю. Огородникова // Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 75-летию со дня обр. агроном. факульт. ФГБОУ ВО Вятская ГСХА. Киров : Вятская ГСХА, 2019. С. 246–249.
7. Влияние цианобактерий *Fisherella muscicola* и ее культуральной жидкости на подавление действия фузариозной инфекции ячменя сорта Изумруд / Я. Ю. Благодатских, Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина, С. А. Вахмянина, С. Ю. Огородникова // Цианопрокардио-

БИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НОВЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ

Л. М. Щеклеина

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого», immunitet@fanc-sv.ru

В статье изучен характер растительно-микробных взаимодействий в пяти патоккомплексах. Параметры устойчивости оценивали по показателям ПКРБ (площадь под кривой развития болезни), ИУ (индекс устойчивости) и ЛП (латентный период). Выявлено 10 экологически и селекционно-ценных сортов, отличающихся комплексной устойчивостью к двум и более болезням, медленным («slow rusting») нарастанием инфекции в сортовых биоценозах и продолжительным латентным периодом патогенезов.

Ключевые слова: *Secale cereale* L., грибные болезни, показатель ПКРБ, индекс устойчивости, латентный период, источники устойчивости.

В основе селекции лежит обновление генетического материала за счёт вовлечения новых форм. Поэтому для создания конкурентоспособных сортов озимой ржи необходимо располагать генетически разнообразными и комплексно изученными источниками признаков [1, 2]. В этой связи использование в селекции «древних», эволюционно непреодоленных генов делает возможным создание сортов, длительно сохраняющих резистентность к болезням [3]. Длительная защита от эпифитотийно-опасных болезней позволит повысить стабильность производства зерна в конкретной агроэкологической зоне, а также улучшить качество продукции, экологию и санитарно-эпидемиологическую ситуацию в агроландшафтах. Однако до настоящего времени в РФ отсутствуют сорта озимой ржи с устойчивостью на уровне экономически значимого порога [4].

На территории Кировской области в посевах озимой ржи практически ежегодно диагностируются снежная плесень (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett), корневые гнили (*Fusarium* Link., *F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc, *F. sporotrichioides* Sherb. и др.), мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *secalis* Marchal.), септориоз (*Septoria nodorum* (Berk.) Berk), ринхоспориоз (*Rhynchosporium secalis* (Oudem) Davis.), бурая ржавчина (*Puccinia recondita* Roberge ex Desm.), стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f.sp. *secalis* (Erikss.et Henn.) и спорынья (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.). Периодически та или иная болезнь достигают эпифитотийного уровня развития [5].

В России и мире остаются актуальными исследования по поиску генотипов с длительной устойчивостью и/или медленным нарастанием («slow

rusting») инфекции в биоценозе. Мониторинг болезни в динамике развития растений позволяет прогнозировать её вредоносность; возможные эпифитотии и экологическую стабильность, а также выявлять длительно устойчивые и малоценные сорта, восприимчивые в начале онтогенеза [4, 6].

Цель исследований: поиск сортов с комплексной устойчивостью к болезням грибной этиологии и медленным нарастанием инфекции в полевых биоценозах озимой ржи для выявления селекционно- и экологически ценных источников устойчивости.

Исследования проводили в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2020–2021 гг. В полевых условиях на делянках площадью 5 м² в 4-х кратной повторности проведена оценка 55 сортов озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока и других НИУ РФ. Полевые опыты закладывали в соответствии с методикой ГСИ [7]. При проведении диагностики и учётов развития болезней использовали общеизвестные методики: Гешеле [8], Кобылянский, Королёва [9], Шешегова, Кедрова [10] и др. Каждую болезнь оценивали в 4–5 раз – с весеннего кушения до начала восковой спелости (фазы 31–85 по шкале Цадокса). Для этого, начиная с первых симптомов поражения, и через каждые 10–14 дней проводили учёты болезней и оценивали устойчивость изучаемых сортов в разные периоды онтогенеза.

При изучении характера взаимодействий *Secale cereale* L. с патогенами: *Blumeria graminis*, *Septoria nodorum*, *Rhynchosporium secalis*, *Puccinia recondita* и *Puccinia graminis* использовали показатель ПКРБ D. F. Johnson и R. D. Wilcoxson [11]:

$$S = \frac{1}{2} (x_1 + x_2) \times (t_2 - t_1) + \dots + (x_{n-1} + x_n) \times (t_n - t_{n-1}),$$

где S – площадь под кривой развития болезни; n – количество учётов; x₁ – степень развития болезни на момент первого учёта, %; x₂ – степень развития болезни на момент второго учёта, %; x_n – степень развития болезни на момент последнего учёта, %; X_{n-1} – интенсивность развития болезни между последним и предпоследним учётом, %; (t₂ - t₁) – количество дней между вторым и первым учётом; (t_n - t_{n-1}) – количество дней между последним и предпоследним учётом.

Использовали также значимые параметры количественной устойчивости: индекс устойчивости (ИУ) и продолжительность латентного периода (ЛП), которые определяются в ходе анализа растительно-микробных взаимодействий по методике, подробно описанной в статье Л. М. Щеклеиной и др. [4].

На основании многократных учётов развития болезней проанализирован характер взаимодействия сортифта озимой ржи с опасными фитопатогенами и выявлены источники, обладающие более длительным латентным периодом патогенезов и свойством «slow rusting», а также комплексной устойчивостью к грибным патоконплексам.

Взаимодействие в патосистеме Secale cereale – Blumeria graminis. Первые симптомы болезни на листьях проявились в период колошения (фаза 51–59 по шкале Цадокса), а у 8 сортов (Снежана, Графиня, Румба, Крона, Па-

ром, Алиса, Янтарная и Памяти Кунакбаева) они отсутствовали, что косвенным образом свидетельствует о более длительном латентном периоде патогенеза. В фазу цветения преобладали сорта с высокой устойчивостью, а к началу молочной спелости доля их снизилась до 9: Вятка 2, Кировская 89, Фалёнская 4, Снежана, Флора, Рушник, Графиня, Румба и Парча. Интенсивное нарастание мицелиального налёта *Blumeria graminis* происходило в период от молочной (фаза 75) до восковой спелости (фаза 85). Все изученные сорта в этих условиях по ИУ проявляли восприимчивость к мучнисторосяной инфекции, за исключением сорта Кировская 89, степень поражения которого составила 20,2%, ИУ – 0,28. Он относится к числу первых в стране генотипов с неспецифической устойчивостью к мучнистой росе и бурой ржавчине [12], и признак сохраняется с периода районирования (1993 г.) до настоящего времени. Можно выделить также сорта Вятка 2, Фалёнская 4, Снежана, Румба и П-01/14 с относительно меньшим развитием болезни (до 30,0%).

Взаимодействие в патосистемах: Secale cereale – Septoria nodorum и Secale cereale – Rhynchosporium secalis. В наших исследованиях развитие септориоза от 1,2 до 8,8% диагностировали в фазы 51–59. К началу цветения высокая устойчивость сохранялась у 30 сортов, к молочной спелости – у 6 (Вятка 2, Кировская 89, Снежана, Рушник, Графиня и Чулпан 7). Однако к восковой спелости высокоустойчивых форм уже не выявлено, а доля, сочетающих устойчивость с признаком «slow rusting», сократилась до двух – Вятка 2 и Флора. Медленное нарастание инфекции выявлено также у сортов: Солнечная, Безенчукская 87, ГП-901 и ГП-905.

Изучаемые сорта характеризовались иммунитетом и высокой устойчивостью к ринхоспориозу до цветения. К молочной спелости большинство из них перешли в группу среднеустойчивых. Среди них наименее поражаемые (до 20,0%) и характеризующиеся признаком «slow rusting»: Вятка 2, Рушник, Графиня, Румба, Алиса, Памяти Кунакбаева, Чулпан 7, Солнечная, Памяти Бамбышева, Антарес, П-01/14, П-05/13, Грань и ПГ-901.

Взаимодействие: Secale cereale – Puccinia recondita и Secale cereale – Puccinia graminis. Первые пустулы *Puccinia recondita* на листьях отмечали в фазу молочной спелости на 3-х сортах: Таловская 41, Марусенька и Антарес. Нарастание ржавчинной инфекции происходило между молочной и восковой спелостью. Устойчивостью к бурой ржавчине и наличием признака «slow rusting» отличались 7 сортов: Кировская 89, Фалёнская 4, Снежана, Флора, Румба, Алиса и Памяти Бамбышева.

Единичные пустулы *Puccinia graminis* выявлены в фазу цветения, а у 20 сортов признаки стеблевой ржавчины отсутствовали до восковой спелости. Наименьшее развитие болезни и медленное её нарастание обнаружено у 14 сортов: Кировская 89, Снежана, Фалёнская 4, Румба, Крона, Паром, Алиса, Янтарная, Таловская 41, Таловская 33, П 04/14, ГП-901 и ГП-985.

Таким образом, среди изученного генофонда озимой ржи устойчивость к двум и более болезням проявили сорта, представленные в таблице. Они экологичны, т. к. не требуют высокой пестицидной нагрузки при их возделыва-

нии. Могут быть использованы в селекционных программах по повышению болезнеустойчивости.

Известно, что важным фактором активного иммунитета является длительность латентного периода, который оказывает влияние на уровень инфекционной нагрузки в биоценозах. В наших исследованиях наиболее длительным ЛП (9–12 суток) мучнистой росы характеризовались сорта: Кировская 89, Румба, Фалёнская 4, Парча, П-04/14, Паром и Графиня; септориоза (11–14 суток) – Вятка 2, Румба, Флора, Чулпан 7 и ПГ-901; ринхоспориоза (14 суток) – Румба; бурой ржавчины (12–14 суток) – Румба, Кировская 89, Снежана, Алиса; стеблевой ржавчины (14 дней) – Румба, Вятка 2 и Снежана. Среди них новый сорт Румба в настоящее время успешно проходит Государственное испытание.

Таблица

Источники комплексной устойчивости к грибным болезням

Степень поражения, %				
мучнистой росой	септориозом	ринхоспориозом	бурой ржавчиной	стеблевой ржавчиной
Кировская 89, Вятка 2, Румба, Фалёнская 4, Снежана, П-01/14	Вятка 2, Флора,	Вятка 2, Рушник, Графиня, Румба, Алиса, Чулпан 7, Памяти Кунакбаева, Солнечная, Антарес, Памяти Бамбышева, П-01/14, Грань, П-05/13, ПГ-901	Кировская 89, Фалёнская 4, Снежана, Флора, Румба, Алиса, Памяти Бамбышева	Кировская 89, Снежана, Румба, Фалёнская 4, Крона, Паром, Алиса, Янтарная, Таловская 41, Таловская 33, П 04/14, ГП-901, ГП-985
Степень поражения устойчивых сортов				
20,2...30,0	23,4...30,0	15,0...20,0	7,1...15,4	1,2...14,5
Показатель ПКРБ				
235..419	384..492	117...148	104...168	8...98
Значение ИУ				
0,14...0,39	0,39...0,49	0,32...0,41	0,25...0,49	0,02...0,25

Таким образом, устойчивость у этих сортов может быть детерминирована, в том числе, и более продолжительным латентным периодом, а соединение в одном генотипе нескольких параметров неспецифической устойчивости обеспечивает его более надежную защиту.

В наших исследованиях между продолжительностью ЛП и степенью поражения листостебельными болезнями установлена достоверная (при $P \geq 0,99$ и $0,95$) зависимость, которая составила $r = -0,98$ (септориоз), $r = -0,95$ (бурая ржавчина), $r = -0,92$ (мучнистая роса), $r = -0,80$ (стеблевая ржавчина) и $r = -0,67$ (ринхоспориоз). Высокая корреляционная связь между развитием бурой ржавчины и латентным периодом отмечается и зарубежными исследователями [13].

Таким образом, проведен сезонный иммунологический менеджмент у 55 образцов озимой ржи и изучен характер растительно-микробных взаимодействий в пяти патосистемах: *Secale cereale* – *Blumeria graminis*, *Secale cereale* – *Secale cereale* – *Septoria nodorum*, *Secale cereale* – *Rhynchosporium secalis*, *Secale cereale* – *Puccinia recondita* и *Secale cereale* – *Puccinia graminis*. У культуры выявлено 10 сортов с медленной скоростью нарастания «slow rusting» грибных болезней в онтогенезе растений и высокой комплексной устойчивостью к изучаемым болезням: Вятка 2, Кировская 89, Фаленская 4, Снежана, Флора, Румба, Алиса, Памяти Бамбышева, П-01/14, ПГ-901. Они имеют длительный латентный период, слабо поражаются мучнистой росой, септориозом, ринхоспориозом, бурой и стеблевой ржавчиной в течение всего вегетационного периода. В этой связи они имеют не только селекционную, но и экологическую ценность. Тесная зависимость между продолжительностью латентного периода и развитием грибных болезней обосновывает возможность использования этого механизма устойчивости при поиске иммунологически-ценных генотипов.

Библиографический список

1. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в республике Татарстан / М. Л. Пономарева, С. Н. Пономарев, Г. С. Маннапова, Л. В. Илалова // Вестник Красноярского ГАУ. 2019. № 9. С. 27–34.
2. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Болезни *Secale cereale* L. в Кировской области и генетические источники устойчивости для селекции // Вестник Красноярского ГАУ. 2020. № 6. С. 86–92. doi: 10.36718/1819-4036-2020-6-86-92
3. Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Использование доноров ценных признаков растений в селекции новых сортов озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 29(7). С. 7–12.
4. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К., Уткина Е. И. Поиск иммунологически-ценных генотипов озимой ржи с использованием отдельных параметров неспецифической устойчивости // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22(4). С. 507–517. doi: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.507-517
5. Щеклеина Л. М. Мониторинг болезней озимой ржи в Кировской области и возможные направления селекции на иммунитет // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21(2). С. 124–132. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.124-132
6. Шешегова Т. К., Щенникова И. Н. Источники устойчивости ячменя к гельминтоспориозным болезням и их использование в ФАНЦ Северо-Востока // Вестник Новосибирского ГАУ. 2020. № 2. С. 76–83. doi: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-76-83
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 2. Ч. 2. 230 с.
8. Гешеле Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М. : Колос, 1978. 206 с.
9. Кобылянский В. Д., Королёва Л. А. Методические указания по селекции озимой ржи на устойчивость к грибным болезням. Л., 1977. 26 с.
10. Шешегова Т. К., Кедрова Л. И. Методические рекомендации по созданию искусственных инфекционных фонов и оценке озимой ржи на устойчивость к болезням. Киров, 2003. 30 с.
11. Johnson D. F., Wilcoxson R. D. A table of areas under disease progress curves // Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station. Texas. 1981. Vol. 1377. P. 2–10.

12. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров : НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.

13. Adult Plant Slow Rusting Genes Confer High Levels of Resistance to Rusts in Bread Wheat Cultivars From Mexico / J. Huerta-Espino, R. Singh, L. A. Crespo-Herrera, H. E. Villaseñor-Mir, M. F. Rodriguez-Garcia, S. Dreisigacker, D. Barcenas-Santana, E. Lagudah // Front Plant Sci. 2020. Vol. 11. P. 824. doi: 10.3389/fpls.2020.00824

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ СОРТА РОДНИК ПРИКАМЬЯ

С. А. Емелев, Е. Ю. Савиных

ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ, k-selex@vgsha.info

В статье представлен опыт применения биологических препаратов в качестве стимуляторов роста ярового ячменя. Определены наиболее эффективные препараты, повышающие урожайность ячменя и не вызывающие химического загрязнения, как продукции, так и почвы.

Ключевые слова: биопрепараты, яровой ячмень, Родник Прикамья, влияние, урожайность.

Современное производство продуктов питания ориентируется на получение экологически чистой (органической) продукции. Чтобы сохранить хотя бы частично текущий потенциал (уровень) производства продуктов сельского хозяйства, биопрепараты должны на текущем этапе частично заменить, а затем, возможно, и вытеснить химические удобрения, пестициды, регуляторы роста и т. д.

Во всем мире, в том числе и в России, в последнее время значительно вырос интерес к проблемам микробиологии в сельском хозяйстве. Особое внимание привлекают биопрепараты многостороннего действия. Основой микробиологических препаратов служат живые культуры микроорганизмов и продукты их метаболизма. Технологии преимущественно основаны на использовании микробиологических препаратов, представляющих из себя живые клетки отселектированных по полезным свойствам микроорганизмов. Такой препарат позволяет создать огромную концентрацию полезных форм микроорганизмов (в грамме препарата содержится до 1–5 млрд клеток бактерий) в нужном месте и в нужное время. За счет этого внесенные формы могут успешно конкурировать с аборигенной микрофлорой и захватывать экологические ниши, предоставляемые им растением [1, 2].

На кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии выявлено мутагенное [3], росторегулирующее и фунгицидное действие на ячмень агрохимикатов и биопрепаратов на основе ризосферных бактерий из рода *Pseudomonas* и *Bacillus* [4–7], и слабо изучено влияние на растения ячменя новых штаммов микробиологических жидких удобрений на основе

бактерий из родов *Bacillus* и *Pseudomonas* (Биоагро-Гум-В и Биоагро-Гум-Р), *Beijerinckia* и *Paenibacillus* (азотовит, фосфатовит, калийвит).

В биологической лаборатории филиала Россельхозцентра по Кировской области в настоящее время выпускаются микробиологические препараты: азолен, Ж, Биоагро-Гум-В, Биоагро-Гум-Р в жидкой форме и органоминеральное удобрение гумат +7 [8].

Компания «Промышленные Инновации» (г. Новомосковск Тульская область) производит микробиологические удобрения азотовит, фосфатовит и калийвит в жидкой форме [8].

Цель исследования – изучить влияние микробиологических препаратов в жидкой препаративной форме на рост и развитие растений, урожайность ярового ячменя.

Лабораторные исследования проводили на яровом ячмене сорта Родник Прикамья урожая 2019 года. Семена обрабатывали в день посева в соответствии с вариантами опыта, приведенными в таблице 1. Концентрация препаратов взята из расчета 1 л/т при наиболее распространенных значениях титра препаратов поступающих в продажу:

- азолен, Ж (титр $4-8 \cdot 10^9$ кл./мл);
- Биоагро-Гум-В (титр $1 \cdot 10^9$ кл./мл);
- Биоагро-Гум-Р (титр $1 \cdot 10^8$ кл./мл);
- азотовит (титр $5 \cdot 10^9$ кл./мл);
- фосфатовит (титр $0,12 \cdot 10^9$ кл./мл);
- калийвит (титр $0,12 \cdot 10^9$ кл./мл).

Расход рабочей жидкости 20 л/т семян. В контрольном варианте семена сорта Родник Прикамья обрабатывали водой из расчета 20 л/т.

Сорт Родник Прикамья, созданный в ГУ Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого и Пермский НИИСХ, является одним из самых востребованных и распространенных в посевах ярового ячменя в Кировской области. Среднеспелый, высокая урожайность, хорошие качественные показатели, средняя засухоустойчивость. Включен в список ценных по качеству сортов.

Полевые эксперименты проводили в 2020 г. на опытном поле Агротехнопарк Вятского ГАТУ. Почвы участка в месте исследования дерново-подзолистые среднесуглинистые.

В каждом варианте обрабатывали и высевали из расчета нормы высева ярового ячменя 5 млн. всхожих семян на га. Варианты размещены в 4-х кратной повторности. Посев проводили вручную на деланки площадью 4,5 м². Размещение деланок систематическое (ступенчатое) в четыре яруса.

Для оценки изменчивости количественных признаков определяли основные статистические характеристики, существенность различий между вариантом и стандартом устанавливали с помощью критерия Стьюдента [9].

Результаты исследований показали, что изучаемые препараты оказали стимулирующее действие на лабораторную всхожесть семян и начальное развитие растений сорта Родник Прикамья (табл. 1).

Лабораторная всхожесть 2020 года оказалась близкой к нормативу (ГОСТ 52325-2005: всхожесть семян зерновых культур для посева должна быть не ниже 92,0%) [10]. Повышение показателя отмечено почти в половине вариантов опыта (табл. 1), достоверное значение получено при использовании препаратов азолен и Биоагро-Гум-В – 97,1%.

Лабораторный опыт показал, что при обработке семян сорта Родник Прикамья под влиянием большинства препаратов наблюдалось увеличение длины только проростков ячменя на 8 день культивирования во влажной камере в рулонах (табл. 1). Достоверное усиление развития корневой системы у сорта Родник Прикамья в 2020 году отмечено только при обработке семян препаратом фосфатовит (соответственно до 11,7 см).

Увеличение длины проростков ячменя сорта Родник Прикамья отмечено при использовании почти всех препаратов опыта, но наиболее существенное наблюдалось при обработке семян азолен и гумат+7 – +11 % к контрольному варианту.

Таблица 1

Показатели лабораторного опыта на сорте Родник Прикамья (2020 г.)

Вариант	Лабораторная всхожесть, %	Длина, см	
		корни	проростки
Контроль с.з. (К _{сз})	92,3	10,5	12,4
Азолен	97,1*	9,8*	13,8***
Биоагро-Гум-В	97,1*	10,3	13,1*
Биоагро-Гум-Р	94,0	11,2	12,5
Гумат+7	95,1	10,3	13,8**
Азотовит	92,2	10,9	12,1
Фосфатовит	95,0	11,7***	13,1*
Калийвит	95,0	10,4	12,4
НСР _{0,95}	3,2		

Примечание: уровень достоверности: * – НСР_{0,95}; ** – P>0,99; *** – P>0,999.

Таким образом, использование биопрепаратов приводит к стимуляции прорастания семян и развития корневой и надземной систем растений, что очень важно, когда условия для формирования семян неблагоприятны [3], это проявилось в период вегетации 2020 г.

В настоящее время, когда органическое земледелие начинает активно развиваться, то использование биопрепаратов выходит на первый план как в стимуляции развития растений на начальных этапах, так и в последующей защите от вредоносных факторов среды биологического и небиологического происхождения.

Проводя анализ данных по урожайности кондиционных семян сорта Родник Прикамья (табл. 2), можно отметить положительное влияние всех препаратов.

Урожайность сорта Родник Прикамья (2020 г.), т/га

Вариант	Урожайность	\pm к $K_{сз}$
Контроль с.з. ($K_{сз}$)	4,58	–
Азолен Ж	4,76	0,17
Биоагро-Гум-В	4,97	0,38
Биоагро-Гум-Р	5,02	0,43
Гумат +7	5,07	0,48
Азотовит	4,87	0,29
Фосфатовит	4,71	0,13
Калийвит	4,71	0,13
НСР _{0,95}		0,45

В 2020 г. урожайность в контрольном варианте составила 4,58 т/га, что на 17,5% меньше предыдущего года – это связано с недостатком активных температур в период вегетации. Во всех вариантах опыта отмечена прибавка урожайности, но достоверная получена при обработке семян: гумат+7 (+0,48 т/га). Препараты Биоагро-Гум-В и Биоагро-Гум-Р показали прибавку урожайности близкую к достоверной 0,38 и 0,43 т/га (НСР_{0,95} – 0,45 т/га).

Использование всех биопрепаратов увеличивает лабораторную всхожесть семян ячменя. На сорте Родник Прикамья отдавать предпочтение препаратам: азолен Ж, гумат+7 (средняя стимуляция более 2,5..3,5%), так как они способствуют на начальных этапах развития организма лучшему формированию растений (рост надземной системы), что способствует формированию большего урожая ячменя.

Применение всех биопрепаратов положительно сказывается на урожайности; наиболее значимую прибавку дает препарат гумат+7 (прибавка 0,48 т/га). Азотовит обладает более пролонгированным влиянием на фазы развития растений, что приводит к увеличению урожайности по сравнению с применением фосфатовит и калийвит.

Для получения высокой урожайности и снижения пестицидной (химической) нагрузки необходимо использование биопрепаратов, но и их большая эффективность проявится на фоне полных доз минеральных удобрений, рекомендованных для данной культуры в зоне возделывания.

Библиографический список

1. Завалин А. А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 9–11.
2. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / И. А. Тихонович, А. П. Кожемяков, В. К. Чеботарь [и др.]. М. : Россельхозакадемия, 2005. 154 с.
3. Емелев С. А. Создание исходного материала для селекции ярового ячменя под действием мочевины, лазерного излучения и дальнего красного света : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. Киров, 2008. 18 с.
4. Емелев С. А., Дудин Г. П. Влияние мочевины на рост и развитие растений ячменя сорта Биос-1 в М₁ // Материалы XIX науч.-практ. конф. Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. Ижевск : Шеп, 1999. С. 17–18.

5. Помелов А. В., Дудин Г. П. Защитное и неспецифическое действие биофунгицидов на яровом ячмене // Агро XXI. 2009. № 7–9. С. 35–36.

6. Патент 2166847 Способ мутагенной обработки семян зерновых культур: № 99115369/13 : заявл. от 12.07.1999. Дата опубл. № 14 от 20.05.2001 RU / Г. П. Дудин, С. А. Емелев. 14 с.

7. Емелев С. А., Помелов А. В., Новоселов А. В. Влияние микробиологических препаратов на развитие ярового ячменя сорта Нур // Экология родного края: проблемы и пути решения : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров : Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 179–183.

8. Информационный листок Россельхозцентра № 11/2020 г. Исх. № 1070 от 19.10.2020 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosselhocenter.com/index.php/otdel-zashchity-rastenij-15> (дата обращения: 19.10.2021).

9. Основы научных исследований в агрономии / В. Ф. Моисейченко, М. В. Трифонова, А. Х. Заверюха и др. М. : Колос, 1996. 336 с.

ЗЕРНОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ГОДА

А. П. Кислицына

*Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого, zemltdel_niish@mail.ru, kislitsyna.56@mail.ru*

В статье представлены результаты сравнительного изучения зерновой продуктивности семи сортов люпина узколистного в условиях Кировской области. Выявлены наиболее продуктивные сорта: Сидерат 46 и Брянский кормовой – 30,4–32,1 ц/га, против 24,5 ц/га у сорта Витязь (стандарт).

Ключевые слова: люпин узколистный, сорт, скороспелость, структура урожая.

Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) – самый распространённый в культуре вид, наиболее скороспелый из крупносемянных видов люпина. Он является важным источником сбалансированного, легкоусвояемого и экологически чистого белка. Содержание белка в семенах люпина в зависимости от сорта может составлять 32–37% [1, 2].

Культура отличается высокими кормовыми достоинствами и нетребовательностью к почвенному плодородию. Люпин обладает огромным биологическим, экологическим и экономическим потенциалом. При благоприятных почвенно-климатических условиях он способен формировать урожайность семян на уровне 3–4 т/га. Однако урожайность не устойчива, что сдерживает расширение его посевов.

Одними из важных факторов, которые обеспечивают стабильную урожайность зерна, являются среднесуточные температуры воздуха, которые должны составлять 15–17 °С, и осадки за период всходы – созревание – не менее 200–250 мм [3].

Поэтому своеобразие экологических условий зоны возделывания культуры предъявляет высокие требования к сортам, способным обеспечивать стабильную урожайность при неблагоприятных условиях внешней среды, и оценка сортов по продуктивности и экологической устойчивости актуальна.

Цель исследований – дать оценку продуктивности современных сортов люпина узколистного в зависимости от погодных условий года и выявить наиболее адаптивные к условиям возделывания в центральной зоне Кировской области.

Объектом исследования служили сортообразцы люпина узколистного универсального назначения (Смена, Белозерный 110, Брянский кормовой, Витязь, Узколистный 53), зернового использования (Надежда) и сидерального назначения (Сидерат 46), предоставленные селекционной лабораторией ВНИИ люпина (г. Брянск). За стандарт был принят сорт Витязь, районированный по Волго-Вятскому региону в 2011 году.

Экологические испытания проводили в 2020 и 2021 гг. на опытном поле ФГБНУ НИИСХ Северо-Востока.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая с невысоким содержанием гумуса (1,29%), среднекислой реакцией почвенного раствора ($pH_{\text{сол.}}$ 4,7–5,0), повышенной обеспеченностью подвижным фосфором (131,3 мг/кг) и средним обменным калием (107,5 мг/кг).

Площадь учётной делянки 1,5 м², размещение делянок рандомизированное. Предшественник – чистый пар.

Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения: 1 ц аммиачной селитры (34% д.в.), двойной суперфосфат (42% д.в.), хлористый калий (56% д.в.). Семена перед посевом обрабатывали препаратом симбиотических клубеньковых бактерий *Rhizobium lupine*, произведенным на кафедре ботаники и микробиологии Вятской ГСХА. Посев семян люпина узколистного узкорядный, проведён вручную 13 мая и 15 мая соответственно. Норма высева семян для сортов ветвистого морфотипа 1,3 млн., а сорта Надежда (колосовидного морфотипа) 2 млн. всхожих зерен на гектар.

При закладке опытов и проведении исследований руководствовались методикой опытного дела [4].

Метеорологические условия в годы проведения исследований резко различались по температурному режиму, количеству осадков и их распределению по фазам вегетации. 2020 г. отличался тёплой и влажной погодой в мае, что способствовало дружному появлению всходов, сухими и влажными периодами в летние месяцы и недостаточным температурным режимом в июне и августе. Сумма эффективных температур на конец августа составила 1327,9 °С, что близко к среднемноголетней величине. Сумма эффективных температур вегетационного периода 2021 г. превышала климатическую норму более чем на 200 °С и достигла к моменту уборки люпина 1580,5 °С. В мае превышение показателей среднемесячной температуры было 5,4 °С, в июне – 3,0 °С, в июле – 0,7 °С, в августе – 1,5 °С. Сумма осадков за период с мая по август составила 122,7 мм, что на 116,3 мм меньше климатической нормы, но

осадки выпадали в критические периоды роста люпина, что способствовало образованию семян и формированию их массы. Длина вегетационного периода в среднем за два года составила от 84 до 93 дней.

Анализ результатов зерновой продуктивности свидетельствует о существенном колебании урожайности каждого сорта люпина в зависимости от погодных условий. Люпин узколиственный резко реагирует на недостаток влаги в начальный период роста, а избыток их в конце генеративной фазы задерживает созревание семян и способствует израстанию некоторых сортов люпина. Поэтому недостаток тепла в июне и августе 2020 г. при дефиците осадков отразился на продуктивности всех изучаемых сортов люпина. В 2020 г. урожайность зерна была в 1,3–2,0 раза ниже, чем в год в 2021 г. (табл. 1), где она была выше 30 ц/га, а сорт Брянский кормовой смог достичь урожайности 41,3 ц/га.

Таблица 1

**Сравнительная оценка сортов люпина узколистного, ц/га
(2020–2021 гг.)**

№ варианта	Сорт	В среднем за 2 года			Различия со стандартом, %	Длина вегетационного периода, дней (среднее за 2 года)
		2020	2021	среднее		
1	Витязь (стандарт)	18,8	30,2	24,5	–	90
2	Смена	20,8	33,3	27,1	+10,6	90
3	Белозёрный 110	18,3	37,5	27,9	+13,9	92
4	Брянский кормовой	23,0	41,3	32,1	+31,0	93
5	Узколиственный 53	19,0	38,4	28,7	+17,1	90
6	Надежда	13,8	17,5	15,6	- 36,3	84
7	Сидерат 46	22,9	37,9	30,4	+24,1	84
	НСР ₀₅	4,1	11,5	4,7		

Ультраскороспелый сорт Надежда отличается быстрым прохождением фаз развития, поэтому в условиях сухой погоды он не смог сформировать высокую продуктивность. Урожайность сорта была самой низкой (табл. 1), в среднем за два года ниже стандарта на 8,9 ц/га. Достоверно выше сорта Витязь (стандарт) сформировали урожайность сорта Брянский кормовой и Сидерат 46.

Анализ основных структурных элементов урожайности показал, что наиболее изменчивыми показателями у люпина являются масса 1000 зерен и количество бобов на одно растение. Масса 1000 зёрен в большей степени определяется генотипом, но и значительный вклад в варьирование этого показателя вносят условия произрастания [5], то есть – погодные условия года.

Недостаток влаги и низкие среднесуточные температуры в период налива не позволили сформировать крупное зерно. Масса 1000 семян была на уровне минимальных значений, характерных для сорта и даже ниже у ряда сортов. В условиях 2021 г. сформировались полновесные зёрна (табл. 2).

**Показатели структуры урожая сортов люпина узколистного
в зависимости от погодных условий года
(результаты анализа пробных снопов)**

№ варианта	Количество бобов на растении		Количество зерен в бобе		Масса зерна с 1 растения, г		Масса 1000 семян, г	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
1	3,7	7,5	3,35	3,1	1,25	3,0	100	161,6
2	3,3	5,0	3,84	3,8	1,17	2,9	94,7	162,6
3	4,0	6,7	3,84	3,7	1,29	3,2	90,5	169,3
4	4,3	8,9	3,40	3,1	1,58	4,1	125,0	169,5
5	3,5	4,9	3,70	3,2	1,10	3,1	95	158,0
6	3,9	3,4	2,57	2,5	0,83	1,5	87	136,7
7	3,6	6,1	3,95	3,6	1,32	2,91	95,0	126,0

Оптимальный тепловой режим и выпавшие во второй половине июля 2021 года осадки способствовали дополнительному боковому ветвлению у сортов люпина ветвистого морфотипа и образованию бобов, особенно у сортов Витязь и Брянский кормовой. В сравнении с 2020 годом количество бобов на 1 растение увеличилось в 1,4–2 раза. Исключением является ультраскороспелый колосовидный сорт Надежда, для которого этот показатель был достаточно постоянным.

Число семян в бобе является более стабильным показателем. Однако в 2021 г. среднее количество зерен в бобе было ниже, что обусловлено формированием на боковых ветвях 3 и 4 порядков бобов с одним или двумя крупными семенами.

Коэффициенты корреляции между урожайностью и количеством бобов на 1 растение составляет 0,81, с массой 1000 семян – 0,82.

Соответственно с увеличением массы 1000 семян и количеством бобов на растении увеличилась масса зерна с одного растения и урожайность с площади. Таким образом, колебания в урожайности зависят в большей мере от высокой изменчивости элементов структуры урожая в определённых погодных условиях. Анализ адаптивного потенциала, проведённый по методике Мироновского НИИ селекции пшеницы [6], показал высокий адаптивный потенциал у изучаемых сортов (1,02–1,21) за исключением сортов Надежда и Витязь (0,59 и 0,92 соответственно).

Результаты двухлетних исследований продемонстрировали, что изучаемые сорта люпина узколистного за исключением раннеспелого сорта Надежда являются перспективными для условий центральной зоны Кировской области. Наибольшая урожайность, достоверно превышающая стандарт, была получена у сорта универсального назначения Брянский кормовой и сидерального назначения Сидерат 46–32,1–30,4 ц/га, при 24,5 ц/га у стандарта Витязь.

Библиографический список

1. Такунов И. П. Люпин в земледелии России. Брянск : Придесение, 1996. 372 с.
2. Соснина И. Д. Агробиологические особенности и эффективность возделывания люпина узколистного // Агроэкологические аспекты адаптивно-ландшафтного земледелия и органическое вещество пахотных почв Предуралья. Пермь : Пермский НИИСХ, 2006. С.187–190.
3. Инновационный опыт производства кормового люпина. М. : ФГБНУ «Росинфор-магротех», 2012. 80 с.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки). М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Яговенко Т. В., Пихомова Л. И., Денисенко Л. М. Влияние загущения люпина узколистного на продуктивность растений // Кормопроизводство. 2005. № 6. С. 19–20.
6. Результаты оценки образцов люпина в условиях Центрально-Чернозёмного региона / В. Н. Наумкин, Л. А. Наумкина, А. И. Артюхов, М. И. Лукашевич, П. А. Агеева // Кормопроизводство. 2011. № 6. С. 24–26.

ВЛИЯНИЕ ФИТОФАГОВ И ФИТОПАТОГЕНОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС ЛИСТЬЕВ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

С. В. Пестов^{1,2}, *А. П. Софронов*³, *А. С. Шутова*¹, *Н. С. Харина*¹,
*С. Ю. Огородникова*²

¹ *Вятский государственный университет, atylotus@mail.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, svetao_05@mail.ru*

³ *Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого, plod-niish@yandex.ru*

В статье приводятся данные о степени биоповреждения листьев плодово-ягодных культур фитофагами и фитопатогенами. Представлены сведения о содержании фотосинтетических пигментов и продуктов перекисного окисления липидов в листьях с биоповреждениями. Показано, что интенсивность изменений физиолого-биохимических показателей зависит от степени повреждения листьев, вида растений и фитофага/фитопатогена.

Ключевые слова: плодово-ягодные растения, галловые клещи, минирующая моль, мучнистая роса, хлорофиллы, каротиноиды, перекисное окисление липидов.

Селекция культурных растений на устойчивость болезням и вредителям является важным направлением селекционной деятельности, поскольку способствует минимизации потерь урожая, снижает пестицидную нагрузку на окружающую среду и повышает экономическую эффективность возделывания сельскохозяйственных культур. Реакция на действие фитопатогенов и фитофагов может проявляться на разных уровнях. На популяционном уровне её можно оценить по снижению биопродуктивности насаждений. На организменном – по изменению морфологических характеристик отдельных орга-

нов и тканей. На физиолого-биохимическом уровне наиболее показательными являются содержание фотосинтетических пигментов и интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ). Содержание хлорофиллов определяет интенсивность накопления органического вещества. Накопление каротиноидов и малонового диальдегида являются показателями уровня биотического стресса. Изменение содержания этих биологически активных веществ проявляются уже на начальных стадиях развития фитопатогенного процесса, могут служить индикаторами его развития и использоваться в качестве показателей устойчивости растений к вредителям и болезням.

Исследования проводили в г. Кирове на базе экспериментального сада ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Материал собирали во второй декаде июля. Предварительно идентифицировали виды фитопатогенных организмов и оценивали долю повреждённых листьев в процентах разными группами вредителей и болезней. Была оценена повреждаемость 18 видов плодово-ягодных культур (табл. 1) растений. Дальнейшую оценку физиолого-биохимических изменений проводили на примере повреждений характеризующихся наибольшей интенсивностью; патогенные организмы, их вызывающие идентифицированы до вида.

Листья для определения содержания фотосинтетических пигментов отбирали в первой половине дня. Пробы листьев массой 0,15–0,25 г фиксировали кипящим 100%-ным ацетоном. Экстрагировали пигменты ацетоном. Содержание хлорофиллов а и б определяли при длинах волн 662 и 644 нм соответственно [1]. Накопление каротиноидов оценивали путем регистрации оптической плотности при длине волны 470 нм [2].

Интенсивность окислительных процессов в клетках оценивали по накоплению одного из продуктов перекисного окисления липидов – малонового диальдегида (МДА). Уровень МДА определяли спектрофотометрически по образованию окрашенного комплекса с тиобарбитуровой кислотой [3]. Фотометрические измерения выполнены на спектрофотометре ПЭ-5300 ВИ (Экротех, Россия).

В ходе проведения исследования нами отмечено повреждение листьев плодово-ягодных культур пятью группами вредителей и фитопатогенными грибами. Выявлены также две группы, не связанные непосредственно с биологическими повреждениями листьев: некрозы и хлорозы (табл. 1). Наиболее широко распространены повреждения листогрызущими насекомыми: гусеницами бабочек и пилильщиков, а также имаго и личинками жуков листоедов и долгоносиков. Сильнее всего ими повреждались жимолость, черноплодная рябина и яблоня. Минирующими молями (*Stigmella sorbi*) сильно повреждены листья рябины. Черемуха повреждалась гусеницами минирующей моли *Lyonetia clerkella*. Галловыми клещиками (*Eriophyes mali*) повреждены от 10 до 30% листьев яблони. Тли повреждают жимолость и яблоню. Грибы, вызывающие пятнистости, отмечались на яблоне, черемухе, вишне и черной смородине. Мучнистая роса (*Microsphaera palczewskii*) сильно повреждает листья караганы. Хлорозы и некрозы вызываются факторами не всегда понятной

этиологии. Это могут быть несбалансированность минерального питания, механические повреждения в результате охлестывания ветвями. Они могут быть связаны с повреждением других частей растений вредителями и болезнями, поражающими систему транспорта воды и метаболитов. Например, у красной смородины это может быть связано с повреждением побегов гусеницами стеклянницы (*Synanthedon tipuliformis*).

Таблица 1

Интенсивность повреждения листьев плодово-ягодных культур вредителями и болезнями, %

Вид растения	Группа повреждений							
	галлообразовани е	мины	листогры- зущие насекомые	поврежде- ние тлей	пятни- стости	мучнистая роса	хлорозы	некрозы
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Барбарис обыкновенный (<i>Berberis vulgaris</i>)	–	–	–	–	–		40	–
Бузина красная (<i>Sambucus racemosa</i>)	–	–	5	–	–		–	–
Вишня кустарниковая (<i>Prunus fruticosa</i>)	–	6	10	–	5		–	–
Гортензия метельчатая (<i>Hydrangea paniculata</i>)	–	–	5	–	–		–	–
Жимолость голубая (<i>Lonicera caerulea</i>)	–	–	5–30	25–60	–		–	–
Карагана древовидная (<i>Caragana arborescens</i>)	–	–	–	–	–	70	–	–
Крыжовник обыкновенный (<i>Ribes uva-crispa</i>)	–	–	–	–	–		0,4	–
Курильский чай кустарниковый (<i>Dasi-phora fruticosa</i>)	–	–	–	–	–		–	–
Малина обыкновенная (<i>Rubus idaeus</i>)	–	–	0,15	–	–		0,3	0,05
Облепиха крушиновидная (<i>Hippophae rhamnoides</i>)	–	–	–	–	–		–	–
Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i>)	–	95	5	–	–		–	–
Рябинник рябинолистный (<i>Sorbaria sorbifolia</i>)	–	–	–	–	–		–	–

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Смородина красная (<i>Ribes rubrum</i>)	–	–	1	–	–		25	–
Смородина черная (<i>Ribes nigrum</i>)	–	–	0,5	–	12		0,5	0,05
Черемуха виргинская (<i>Prunus virginiana</i>)	–	20	5	–	–		–	–
Черемуха обыкновенная (<i>Prunus radus</i>)	–	0,05	1	–	0,02		50	5
Рябина черноплодная (<i>Aronia melanocarpa</i>)	–	–	5–20	–	5		–	–
Яблоня домашняя (<i>Malus domestica</i>)	10–30	1	10	20	15		–	1

Установлено, что повреждение плодовых кустарников (рябина и черемуха виргинская) минирующей молью приводит к изменению в пигментном комплексе листьев (рис. 1А). Выявлена сходная тенденция изменений состава пигментов в листьях растений разных видов. В листьях, поврежденных минирующей молью, отмечали снижение уровня хлорофиллов, по сравнению со здоровыми листьями. Среди зеленых пигментов хлорофилл а отличался большей чувствительностью к повреждению листьев членистоногими. Степень изменений в пигментном комплексе зависела от интенсивности повреждении листьев насекомыми. Минимальное содержание фотосинтетических пигментов (40% от уровня здоровых листьев) отмечено в листьях рябины, которые было очень сильно повреждены минирующей молью (интенсивность повреждений достигала 95%) (табл. 1). В поврежденных листьях рябины отмечено повышенное содержание МДА (табл. 2), в 1,4 раза выше, чем в здоровых листьях. Рост содержания МДА свидетельствует о том, что повреждение листьев насекомыми индуцирует активацию окислительных процессов в клетках.

В листьях черемухи виргинской, поврежденных минирующей молью, уровень хлорофилла а был снижен на 35%, хлорофилла б и каротиноидов на 20%, по сравнению с неповрежденными листьями (рис. 1Б). Интенсивность процессов ПОЛ в листьях, заселенных членистоногими, была ниже на 20%, чем в здоровых листьях. Низкий уровень окислительных процессов в листьях, поврежденных насекомыми, по-видимому, обусловлен видовыми особенностями черемухи виргинской и невысокой интенсивностью повреждения минирующей молью.

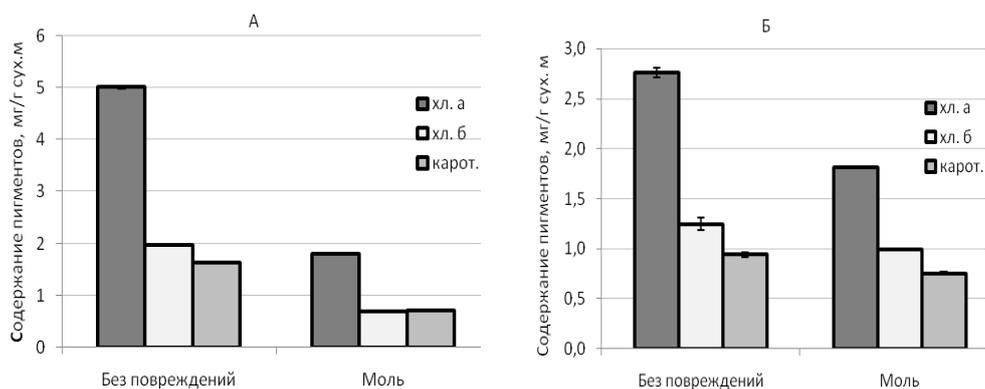


Рис. 1. Содержание пигментов в листьях рябины обыкновенной (А) и черемухи виргинской (Б), поврежденных минирующей молью

Таблица 2

Содержание малонового диальдегида в листьях плодово-ягодных культур, поврежденных фитофагами

Вид	Фитофаг/ фитопатоген	Содержание МДА, нмоль/г сырой массы	
		здоровые листья	поврежденные листья
Рябина обыкновенная	минирующая моль	152±11	221±4
Черемуха виргинская	минирующая моль	453±34	365±21
Яблоня домашняя	клещик	110±9	96±8
Карагана древовидная	мучнистая роса	53±2	48±1

Установлено, что галловые клещи не оказывают негативного влияния на пигментный комплекс листьев яблони. Содержание хлорофиллов а и б в листьях, заселенных клещом, было выше в 1,1 раза, чем в здоровых листьях (рис. 2). Отмечали повышенный уровень каротиноидов в поврежденных листьях. Известно, что каротиноиды выполняют в листе протекторную функцию. По-видимому, накопление каротиноидов в листьях направлено на адаптацию к действию галловых клещей. Ранее мы отмечали подобные реакции древесных растений на заселение галловыми клещами [4]. Интенсивность окислительных процессов, которую оценивали по накоплению МДА, не изменялась при заселении листьев яблони галловыми клещами.

Многие лиственные породы, кустарники, плодовые растения поражаются грибными заболеваниями. Мучнистая роса – инфекционная болезнь растений, которую вызывают микроскопические эктопаразитические грибы. На исследуемой территории 70% листьев караганы были покрыты белым мучнистым налетом, который представляет собой мицелий и споры возбудителя мучнистой росы. В листьях караганы, пораженных фитопатогенными грибами, содержание фотосинтетических пигментов было значительно ниже, чем в здоровых (рис. 3). В равной степени, на 30%, снижалось накопление хлорофиллов а и б в поврежденных листьях. Каротиноиды были более устойчивы к заражению листьев грибковой инфекцией, количество желтых пигментов в поврежденных листьях было меньше на 20%, по сравнению со здоровыми ли-

стями. Интенсивность процессов ПОЛ в клетках не изменялась при поражении листьев караганы мучнистой росой (табл. 2).

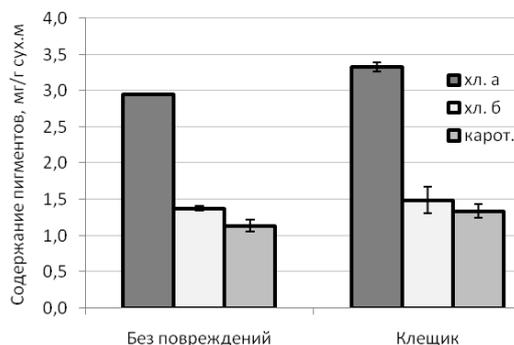


Рис. 2. Содержание пигментов в листьях яблони, поврежденных галловым клещиком

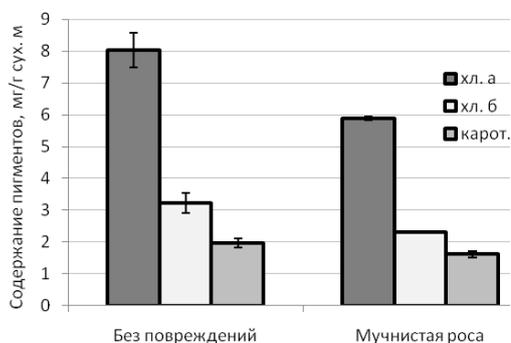


Рис. 3. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях караганы, поврежденных мучнистой росой

Таким образом, на исследованной территории отмечено повреждение листьев плодово-ягодных культур пятью группами вредителей и фитопатогенными грибами. Установлено, фитопатогены и фитофаги индуцируют изменения в пигментном комплексе растений, оказывают влияние на интенсивность процессов ПОЛ. Поражение листьев минирующей молью вызывает снижение уровня пластидных пигментов, интенсивность которого определяется степенью повреждения листьев. В листьях рябины, которые были очень сильно повреждены насекомыми, отмечено максимальное снижение содержания фотосинтетических пигментов и возрастание интенсивности процессов ПОЛ. Заражение листьев караганы фитопатогенными грибами (мучнистой росой) также негативно сказывалось на содержании пигментов, уровень которых снижался на 20–30%. Повреждение листьев яблони галловыми клещиками не оказывало негативного влияния на пигментный комплекс и интенсивность процессов ПОЛ, что возможно обусловлено невысокой интенсивностью повреждений листьев и видовыми особенностями.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздей-

ствия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.

Библиографический список

1. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes // *Methods in Enzymology*. 1987. Vol. 148. P. 350–382.
2. 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.
3. Лукаткин А. С., Голованова В. С. Интенсивность перекисного окисления липидов в охлажденных листьях теплолюбивых растений // *Физиология растений*. 1988. Т. 35, № 4. С. 773–780.
4. Pestov S. V., Ogorodnikova S. Yu. Status of the Photosynthetic Apparatus of Woody Plants Damaged by Gall Mites // *Biology Bulletin*. 2020. Vol. 47, № 10. P. 148–153. doi:10.1134/S1062359020100179

ВЛИЯНИЕ СТРЕССОВЫХ ТЕМПЕРАТУР НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ЛИСТЯХ КУКУРУЗЫ

А. А. Галкина, А. С. Лукаткин
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»,
nasty.galkina98@yandex.ru

В статье описано влияние стрессовых температур на растения кукурузы и показано их негативное влияние на рост, развитие и продуктивность. Одним из критериев температурного стресса является изменение активности фермента каталазы. Проведено сравнение устойчивости гибридов кукурузы к стрессовым температурам по активности каталазы.

Ключевые слова: кукуруза, температура, абиотический стресс, каталаза.

Изменения климата приводят к ухудшению экологической обстановки, повышая уязвимость растений различными абиотическими стрессами, которые снижают их рост, продуктивность и в целом выживание. Абиотические стрессы, такие как засуха, засоление, холод, высокие температуры и токсичность ксенобиотиков, являются основной причиной значительного падения продуктивности сельскохозяйственных культур в мире, снижая ожидаемую среднюю урожайность основных культур более чем на 50% [1].

Растения постоянно подвергаются воздействию изменений условий окружающей среды. Эволюционные изменения способствовали растениям адаптироваться к различным неблагоприятным условиям. Некоторые виды проявляют заметное повышение устойчивости к ряду абиотических стрессов по сравнению с другими [2]. Из-за глобального потепления и сопровождающих его климатических аномалий частота комбинированных биотических и абиотических стрессов значительно увеличилась, что привело к снижению

роста и урожайности основных сельскохозяйственных культур. Подобные изменения окружающей среды оказывают негативное влияние на экономически важные культуры, в том числе кукурузу [1, 2].

На сегодняшний день кукуруза является одной из важнейших зерновых культур, которая возделывается повсеместно. Она является основным продуктом питания во многих частях мира: употребляется в пищу людьми, используется в качестве корма для животных, также из нее изготавливают кукурузный сироп и кукурузный крахмал [2]. В связи с высокой потребностью производство кукурузы значительно возросло как в развивающихся, так и в развитых странах [2]. В России по состоянию на октябрь 2021 г. кукуруза на зерно обмолочена с площади 1,6 млн га, намолочено 8,6 млн тонн [3].

Абиотические стрессы являются основными факторами окружающей среды, которые негативно влияют на производство кукурузы. В частности, интенсивное заболачивание, экстремальные температуры и засуха существенно влияют на урожайность кукурузы. Растения должны справляться с различными абиотическими стрессами; в этих условиях накопление некоторых метаболитов регулирует реакцию растений на абиотические и биотические стрессы, таким образом защищая растения от множественных стрессов.

Возникновение абиотических стрессов (в отдельности или одновременно) сопровождается перепроизводством активных форм кислорода (АФК) в растительных клетках, что является серьезной проблемой для оптимального роста и продуктивности растений. Такие АФК, как супероксидный анион-радикал ($\bullet\text{O}_2^-$), пероксид водорода (H_2O_2), гидроксильный радикал ($\bullet\text{OH}$), синглетный кислород ($^1\text{O}_2$), пероксирадикал ($\text{ROO}\bullet$) и алкоксильные радикалы ($\text{RO}\bullet$), производятся в растительной клетке в пределах пороговой концентрации при нормальных условиях окружающей среды. Однако экстремальные внешние условия вызывают чрезмерное образование АФК [1]. Поэтому изучение основных механизмов сигнальных путей АФК имеет большое значение для смягчения реакции на стрессы в текущих и будущих климатических сценариях, а также для сохранения устойчивости и продуктивности растений, имеющих большое экономическое значение [1, 2].

Для того, чтобы оценить реакцию генотипов культурных растений на действие стрессора, необходимо иметь адекватные методы оценки степени изменений физиологических, биохимических и других параметров функционирования растения. С этой целью разработаны различные методы оценки устойчивости растений к тем или иным стрессовым факторам окружающей среды, одним из которых является определение активности фермента каталазы.

Каталаза широко распространена в растительных тканях; она утилизирует пероксид водорода и тем самым является передовой линией защиты от токсического действия АФК. Каталаза (вместе с супероксиддисмутазой) сводит концентрацию супероксидного анион-радикала и пероксида водорода в клетке до минимума, и не позволяет им реагировать с образованием гидроксильного радикала. Сущность каталитического действия каталазы состоит в разложении пероксида водорода с выделением молекулярного кислорода. Ре-

акция с участием каталазы требует двух молекул перекиси, из которых одна действует как донор, а другая как акцептор электронов. В живых тканях помимо каталазы перекись разлагается и пероксидазой. Однако было доказано, что каталаза выполняет каталитическую функцию независимо от присутствия пероксидазы. В отличие от пероксидаз, которые функционируют только при относительно низком уровне пероксида, каталаза способна эффективно работать при его высокой концентрации [4].

В работе использовали семена двух линий кукурузы. РОСС 199 МВ – двойной межлинейный гибрид кукурузы, относится к группе раннеспелого типа с вегетационным периодом 96–97 дней. Высота растения 2–2,5 м, число листьев 12–14. Масса 1000 зерен – 290–320 грамм. К особенностям гибрида можно отнести хорошую холодостойкость, пластичность, высокую потенциальную продуктивность [5]. Каскад 166 АСВ – раннеспелый простой модифицированный гибрид кукурузы. Растения высокие, 220–240 см, хорошо облиственные, практически не кустятся. Стебель ровный, по толщине средний. Масса 1000 зерен – 230–250 грамм. Холодостойкость гибрида средняя, засухоустойчивость выше средней [6].

Эксперименты по изучению влияния высоких и пониженных температур проводили на молодых растениях кукурузы гибридов РОСС 199 МВ и Каскад 166 АСВ, выращенных в течение 14 дней в сосудах с почвой (среднесуглинистый деградированный чернозем) в факторостатируемых условиях: освещенность люминесцентными лампами около 2000 лк, фотопериод 16/8 ч (день/ночь), температура 23 °С. Сосуды с растениями разделяли на 3 группы и помещали на 24 ч в разные условия: первая группа находилась при температуре 23 °С (контроль), вторая – при температуре 43 °С (повышенная температура), третья – при температуре 3 °С. Сразу после окончания температурного воздействия измеряли активность фермента каталазы по разложению H_2O_2 на спектрофотометре UV mini-1240 по методике [7]. Активность рассчитывали в ммоль/(г навески × мин) с использованием коэффициента молярной экстинкции $\varepsilon = 39,4 \text{ мМ}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

Опыты проводили 3 раза, в каждом определении использовали не менее 3 растений. Статистическую обработку результатов проводили по стандартным биометрическим методам. Достоверность различий с контролем определяли по t-критерию Стьюдента при $P = 0,05$.

В ходе исследования было выявлено, что у молодых гибридов кукурузы после температурного стресса активность каталазы варьировала (рис.).

После 24-часового действия температуры 3 °С активность фермента существенно (более чем в 2 раза) возросла по сравнению с контролем у гибрида РОСС 199 МВ, тогда как у гибрида Каскад 166 АСВ – не столь значительно (на 15,6%). Вероятно, это отражает генетически детерминированную холодоустойчивость исследованных линий кукурузы. Гибрид РОСС 199 МВ, обладая хорошей холодостойкостью, реагировал на действие пониженной температуры возрастанием активности каталазы, снижая уровень H_2O_2 и тем самым выравнивая общий прооксидантный гомеостаз организма. У менее хо-

лодоустойчивого гибрида Каскад 166 АСВ активность каталазы в стрессовых условиях пониженной температуры возростала незначительно. Повышение активности каталазы может быть обусловлено включением защитных механизмов в клетке, осуществляющих утилизацию генерирующегося в ходе стресса пероксида водорода [7].

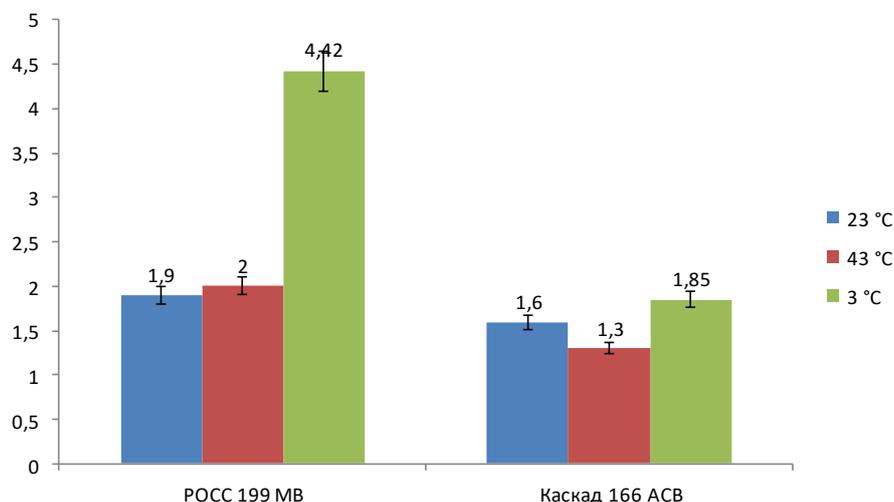


Рис. Активность каталазы у растений гибридов кукурузы РОСС 199 МВ и Каскад 166 АСВ после 24-часового воздействия неблагоприятных температур

Активность фермента каталазы у гибридов кукурузы при воздействии повышенных температур достоверно не возростала. Это можно объяснить тем, что молодые растения кукурузы обладают довольно высокой жаростойкостью, или сопротивление растений к стрессовым высоким температурам имеет иные механизмы.

Таким образом, на основании изменений активности каталазы можно заключить, что наибольшую устойчивость к пониженным температурам показал гибрид кукурузы РОСС 199 МВ, однако к комплексу стрессовых температур – гибрид Каскад 166 АСВ, проявивший большую однородность значений в сравнении с контролем.

Библиографический список

1. Abiotic stress and reactive oxygen species: generation, signaling and defense mechanisms / S. Sachdev, S. Akhtar Ansari, M. I. Ansari, M. Fujita, M. Hasanuzzaman // *Antioxidants*. 2021. Vol. 10. P. 277. Doi.org/10.3390/antiox10020277
2. Kimotho R. N., Baillo E. H., Zhang Z. Transcription factors involved in abiotic stress responses in Maize (*Zea mays* L.) and their roles in enhanced productivity in the post genomics era // *PeerJ*. Vol. 7. P. 7211. Doi.org/10.7717/peerj.7211
3. Уборочная компания 2021 в РФ по областям [Электронный ресурс]. – URL: <https://zerno.ru/node/15239> (дата обращения: 20.10.2021).
4. Каталазная активность в листовом аппарате у семян березы повислой разных форм (*Betula pendula* Roth): var. *pendula* и var. *carelica* (Mercklin) / К. М. Никерова, Н. А. Галибина, Ю. Л. Мощенская, Л. Л. Новицкая, М. Н. Подгорная, И. Н. Софронская // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. № 11. С. 68–77. doi: 10.17076/eb460
5. Кукуруза гибрид РОСС 199 МВ [Электронный ресурс]. – URL: <https://agrus.ru/ross-199> (дата обращения: 20.10.2021).

6. Кукуруза гибрид Каскад 166 ABC [Электронный ресурс]. – URL: <https://agrobursa.ru/gazeta/sorta-gibridy/2013/02/04/kukuruza-gibrid-kaskad-166-avs.html> (дата обращения: 20.10.2021).

7. Лукаткин А. С. Вклад окислительного стресса в развитие холодового повреждения в листьях теплолюбивых растений. 2. Активность антиоксидантных ферментов в динамике охлаждения // Физиология растений. 2002. Т. 49, № 6. С. 878–885.

ВЛИЯНИЕ ПРОЛОНГИРОВАННОГО γ -ИЗЛУЧЕНИЯ В ДОЗАХ ДО 1 Гр НА ОСНОВНЫЕ ТЕСТ-СИСТЕМЫ *TRADESCANTIA* (клон 02)

А. А. Хомиченко

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

Изучалось влияние пролонгированного γ -излучения на разные типы нарушений в волосках тычиночных нитей у *Tradescantia* (клон 02) в дозах до 1 Гр. Показано, что при отличиях в характере наблюдаемых ответов, между ними наблюдается некоторое сходство, что, по-видимому, обусловлено связью между процессами, ведущими к формированию изучаемых радиоиндуцированных эффектов.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, γ -радиация, *Tradescantia* (клон 02), розовые мутации, белые мутации, генетические нарушения, морфологические аномалии, фитогормоны, малые дозы.

Интенсивное развитие ядерной энергетики ведёт к росту числа и площади территорий с повышенным радиационным фоном, соответственно, все большее количество биоценозов попадает в область влияния ионизирующего излучения, что требует пристального внимания и определяет экологическую значимость проблемы. Спектр нарушений, вызываемых ионизируемым излучением, включает в себя различные генетические, тератогенные и многие другие эффекты. Модельный объект *Tradescantia* (клон 02), широко используемый для изучения состояния окружающей среды, известен своей чувствительностью к облучению в малых дозах и позволяет выявлять различные типы радиационно-индуцированных нарушений [1–5]. Целью работы было сравнение ответов основных тест-систем *Tradescantia* на низкоинтенсивное γ -облучение от источника с ^{226}Ra в дозах до 1 Гр.

Показано, что зависимость частоты розовых мутаций от уровня накопленных доз γ -радиации носит сложный характер. При отсутствии пропорциональной зависимости уровня розовых мутаций от величины доз ионизирующего облучения, в целом, с ростом доз ионизирующего излучения частота розовых клеток последовательно возрастала. Значение каждого максимума и минимума на полученной дозовой кривой было выше предыдущего.

Характер зависимости частоты белых мутаций и морфологических аномалий от величины накопленных доз качественно отличался от зависимости для розовых мутаций. При их заметном росте относительно контрольного

уровня, отсутствовал последовательный рост учитываемых нарушений для максимумов и минимумов на полученных дозовых кривых. Таким образом, при облучении в меньших дозах имеет место скорее только тенденция к росту числа фиксируемых белых мутаций и морфологических дефектов (рис.). Величины доз, ведущие к максимумам на дозовых кривых для белых мутаций и морфологических аномалий, не совпадали как друг относительно друга, так и для зависимости, полученной для розовых клеток.

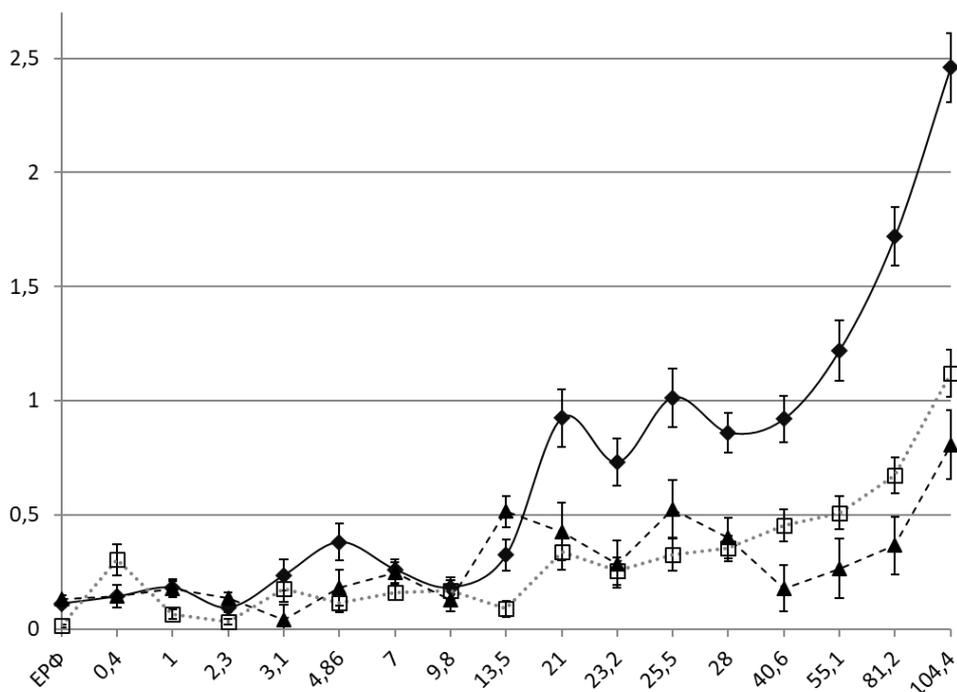


Рис. Уровень генетических (—), морфологических аномалий (---) и белых мутаций (····) в волосках тычиночных нитей *Tradescantia (clon 02)* при действии ионизирующей радиации в дозах до 1 Гр.
Ось абсцисс – уровень γ -излучения (сГр),
ось ординат – уровень нарушений (%)

Если розовые мутантные события принято относить к собственно генетическим мутациям, то появление белых мутаций и морфологических аномалий связывают преимущественно с нарушением развития клеток, в частности, пластид и их пигментов у белых клеток [2, 3]. Хотя клетки с морфологическими аномалиями являются разными типами нарушений, очевидна связь между событиями, ведущими к их образованию. Значительная часть белых клеток обладает нарушениями в морфологии, хотя каждый тип нарушений является редким событием. Можно сказать, что первичные нарушения, вызываемые облучением, с большой вероятностью ведут к появлению как белых мутаций, так и морфологических аномалий.

Меристоматические центры растений являются областью, в клетках которой возникают фиксируемые цитогенетические нарушения и являются их критическими тканями [6–8]. Их ответы на γ -радиацию определяют характер радиобиологических эффектов, при этом меристемы являются основным ис-

точником и местом синтеза фитогормонов. В среде составляющих ее недифференцированных и слабодифференцированных клеток формируются морфологические аномалии и белые мутации.

Поддержание стабильности генома чрезвычайно важно для выживания клетки и её пролиферации. Вне покоящегося состояния эта стабильность весьма уязвима к неблагоприятным факторам среды и требует высокого уровня координации пролиферативных процессов с состоянием внешней среды [6–8]. Механизмы, обеспечивающие поддержание целостности генома, требуют для своей реализации цитоплазматических индукторов гормональной природы [8, 9].

Е. Р. Виленский, говоря о роли фитогормонов в развитии радиационного поражения растений, отмечал, что изменения в гормональном балансе могут играть ключевую роль в механизмах становления мутантных событий и процессах спонтанного и индуцированного мутагенеза [10]. Ранее было показано, что облучение в малых дозах оказывает сильнейшее влияние на содержание основных групп фитогормонов, уровень которых может меняться в процессе облучения в разы и десятки раз [11]. Такие ответы гормональной системы на облучение могут быть причиной нарушения кинетики клеточного цикла и надлежащей дифференцировки клеток.

Облучение в малых дозах затрагивает механизмы, влияющие на весь клеточный метаболизм цветочных меристем и прилегающих к ним пролиферирующих тканей. Все типы радиоиндуцируемых нарушений объединены как местом формирования, так и активностью факторов, ведущих к их возникновению. Однако, вероятно, их становление при облучении в дозах до 0,5 Гр обеспечивается различными механизмами, что ведет к качественным отличиям в ответах всех трех тест-систем на облучение. Интересно, что все тест-системы связывает переход к пропорциональной зависимости учитываемых нарушений от уровня γ -излучения при дозах выше 0,4–0,5 Гр, то есть, к области «больших» доз. Таким образом, пути формирования радиобиологических эффектов в этой области доз обладают определённой общностью.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Библиографический список

1. Ichikawa S. Somatic mutation at low levels of chronic gamma-ray exposures in *Tradescantia* stamen hairs // Japan. J. Genetics. 1971. Vol. 46. No. 6. P. 371–381.
2. Mericle L. W., Hazard R. M. Stamen hair initiation and development in *Tradescantia*, clone 02 // Environ. Exp. Bot. 1980. Vol. 20. P. 233–241.
3. Mericle R. P., Mericle L. W. Resolving the enigma of multiple mutant sectors in stamen hairs of *Tradescantia* // Genetics. 1973. Vol. 73. P. 575.
4. Sparrow A. H., Udenbrink A. G., Ross H. H. Mutations induced in *Tradescantia* by small doses of X rays and neutrons: analysis of dose-response curves // Science. 1972. Vol. 176. P. 916–918.
5. Underbrink A. G., Schairer L. A., Sparrow A. H. Chemical mutagens: principles and methods for their detection / Hollaender A (ed) // Plenum Press, New York. 1993. Vol. 3. P. 71–207.

6. Komaki S., Sugimoto K. Control of the Plant Cell Cycle by Developmental and Environmental Cues. *Plant Cell Physiol.* 2012. Vol. 53. P. 953–964. doi: 10.1093/pcp/pcs070
7. The SCARECROW gene regulates an asymmetric cell division that is essential for generating the radial organization of the *Arabidopsis* root / L. D. Laurenzio, J. Wysocka-Diller, J. E. Malamy, L. Pysh, Y. Helariutta, G. Freshour et al. // *Cell.* 1996. Vol. 86. P. 423–433. doi: [https://doi.org/10.1016/S0092-8674\(00\)80115-4](https://doi.org/10.1016/S0092-8674(00)80115-4)
8. Francis D., Sorrell D. A. The interface between the cell cycle and plant growth regulators: a mini review // *Plant Growth Regulation.* 2001. Vol. 33. P. 1–12.
9. Гамбург К. З. Фитогормоны и клетки. М. : Наука, 1970. 104 с.
10. Виленский Е. Р. Роль гормонов в радиационном поражении растений // *Радиобиология.* 1987. Т. 27, № 5. С. 663–665.
11. Гормональные и генетические эффекты, индуцированные облучением в малых дозах у *Tradescantia* (клон 02) / А. А. Хомиченко, И. В. Скоробогатова, Н. П. Карсункина, В. Г. Зайнуллин // *Радиационная биология. Радиэкология.* 2007. Т. 47, № 5. С. 578–583.

ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ И СОДЕРЖАНИЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ В ЛИСТЬЯХ *EPIRACTIS ATRORUBENS* НА ОТВАЛАХ АНАТОЛЬСКО-ШИЛОВСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АСБЕСТА

***А. В. Елькина, Н. В. Чукина, М. Г. Малева, Е. И. Филимонова,
Г. Г. Борисова***

*Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, nady_dicusar@mail.ru*

В статье представлены данные об уровне перекисного окисления липидов и содержании низкомолекулярных антиоксидантов у *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess, произрастающей на отвалах серпентинитовых пород после добычи асбеста. Высказано предположение о том, что усиление синтеза таких компонентов антиоксидантной системы как каротиноиды и растворимые тиолы способствует натурализации изученной орхидеи в техногенно нарушенных местообитаниях.

Ключевые слова: орхидные, техногенно нарушенные местообитания, окислительный стресс, низкомолекулярные антиоксиданты.

Растения семейства Orchidaceae Juss., произрастающие на территории России, насчитывают более 130 видов, каждый третий является редким видом, занесенным в Красную книгу России. В связи с сокращением естественных местообитаний в условиях существенного роста антропогенной деятельности некоторые виды орхидей заселяют техногенно нарушенные экотопы [1–3].

Одним из таких видов является *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess (дремлик темно-красный) – короткокорневищный травянистый многолетник, кальцефил, ксеромезофит, произрастающий в сухих и светлых местообитаниях, в лесах и на лугах [4]. На Урале распространен на карбонатных

породах, известняковых скальных обнажениях [5]. На территории Среднего Урала встречается редко, из-за высокой конкурентной среды популяции дремлика темно-красного в естественных лесных фитоценозах весьма мало-численны. В то же время *E. atrorubens* активно колонизирует техногенные субстраты [5, 6]. Обнаружено, что эта орхидея способна успешно поселяться на ранних стадиях сукцессии при самозарастании отвалов серпентинитовых пород, образованных при разработке месторождений асбеста на Среднем Урале [7–9]. К настоящему времени изучены анатомо-морфологические особенности растений *E. atrorubens*, параметры мезоструктуры листа, химического состава, а также степени его микоризных ассоциаций в неблагоприятных условиях серпентинитов [8, 9].

Важную роль в обеспечении устойчивости растений к абиотическому стрессу играет антиоксидантная система, функционирование которой во многом определяет не только способность противостоять негативным факторам среды, но и успешно адаптироваться к ним. В связи с этим все более актуальными являются исследования антиоксидантного статуса растений.

Цель настоящего исследования – сравнительный анализ уровня перекисного окисления липидов (ПОЛ) и содержания низкомолекулярных антиоксидантов в листьях растений *E. atrorubens* из естественных и трансформированных местообитаний для выявления адаптивных характеристик вида, способствующих колонизации неплодородных техногенных субстратов.

Отбор растительного материала проводили летом 2020 и 2021 гг. на территории обработанных Анатольско-Шиловских месторождений асбеста в районе поселка Новоасбест Свердловской области (Сайты 2–4). Карьерно-отвальный комплекс в основном сложен серпентинитами и частично – рыхлыми обломочными материалами и глиной [7]. В качестве фоновой ценопопуляции (ЦП) использовали растения из ненарушенной части соснового леса, расположенного с западной стороны от отвалов (Сайт 1).

Численность особей в ЦП *E. atrorubens* в нарушенных местообитаниях была существенно выше по сравнению с фоновой (табл. 1). На исследованных участках отвалов также отмечены более высокие показатели плотности популяции *E. atrorubens* (в среднем в 4,5 раза).

Таблица 1

Описание местообитаний *Epipactis atrorubens*

Местообитание	Описание
1	2
Сайт 1 (фон)	Ненарушенный лесной массив, расположенный с западной стороны от Анатольско-Шиловского месторождения асбеста. Древостой представлен преимущественно <i>Pinus sylvestris</i> L. возрастом около 100 лет, сомкнутость крон 0,6. <i>E. atrorubens</i> встречается небольшими группами по 2–10 особей, обнаружено около 30 шт., плотность 0,06 шт./м ² .
Сайт 2	Шиловский отвал, имеет 6 ярусов, высота до 80 м, площадь около 4050 га. Представлен многочисленными навалами, на которых формируется редколесье, субстрат сильнокаменистый. <i>E. atrorubens</i> растет от подножия до вершины, вдоль дорог, между камнями, под древесными породами, численность ЦП 189 шт., плотность 0,32 шт./м ² .

1	2
Сайт 3	Анатольский отвал, имеет 5 ярусов, высота до 70 м, субстрат сильно-каменистый. На выровненных участках произрастает <i>P. sylvestris</i> , на склонах – <i>Betula pendula</i> . <i>E. atrorubens</i> встречается единично или группами, численность ЦП 163 шт., плотность 0,33 шт./м ² .
Сайт 4	Южный отвал, имеет 4–5 ярусов, высота до 50 м, площадь 35 га. Рельеф ровный, поверхностный субстрат сложен уплотненными мелкими камнями, гравием. Древостой кривой и низкорослый, покрытие 30–35%, травянистый ярус почти отсутствует. Встречаются единичные растения <i>E. atrorubens</i> , численность ЦП 100 шт., плотность 0,17 шт./м ² .

Из каждой ЦП *E. atrorubens* были отобраны листья срединной формации с 4–6 генеративных особей. Для определения биохимических показателей (уровень ПОЛ, содержание растворимых белковых и небелковых тиолов, свободного пролина и каротиноидов) использовали стандартные методики спектрофотометрического анализа. Расчет интенсивности ПОЛ производили по количеству малонового диальдегида (МДА), как одного из основных продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой [10]. Содержание тиолов в листьях растений определяли с использованием реактива Элмана, расчет показателей производили по количеству восстановленного глутатиона [10]. Содержание свободного пролина определяли в водном экстракте с использованием ациднин гидринового реактива [11]. Определение содержания каротиноидов в листьях проводили после экстрагирования растительного материала в 80% растворе ацетона и рассчитывали по Н. К. Lichtenthaler [12]. Все биохимические показатели определяли в свежем растительном материале и пересчитывали на сухую биомассу. Для оценки достоверности различий использовали однофакторный дисперсионный анализ (one-way ANOVA). Достоверность различий оценивали с помощью критерия Тьюки при уровне значимости $p < 0,05$.

Как известно, серпентинитовые субстраты отличаются экстремальными физико-химическими свойствами: они содержат большое количество тяжелых металлов (ТМ), таких как никель, хром, кобальт, но при этом в них низкое содержание азота, фосфора, кальция и калия [13, 14]. Растения, произрастающие в таких условиях, нередко испытывают окислительный стресс в результате избыточного образования активных форм кислорода (АФК) и, как следствие, усиления процессов ПОЛ [15]. У растений *E. atrorubens* с Шиловского и Южного отвалов (Сайты 2 и 4) содержание МДА в листьях было выше (в среднем на 27%), чем у растений из фонового местообитания. Растения с Сайта 3 (Анатольский отвал) по уровню ПОЛ достоверно не отличались от фоновых растений (табл. 2).

**Интенсивность ПОЛ и содержание в листьях *Epiractis atrorubens*
низкомолекулярных антиоксидантов**

Параметр	Значение	Сайт 1	Сайт 2	Сайт 3	Сайт 4
МДА, нМ/г сухого веса	$X_{cp.} \pm m$	141,7±5,1 ^a	184,2±2,6 ^b	150,8±12,1 ^a	176,6±2,6 ^b
	lim	117,0–168,7	169,2–197,4	123,9–226,5	159,2–186,3
Белковые тиолы, мкМ/г сухого веса	$X_{cp.} \pm m$	3,02±0,23 ^a	3,49±0,08 ^a	4,20 ± 0,21 ^b	1,61±0,12 ^c
	lim	2,15–3,50	3,27–3,75	3,66–4,96	1,31–1,99
Небелковые тиолы, мкМ/г сухого веса	$X_{cp.} \pm m$	0,54±0,04 ^a	1,06 ± 0,10 ^b	1,28±0,11 ^b	0,71±0,07 ^a
	lim	0,40–0,66	0,71–1,38	0,94–1,77	0,51–0,98
Пролин, мг/г сухого веса	$X_{cp.} \pm m$	0,28±0,01 ^a	0,36±0,02 ^b	0,29±0,01 ^a	0,32±0,01 ^{ab}
	lim	0,36–0,32	0,30–0,51	0,25–0,51	0,30–0,34
Каротиноиды, мг/г сухого веса	$X_{cp.} \pm m$	0,78±0,04 ^a	0,77±0,03 ^a	0,93±0,03 ^b	0,80±0,03 ^a
	lim	0,55–1,12	0,60–0,95	0,80–1,14	0,62–0,90

Примечание: в таблице представлены средние арифметические значения ($X_{cp.}$)± стандартные ошибки (m), диапазон минимального и максимального значений (lim). Разными латинскими буквами отмечены достоверные различия между изученными популяциями.

Низкомолекулярные белки, содержащие SH-группы, а также небелковые тиолы (например, глутатион) также являются важными компонентами антиоксидантной системы растений. Эти соединения способны хелатировать ТМ, нейтрализовать АФК и непосредственно участвовать в блокировании свободнорадикальных цепных реакций [15]. Анализ количества SH-групп в белковых и небелковых фракциях в листьях *E. atrorubens* из фонового местообитания показал, что существенная их доля, более 80%, находилась в составе белков. В нарушенных местообитаниях доля белковых тиолов снижалась до 56% (на Сайте 4), при существенном увеличении доли небелковых тиолов. В среднем, содержание небелковых тиолов в листьях растений с отвалов было в 2 раза выше по сравнению с фоновыми растениями (табл. 2). Известно, что небелковые тиолы, основная часть которых приходится на восстановленный глутатион, активно участвуют в детоксикации ТМ, связывая их в неактивные комплексы в вакуолях клетки [16]. При этом содержание белковых тиолов достоверно увеличивалось только у растений из Сайта 3 (в 1,4 раза, табл. 2).

При действии различных стрессовых факторов в клетках растений усиливается защитная роль свободного пролина, поскольку он является не только осмолитиком, но и проявляет антиоксидантные функции. Эта иминокислота способна связывать ионы металлов с переменной валентностью и инактивировать АФК, а также влиять на активность антиоксидантных ферментов, уменьшая окислительный стресс. Имеются данные об усилении синтеза пролина в растениях в ответ на избыток металлов [17]. Однако достоверное возрастание свободного пролина было обнаружено лишь у растений *E. atrorubens* из Сайта 2 (в 1,3 раза).

Известно, что такие низкомолекулярные антиоксиданты, как каротиноиды играют существенную роль в антиоксидантной защите растения особенно при интенсивной солнечной радиации, благодаря непосредственному взаимодействию с синглетным кислородом. Кроме того, они выполняют важную фотопротекторную функцию, защищая молекулы хлорофилла от фотоокисления [15]. Содержание каротиноидов у растений *E. atrorubens* было достаточно стабильным и незначительно возросло лишь на Сайте 3 (на 19%, табл. 2).

Таким образом, произрастание растений *E. atrorubens* в неблагоприятных условиях серпентинитовых отвалов вызывало у них развитие окислительного стресса. При этом усиление синтеза таких низкомолекулярных компонентов антиоксидантной системы, как растворимые небелковые тиолы и каротиноиды, по-видимому, способствовало натурализации этой орхидеи в техногенно нарушенных местообитаниях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-44-66001 и при частичной поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения государственного задания УрФУ FEUZ-2020-0057.

Библиографический список

1. Ефимов П. Г. Орхидные северо-запада европейской России (Ленинградская, Псковская, Новгородская области). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 220 с.
2. Морфофизиологическая изменчивость *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) на территории Республики Коми / И. Г. Захожий, И. А. Кириллова, И. В. Далькэ, О. В. Дымова, Г. Н. Табаленкова, Т. К. Головки // Современное состояние и перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий европейского Севера и Урала : материалы докладов Всерос. науч.-практ. конф. Сыктывкар : Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2015. С. 178–184.
3. Редкие и исчезающие растения на отвалах Кузбасса / Т. О. Стрельникова, Ю. А. Манаков, О. А. Куприянов, С. С. Казьмина // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов : сб. материалов докладов V Междунар. конф. Кемерово : ФИЦ УУХ СО РАН, 2018. С. 107–109.
4. Вахрамеева М. Г., Варлыгина Т. И., Татаренко И. В. Орхидные России. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2014. 475 с.
5. Орхидные Урала: систематика, биология, охрана / С. А. Мамаев, М. С. Князев, П. В. Куликов, Е. Г. Филиппов. Екатеринбург : УрО РАН, 2004. 124 с.
6. Филимонова Е. И., Лукина Н. В., Глазырина М. А. Орхидные в техногенных экосистемах Урала // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. № 11. С. 68–75.
7. *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess. в антропогенно нарушенных местообитаниях Среднего Урала / Е. И. Филимонова, М. А. Глазырина, Н. В. Лукина, Г. И. Юсупова // Наука, природа и общество : материалы Всерос. конф., посвященной 100-летию Ильменского государственного заповедника, 100-летию со дня рождения академика П. Л. Горчаковского и 70-летию со дня рождения минералог В. О. Полякова. Миасс : ЮУФНЦМиГУрОРАН, 2020. С.141–145.
8. Endangered orchid plant *Epipactis atrorubens* on serpentine and granite outcrops of Middle Urals, Russia: A comparative morphophysiological study / E. I. Filimonova, N. V. Lukina, M. A. Glazyrina, G. G. Borisova, M. G. Maleva, N. V. Chukina // AIP Conference Proceedings. 2019. 2063, 040016 – P. 040016. doi: 10.1063/1.5087348

9. A comparative study of *Epipactis atrorubens* in two different forest communities of the Middle Urals, Russia / E. Filimonova, N. Lukina, M. Glazyrina, G. Borisova, TriptyTripty, A. Kumar, M. Maleva // *Journal of Forestry Research*. 2020. Vol. 31, No. 6. P. 2111–2120. doi: 10.1007/s11676-019-01010-y
10. Методы оценки антиоксидантного статуса растений: уч.-метод. пособие / под ред. Г. Г. Борисовой и др. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2012. 72 с.
11. Калинкина Л. Г., Назаренко Л. В., Гордеева Е. Е. Модифицированный метод выделения свободных аминокислот и их определение на аминокислотном анализаторе // *Физиология растений*. 1990. Т. 37, № 3. С. 617–621.
12. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes // *Methods of Enzymology*. 1987. Vol. 148. P. 350–382. doi: 10.1016/0076-6879(87)48036-1
13. Rajakaruna N., Baker A. Serpentine: A Model Habitat for Botanical Research in Sri Lanka // *Ceylon Journal of Science*. 2004. Vol. 32. P. 1–19.
14. Niche analysis of orchids of serpentine and non-serpentine areas: Implications for conservation / V. Djordjević, S. Tsiftsis, D. Lakušić, V. Stevanović // *Plant Biosystems*. 2016. Vol. 150. No. 4. P. 710–719. doi: 10.1080/11263504.2014.990534
15. Прадедова Е. В., Ищеева О. Д., Саляев Р. К. Классификация системы антиоксидантной защиты как основа рациональной организации экспериментального исследования окислительного стресса у растений // *Физиология растений*. 2011. Т. 58, № 2. С. 177–185.
16. Contribution of glutathione to the control of cellular redox homeostasis under toxic metal and metalloid stress / L. E. Hernandez, J. Sobrino-Plata, M. B. Montero-Palmero, S. Carrasco-Gil, M. L. Flores-Caceres, C. Ortega-Villasante, C. Escobar // *Journal of Experimental Botany*. 2015. Vol. 66, No. 10. P. 2901–2911. doi: 10.1016/s0891-5849(98)00232-9
17. Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants / J. Matysik, Alia, B. Bhalu, P. Mohanty // *Current Science*. 2002. Vol. 82, No. 5. P. 525–532.

АНОМАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ МОХООБРАЗНЫХ В ЗОНАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИМПАКТА

Ю. Д. Дорофеева

Донецкий национальный университет, kf.botan@donnu.ru

Представлены результаты инвентаризационно-мониторинговой работы по идентификации аномальных (тератных) проявлений у мохообразных в условиях загрязнения среды выбросами металлургического производства в Донбассе. Перечислены типы морфологических аномалий мохообразных, указаны виды с определенными тератологическими проявлениями и частота их встречаемости в экотопах, испытывающих воздействие загрязнителей.

Ключевые слова: тератология, мохообразные, фитоиндикация, Донбасс, экологический мониторинг.

Таксономия бриобионтов Центрального Донбасса является сравнительно новой темой для ботанико-экологических исследований в указанном регионе [1], однако на современном этапе есть результаты научных исследований,

доказывающих значимость этой систематической группы растений для реализации экологического мониторинга [2].

Цель работы – выделить таксономическую и морфологическую специфичность в проявлениях тератогенеза мохообразных Донбасса в условиях промышленного импакта.

Для описания проявлений атипичного строения растений использовали классификацию и терминологию [3] с учетом последних публикаций и списков инвентаризационных работ по мохообразным Северного Приазовья [4, 5], данных специальной брютотеки кафедры ботаники и экологии Донецкого национального университета [6] и принципов мониторингового эксперимента в региональном аспекте [7]. Подготовлены образцы мохообразных для дальнейшего химического анализа по содержанию токсичных элементов, реализованного на кафедре аналитической химии Донецкого национального университета [8–10]. Учет тератологических проявлений проведен для коллекционных полевых сборов растений с 2016 по 2021 гг.

Фасциации осей гаметофита: *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al (4 экз.), *Argyrobryum argenteum* (Hedw.) Kindb. (4 экз.), *Bryum argenteum* Hedw. (3 экз.), *Hypnum argenteum* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (3 экз.), *Bryum caespiticium* Hedw. (3 экз.), *Didymodon purpureus* (Hedw.) Hook. & Taylor (2 экз.), *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid (1 экз.), *Mnium purpureum* (Hedw.) With. (1 экз.) (Юзовский металлургический завод, Енакиевский металлургический завод).

Дистопия гаметофита по архитектонике: *Chamberlainia salebrosa* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) H. Rob. (3 экз.), *Bryum caespiticium* Hedw. (3 экз.), *Argyrobryum argenteum* (Hedw.) Kindb. (2 экз.), *Hypnum argenteum* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (2 экз.), *Bryum argenteum* Hedw. (2 экз.), *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid (1 экз.), *Campylopus pulvinatus* (Hedw.) Brid. (1 экз.) (Горловский завод Стирол, предприятия г. Харцызска, г. Иловайск, Енакиевский металлургический завод).

Нетипичная пролификация спорофита: *Bryum caespiticium* Hedw. (4 экз.), *Brachythecium salebrosum* subsp. *mildeanum* (Schimp.) Renaud & Cardot (3 экз.), *Chamberlainia salebrosa* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) H. Rob. (2 экз.), *Dorcadionella speciosa* (Nees) Plášek, Sawicki & Ochyra. (2 экз.), *Lewinskya speciosa* (Nees) F. Lara (1 экз.), Garilleti & Goffinet. (1 экз.) (Ясиновский коксохимический завод, Горловский завод Стирол, химические предприятия г. Макеевки, Юзовский металлургический завод, пос. Октябрьский в г. Донецке).

Фасциации осей спорофита: *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al (6 экз.), *Brachythecium salebrosum* subsp. *mildeanum* (Schimp.) Renaud & Cardot (4 экз.), *Campylopus pulvinatus* (Hedw.) Brid. (3 экз.) (Енакиевский металлургический завод, Юзовский металлургический завод, Ясиновский коксохимический завод).

Гипогенезия листа: *Brachythecium salebrosum* subsp. *mildeanum* (Schimp.) Renaud & Cardot (5 экз.), *Bryum caespiticium* Hedw. (4 экз.), *Didy-*

modon purpureus (Hedw.) Hook. & Taylor (3 экз.), *Mnium purpureum* (Hedw.) With. (2 экз.), *Dorcadionella speciosa* (Nees) Plášek, Sawicki & Ochyra. (1 экз.), *Lewinskya speciosa* (Nees) F. Lara, Garilleti & Goffinet. (1 экз.) (регистрация терат характерна для сорно-рудеральных полигонов городов Донецк, Макеевка, Горловка, Енакиево, Харцызск, Дебальцево).

Бесхлорофилльные листья: *Bryum argenteum* Hedw. (12 экз.), *Bryum caespiticium* Hedw. (9 экз.), *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al. (6 экз.), *Chamberlainia salebrosa* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) H. Rob. (5 экз.), *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid (5 экз.) (Юзовский металлургический завод, Енакиевский металлургический завод, Горловский завод Стирол).

Олигомеризация листочков при деструкции по жилкованию: *Bryum caespiticium* Hedw. (4 экз.), *Argyrobryum argenteum* (Hedw.) Kindb. (4 экз.), *Bryum argenteum* Hedw. (4 экз.), *Hypnum argenteum* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (3 экз.), *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid (3 экз.), *Didymodon purpureus* (Hedw.) Hook. & Taylor (1 экз.), *Mnium purpureum* (Hedw.) With. (1 экз.) (Ясиновский коксохимический завод, Горловский завод Стирол, химические предприятия г. Макеевки, Юзовский металлургический завод, пос. Октябрьский, район шахты Засядько в г. Донецке).

Для уточнения подготовлены виды из числа раритетных, которые по частоте встречаемости перспективны для занесения в Красную книгу Донецкой Народной Республики: *Pancovia albicans* (Hedw.) J. Kickx f., *Ptychostomum funkii* (Schwägr.) J.R. Spence, *Aongstroemia cerviculata* (Hedw.) Müll. Hal., *Bryum cerviculatum* (Hedw.) Dicks., *Didymodon pusillum* (Hedw.) P. Beauv., *Koehltreutera hygrometrica* (Hedw.) Grindel, *Racomitrium canescens* (Hedw.) Brid., *Dorcadion diaphanum* (Brid.) Lindb. и *Phascum acuminatum* (Lindb.) Hartm.

Образцы мохообразных, собранные на территории особо охраняемых объектов (Республиканский ландшафтный парк Донецкий Кряж, парк Зуевский, буферная территория заповедника Хомутовская Степь), не имеют регистрацию тератологических новообразований указанного типичного морфологического отклонения, поэтому мы связываем по первоначальным полевым сборам такое проявление с высоким уровнем загрязнения от промышленных объектов в Донецком экономическом регионе.

В стадии обработки вопросы частоты встречаемости зафиксированных проявлений и корреляционного анализа с дискретными факторами загрязнения среды.

Следовательно, в условиях промышленного импакта при формировании гаметофита и спорофита мохообразными частота встречаемости тератных проявлений существенно выше и разнообразие их шире, что усиливает морфогенетическую разнокачественность структур растений и является критерием антропогенности. Такое обстоятельство требует дополнительного изучения в рамках трансплантационного активного мониторинга с помощью мохообразных, что будет частью наших последующих научных изысканий.

Библиографический список

1. Морозова Е. И. Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : материалы Междунар. науч. конф. Т. 2. Донецк : ДонНУ, 2017. С. 100–102.
2. Морозова Е. И. Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных // Донецкие чтения 2016: Образование, наука и вызовы современности : материалы I Междунар. науч. конф. Т. 1. Донецк : ЮФУ, 2016. С. 317–318.
3. Сафонов А. И. Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразии растительного мира. 2019. № 1 (1). С. 4–16. doi: 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16.
4. Сафонов А. И. Видовое разнообразие бриобионтов мониторинговой сети Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 1–2. С. 39–43.
5. Сафонов А. И. Редкие виды мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 1–2. С. 33–43.
6. Бондарь Е. Н. Фрагмент бриотеки городских агломераций Донбасса // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2021. Т. 1, № 13. С. 19–23.
7. Safonov A. I. Approbation of botanical expertise method in ecological monitoring // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10, № 2. С. 219–221.
8. Сергеева А. С., Алемасова А. С. Бриоиндикация состояния воздуха в промышленной части Северного Приазовья // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. Т. 2. Донецк : ДонНУ, 2019. С. 272–274.
9. Алемасова А. С. Накопление тяжелых металлов мохообразными в различных экотопах Донбасса // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : материалы Междунар. науч. конф. Киров : ВятГУ, 2019. С. 60–65.
10. Сергеева А. С., Алемасова А. С. Диагностика антропогенно трансформированных экотопов Донбасса по содержанию тяжелых металлов в гаметофитах мохообразных // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2019. С. 15–18.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ *PINUS SYLVESTRIS* L. ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В. Н. Дрожжина

*Воронежский государственный педагогический университет,
o.drozzhin@gmail.com*

Микростробилы сосны обыкновенной характеризуются уменьшением показателей в зоне загрязнения. Изменяются размеры пыльцевых зерен, увеличивается количество терратных форм. Для женских шишек отмечено уменьшение линейных параметров, изменение формы и аномалии в заложении парастих, а также сокращение числа семенных чешуй и, следовательно, семян.

Ключевые слова: женская шишка, микроспорофилл, микростробил, парастиха, пыльцевое зерно, семенная чешуя.

Сосна обыкновенная успешно используется в качестве вида индикатора загрязнения окружающей среды. Изменения морфологических и анатомических характеристик хвои позволяют составлять шкалы для оценки уровня радиационного и химического загрязнения. Генеративные органы сосны также чувствительны к негативному воздействию и являются перспективными для целей диагностики.

Исследование воздействия выбросов промышленных предприятий и автотранспорта на генеративные органы сосны обыкновенной проводили на территории Эртильского района Воронежской области в 2018–2020 гг. Было заложено 6 пробных площадок (ПП) с разной интенсивностью воздействия токсикантов. Проведена предварительная оценка состояния сосновых насаждений по морфологическим и морфометрическим параметрам вегетативных органов – стебля и хвои. Первая площадка является контрольной, источники промышленного загрязнения находятся на расстоянии 25 км. Вторая и третья ПП заложены на территории г. Эртиль и подвергаются в большей степени рекреационной нагрузке. Четвертая и пятая ПП находятся в непосредственной близости от литейно-механического завода, сахарного завода и автомобильно-транспортного предприятия г. Эртиль. Шестая ПП заложена вдоль автомагистрали.

Мужская генеративная сфера сосны обыкновенной очень чувствительна к загрязнению. Изменения, происходящие в ходе процессов спорогенеза и гаметогенеза, сказываются на процессе оплодотворения и в результате – на качестве семян и в последствии – на качестве проростков и взрослых растений. В условиях воздействия поллютантов сокращается количество микростробиллов в собраниях мужских шишек и в критических условиях не превышает 10–15 штук. Линейные размеры микростробиллов и количество микроспорофиллов в них также сокращается, что в конечном итоге приводит к сокращению количества пыльцы. Длина и ширина микростробиллов сокращаются на 5 и 4 мм соответственно, количество микроспорофиллов на 10 штук. Наиболее значимые изменения происходят на 4, 5 и 6 ПП.

Анализ микроспор показывает изменения в количественных показателях и в качестве пыльцы. С увеличением концентрации загрязняющих веществ происходит уменьшение параметров микроспор. Уменьшаются длина и высота тела пыльцевого зерна; длина и высота воздушных мешков. Наблюдается тенденция к увеличению высоты в зоне загрязнения по сравнению с контролем, где длина превышает ширину. Это приводит к изменению формы пыльцевых зерен: она становится более округлой. Качество пыльцы на загрязненных территориях изменяется в сторону появления большого количества терратных палиноморф и увеличения процентного содержания таких зерен в выборке. В контроле процент аномалий составляет 3%, под воздействием токсикантов он увеличивается до 30%.

Можно выделить около 10 различных палиноморф терратных пыльцевых зерен, в основном они связаны с разной степенью развития воздушных мешков, их количеством и размерами самих пыльцевых зерен, а также их формой. Наблюдаются очень мелкие, редуцированные пыльцевые зерна, как правило такая пыльца не жизнеспособна. Гигантские пыльцевые зерна предположительно являются результатом не расхождения микроспор и процессы ее прорастания нарушены. Количество воздушных мешков может как сокращаться, так и увеличиваться. Наблюдаются пыльцевые зерна с тремя и четырьмя мешками, возможна полная редукция мешков: от них остаются только небольшие бугорки и в них нет воздуха; распространяться такие пыльцевые зерна не будут. Возможна редукция одного мешка из двух, возможно срастание воздушных мешков между собой, что приводит к образованию «воротничка» вокруг пылинки, встречаются зерна с нормально развитым одним воздушным мешком и гипертрофированным вторым мешком. Форма аномальных зерен может быть полукруглой, подковообразной, приплюснутой, длина таких зерен превышает ширину в 2,5 раза [1–3].

Женская генеративная сфера также чувствительна к загрязнению окружающей среды. Это выражается в сокращении количества женских шишек на растении, уменьшаются линейные размеры констробиллов, их длина и диаметр. Вместе с изменением линейных размеров, наблюдается изменение формы шишек из-за нарушения соотношения длины и диаметра. Тенденция к уменьшению размеров женских шишек приводит к уменьшению количества семенных чешуй, следовательно, сокращается количество фертильных чешуй и потенциальных семян в женской шишке. В целом, шишки исследуемых территорий имеют средние размеры, однако в зоне загрязнения увеличивается количество мелких шишек размером менее 36 мм, и не встречаются крупные шишки с размерами, превышающими 48 мм. Вес шишек также уменьшается: с 9 г до 7 г. Количество чешуй в целом небольшое, характерное для шишек мелкого размера, до 50 штук в шишке, если процент фертильных чешуй составляет 40 %, то их количество равно 20.

Анализ заложения семенных чешуй, который выражается в количестве парастих показал серьезные нарушения этих процессов в зоне загрязнения. Это свидетельствует о воздействии токсикантов на верхушечную меристему и нарушении ее работы. Внешние проявления аномального развития женских шишек выражаются в нарушении их симметрии, отклонении формы от нормы (шишки часто искривлены, чешуи раскрываются неравномерно, одна сторона шишки может не раскрыться совсем). Шишки становятся более вытянутыми, их длина в 2–3 раза превышает ширину. Подсчет количества правозакрученных и левозакрученных парастих показал преобладание на всех пробных площадках шишек с значениями $5/8$ и $8/5$, это коррелирует с преобладанием шишек со средними линейными размерами. Небольшой процент 5–7% имеют соотношение парастих $8/13$ и $13/8$: это шишки, отличающиеся крупными размерами. Шишки с мелкими размерами имеют соотношение парастих $3/5$ и $5/3$. Все эти показатели вписываются в последовательность Фибоначи и яв-

ляются симметричными, т. е. нормально развитыми. В зоне воздействия выбросов нарушения в работе меристемы сказываются в появлении шишек с раздвоенными парастихами, с выпрямленными парастихами и с соотношениями парастих 2/6, 6/2, 3/8, 8/3. Если в условиях контроля количество таких шишек единично, то на 4, 5, 6 ПП может возрасти до 20%.

Данные, полученные при оценке состояния насаждений сосны обыкновенной по морфометрическим параметрам вегетативных органов, совпадают с данными, полученными при исследовании генеративной сферы. Первая пробная площадка, расположенная на территории села Щучинские Пески, менее всего из выбранных площадок подвергается воздействию токсикантов и может характеризоваться как чистая зона. Показатели вегетативных и генеративных органов модельных деревьев с первой пробной площадки близки к таковым у модельных деревьев из контрольной зоны на территории Борщевские Пески. Площадки, расположенные на территории г. Эртиль в смешанных лесонасаждениях рядом с Соколовской СОШ, могут характеризоваться как участки со слабым уровнем загрязнения или со средним. На 2 и 3 ПП чаще отмечено удовлетворительное состояние насаждений из-за высокой рекреационной нагрузки, которая выражается в большом количестве механических повреждений вегетативных органов. Пробные площадки, находящиеся в г. Эртиль в непосредственной близости от Литейно-механического завода, могут быть охарактеризованы как участки с уровнем загрязнения выше среднего, ближе к высокому, но не критическому. Близко к 4 и 5 пробным площадкам по изменениям признаков вегетативных и генеративных органов находится 6 пробная площадка, расположенная рядом с автомобильной трассой Эртиль – Воронеж. Можно предположить, что воздействие токсикантов различной природы на растительные организмы не столь специфично и выражается в изменении сходных параметров. В некоторых случаях изменения на 6 ПП выражены даже ярче, чем на 4 и 5 ПП, возможно выбросы автотранспорта оказывают в данном случае более негативное воздействие на посадки сосны обыкновенной.

Библиографический список

1. Ибрагимова Э. Э. Индикация загрязнения окружающей среды в урбанизированных экосистемах с использованием пыльцы *Pinus sylvestris* L. // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология и химия». 2009. Т. 22 (61), № 4. С. 54–65.
2. Коршиков И. И., Лаптева Е. В., Белоножко Ю. А. Качество пыльцы сосны обыкновенной и цитогенетические изменения у ее семенного потомства как показателя влияния техногенного загрязненной среды Криворожья // Сибирский экологический журнал. 2015. № 2. С. 310–317.
3. Носкова Н. Е., Третьякова И. Н., Носков Е. А. Особенности формирования мужской генеративной сферы сосны обыкновенной в условиях техногенеза // Хвойные борельной зоны. 2006. Т. XXIII, № 2. С. 211–214.

ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

О. В. Фрунзе

Донецкий национальный университет, o.frunze@donnu.ru

В статье представлен опыт использования древесных растений в технологии фиторемедиации почв, загрязненных ионами тяжелых металлов. Определены наиболее устойчивые к загрязнению почвы виды древесных растений-гипераккумуляторов тяжелых металлов, которые можно использовать в технологии фиторемедиации почв.

Ключевые слова: фиторемедиация, растения-гипераккумуляторы, почвы техногенных регионов.

Основными источниками загрязнения почвы ионами кобальта, марганца и хрома является деятельность металлургических предприятий и другие виды антропогенной деятельности [1]. В индустриально развитых центрах Донецкого региона большинство промышленных комплексов размещены в черте городов и стали неотъемлемой частью городской среды. Из-за высокой токсичности тяжелых металлов и их способности образовывать стойкие комплексы с органическими структурами живых систем, загрязнение почв металлами стало одной из наиболее серьезных экологических проблем [2]. Ионы тяжелых металлов из почвы могут попадать в трофические цепи и оказывать значительное негативное влияние на здоровье человека [3, 4].

Деревья и кустарники с развитой корневой системой и большой биомассой представляют особый интерес для технологии фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами [2, 5]. Древесные растения могут применяться в процессе фитовосстановления городских систем в качестве долгосрочных поглотителей ионов тяжелых металлов из почвы. Поэтому целью исследования было изучение фиторемедиационной способности древесных растений, которые применяются для озеленения городских систем Донецкого региона, для выявления видов-гипераккумуляторов ионов тяжелых металлов.

Как объекты исследования для проведения эксперимента были использованы проростки *Gleditsia triacanthos* L., *Quercus robur* L., *Caragana arborescens* L. и *Robinia pseudoacacia* L.

Полевой эксперимент проводили в зоне влияния металлургического завода ТЗНТС г. Тореза Донецкой области. Параметры почвы и концентрацию ионов кобальта, марганца и хрома в почве и сухой биомассе древесных растений определяли в течение четырех вегетационных периодов.

Проведенные исследования показали, что на деградированной территории промышленной зоны преобладают малогумусные черноземы, характеризующиеся низкой влажностью и низким значением рН. Этот тип почвы представляет собой плохо сформированный профиль почвы, с высокой проницае-

мостью и очень низким содержанием гумуса. Эти почвы также бедны питательными веществами и отличаются низкой сорбционной способностью и малой емкостью буфера. Загрязнение района исследований является результатом воздействия выбросов твердых частиц на металлургическом заводе и характеризуется высоким накоплением тяжелых металлов, таких как Co, Mn, Cr, концентрация которых превышает ПДК в несколько раз (табл.).

Таблица

Параметры почв исследованного региона

Параметр	M±m
Влажность [%]	17,96±1,32
pH в H ₂ O	5,15–5,25
pH в 1М KCl	4,64–4,79
Гуминовые кислоты [%]	0,89±0,01
C всего [г/кг]	11,38±0,12
N [мг/кг]	675,00±15,12
P доступно [мг/кг]	23,96±0,78
P всего [мг/кг]	75,33±5,22
Co [мг/кг]	14,47±0,27
Mn [г/кг]	5,740±2,00

Полевой эксперимент проводили на расстоянии 900 метров к северо-востоку от металлургического завода на участке площадью 40 м² (участок №1). Напротив, второй участок площадью 40 м² был использован в качестве контроля (условно незагрязненная почва), его разместили на территории ГУ «Донецкий ботанический сад». На обоих участках исследования в апреле первого вегетационного года высадили 30-дневные саженцы древесных растений, осенью отбирали образцы почвы и растительного материала. В отобранных образцах определяли содержание ионов кобальта, марганца и хрома.

Полевой эксперимент выявил достоверные изменения концентрации тяжелых металлов в почве опытного участка в течение всех четырех вегетационных периодов высадки растений, которые зависели как от видовой специфики растений, так и от природы металла.

Так, при выращивании устойчивых к загрязнению проростков *Gleditsia triacanthos*, *Caragána arboréscens* на 2-й вегетационный период наблюдалось достоверное снижение в почве опытного участка ионов кобальта на 4,5–15,5%. В конце 3-го вегетационного периода концентрация кобальта уменьшилась на 10,5–17%, в сравнении с первичными данными начала опыта. На 4-й вегетационный период концентрация в почве ионов кобальта снизилась на 19,5–20%. На контрольном участке также было отмечено достоверное снижение ионов кобальта при высадке проростков *Gleditsia triacanthos*, *Caragána arboréscens*, что говорит об их высокой ремедиационной способности.

При выращивании на опытном участке толерантных к загрязнению проростков *Quercus robur* на 2-й вегетационный период так же было отмечено снижение ионов кобальта на 1–7,5%. На 3-й вегетационный период концен-

трация поллютанта снизилась на 6,0–8,5%, а на 4-й – на 9,5–11,0% в сравнении с данным 1-го вегетационного периода. На контрольном участке также наблюдалось снижение концентрации кобальта на 3–10%.

Другая тенденция наблюдалась при выращивании на опытном участке чувствительных к загрязнению почвы проростков *Robinia pseudoacacia*. Во 2-й вегетационный период практически не было отмечено изменения концентрации ионов кобальта в почве. На 3-й и 4-й вегетационный период на участке выращивания наблюдали некоторое снижение концентрации ионов кобальта, но данные изменения не были статистически достоверны. Аналогичная картина наблюдалась и при выращивании данных растений на контрольном участке.

Анализ почвы опытного участка на содержание тяжелых металлов показал высокий уровень ионов марганца, превышающий ПДК данного металла в несколько раз. При выращивании на данной территории исследованных видов растений были получены следующие результаты. Так, при культивировании устойчивых к загрязнению проростков *Gleditsia triacanthos*, *Caragána arboréscens* на 2-й вегетационный период наблюдалось достоверное снижение в почве опытного участка ионов марганца на 14,5–22,5%. На 4-й вегетационный период концентрация в почве ионов марганца снизилась на 45,5–60,0%. На контрольном участке так же было отмечено достоверное снижение ионов кобальта при высадке проростков *Gleditsia triacanthos*, *Caragána arboréscens* на 10–50%.

Проведенные исследования показали, что устойчивые к загрязнению почвы проростки *Gleditsia triacanthos*, *Caragána arboréscens* благодаря своей превосходной приспособляемости, даже на деградированной, загрязненной тяжелыми металлами почве опытного участка, обладали высоким уровнем накопления биомассы, не было отмечено достоверных фактов угнетения ростовых процессов. Во время контролируемого процесса фиторемедиации, проводимого в полевых условиях была отмечена их высокая сорбционная способность, что дает возможность рекомендовать данные виды к использованию в технологии восстановления почв, загрязненных ионами тяжелых металлов.

Библиографический список

1. Фрунзе О. В., Конопленко М. Н. Содержание кобальта и марганца в проростках декоративных травянистых растений в условиях контролируемого загрязнения // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 132–136.
2. Glick B. R. Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment // Biotechnology Advances. 2010. Vol. 21, No. 5. P. 383–393.
3. Давыдова С. Л. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. М. : РУДН, 2002. 140 с.
4. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск : Наука, 1991. 151 с.
5. Kramer U. Phytoremediation: novel approaches to cleaning up polluted soils // Current Opinion in Biotechnology. 2008. Vol. 16. No. 2. P. 133–141.

ДИНАМИКА ПРОЯВЛЕНИЯ ВЕГЕТАТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ РАСТЕНИЙ-ИНДИКАТОРОВ В ДОНБАССЕ

Т. И. Кравсун

Донецкий национальный университет, t.kravsun@donnu.ru

Дан анализ этапов освоения тематического направления в фитоиндикационных исследованиях Донбасса – определение стратегий растений, имеющих индикационное значение, в отношении реализации ими адаптивного потенциала по вегетативной составляющей как популяционно-экологической характеристики в 2019–2021 гг.

Ключевые слова: вегетативные стратегии выживания, фитоиндикация, Донбасс, экологический мониторинг.

Тематика биоиндикационных исследований в Донецком экономическом регионе является важной государственной программой [1], реализация которой требует комплексного подхода, основанного на ранжированном экологическом шкалообразовании [2] или процессах динамики фитоквантификационного содержания [3]. Учитывая опыт по выделению тактических приспособлений некоторых видов-индикаторов Донбасса [4] и их вегетативных стратегий [5], а также, используя аутфитоиндикационный подход в отношении изучения отдельного вида или особей этого вида в конкретном экотопе [6], была также предпринята попытка по фитотестированию субстратов с контролируемым количеством загрязнителей [7]. Реализуемые этапы тематического направления послужили причиной формирования обобщающего структурированного материала для анализа ранее полученных оригинальных данных.

Цель работы – констатировать особенности динамики проявления стратегического вегетативного потенциала растений-индикаторов Донбасса за период вегетационных сезонов 2019–2021 гг. Работа является также частью информационно-педагогического процесса кафедры ботаники и экологии ДонНУ [8, 9] и общего тематического направления по функциональной ботанике в промышленном регионе [10].

Была установлена существенная межвидовая гетерогенность в реакции индикаторных растений на систему загрязнения или нарушения экотопа. В целом проанализировано 10 видов растений, которые характеризуются высокой антропо-толерантностью и экологической валентностью по дискретным признакам, чтобы в дальнейшем реализовать программу полномасштабного экологического мониторинга в регионе.

В таблицах 1–3 представлены результаты по определению тенденций проявлений стратегического потенциала индикаторных видов с использованием характеристик вторичных стратегий в разных экотопах: С-R – конкурентные рудералы, S-R – стресс-толерантные рудералы, С-S – стресс-

толерантные конкуренты и CSR-стратегии. Использовали показатели анатомо-морфологической пластичности листовой пластинки и побега в целом.

Таблица 1

Характерные проявления стратегий выживания видов растений-индикаторов в условиях промышленных экотопов

Вид	Стратегия		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	S-R	S-R	S-R → CSR
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.	S-R → CSR	S-R → CR	S-R → CR
<i>Cichorium intybus</i> L.	CSR → C-S	CSR	CSR
<i>Daucus carota</i> L.	C-S	C-S	C-S → CSR
<i>Echium vulgare</i> L.	C-R → CSR	C-R → CSR	C-R → CSR
<i>Plantago major</i> L.	C-R	C-R → CSR	C-R
<i>Reseda lutea</i> L.	CSR → S-R	CSR → S-R	CSR → S-R
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	CSR → C-S	CSR → S	CSR → S-R
<i>Tragopogon major</i> Jacq.	C-R → CSR	C-R → CSR	C-R → CSR
<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	C-S	C-S	CSR

Таблица 2

Характерные проявления стратегий выживания видов растений-индикаторов в условиях селитебных экотопов

Вид	Стратегия		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	S-R → CSR	S-R	CSR
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.	S-R → CSR	CSR	CSR
<i>Cichorium intybus</i> L.	C-S	C-R	C-R → CSR
<i>Daucus carota</i> L.	C-S	C-R → CSR	C-R → CSR
<i>Echium vulgare</i> L.	C-R → CSR	C-R → S-R	C-R
<i>Plantago major</i> L.	C-R → CSR	CSR	CSR
<i>Reseda lutea</i> L.	CSR → S-R	S-R	CSR → S-R
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	CSR → C-S	CSR → C-S	CSR
<i>Tragopogon major</i> Jacq.	C-R → CSR	C-R → CSR	C-R
<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	C-S	C-R	C-R → CSR

Таблица 3

Характерные проявления стратегий выживания видов растений-индикаторов в условиях рекреационных экотопов

Вид	Стратегия		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	S-R	S-R → C-S	C-S → CSR
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.	CSR → S-R	S-R	S-R
<i>Cichorium intybus</i> L.	C-S → CSR	CSR	CSR
<i>Daucus carota</i> L.	C-S → CSR	C-S → CSR	C-S → CSR
<i>Echium vulgare</i> L.	CSR → C-R	C-R	C-R
<i>Plantago major</i> L.	C-R	CSR → C-R	C-R
<i>Reseda lutea</i> L.	CSR → S-R	CSR	CSR
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	CSR → C-S	C-S	C-S
<i>Tragopogon major</i> Jacq.	C-R → CSR	C-R	C-R
<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	C-S	CSR → C-S	CSR → C-S

Установлено, что в зависимости не только от специфических эдафических и токсических условий в месте произрастания вида, но и от микроклиматических особенностей текущего года ситуация с доминирующими признаками по выживанию некоторых видов может меняться и отражать тенденции и формы стремления конкретной особи подготовить ресурс для реализации генетической программы по полноценному формированию генеративных структур. Совокупность преобразований растений в условиях токсического воздействия или механического повреждения проявляется в ксерофитизации как реализации механизмов устойчивости к неблагоприятным факторам воздействия. Переходные формы вторичных стратегий являются важной эколого-ценотической характеристикой для проведения полноценных биодиагностических мероприятий, поскольку от их состояния в конкретный вегетационный период может зависеть как выживание особи в целом, так и проявление ею фитоиндикационных структурных признаков, на основании которых и реализуется основной квантификационный эксперимент.

Библиографический список

1. Bepalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. Determination of bioindicators sensitivity thresholds for ecologically unfavourable environmental factors // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2010. № 1(10). С. 9–25.
2. Киселева Д. В. Принципы создания шкал анатомо-морфологической пластичности фитоиндикаторов техногенного региона // Донецкие чтения 2016: Образование, наука и вызовы современности : материалы I Междунар. науч. конф. Донецк : ЮФУ, 2016. С. 117–119.
3. Сафонов А. И. Динамика фитомониторинговых показателей антропогенеза в Донбассе (2000–2019 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 1–2. С. 31–36.
4. Кравсун Т. И. Морфологические тактики реализации жизненных стратегий видов сорных растений в Донбассе // Донецкие чтения 2019: Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. Донецк : ДонНУ, 2019. С. 241–243.
5. Кравсун Т. И. Вегетативная стратегия растений-индикаторов Донбасса по критерию структуры листового аппарата // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3–4. С. 6–10.
6. Кравсун Т. И. Фитоиндикационная оценка состояния техногенной среды с помощью *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2019. № 3–4. С. 166–170.
7. Кравсун Т. И. Фитотестирование загрязнения тяжелыми металлами почв Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2020. № 3(6). С. 37–44.
8. Сафонов А. И., Захаренкова Н. С., Мирненко Э. И. Введение в специализацию на кафедре ботаники и экологии ДонНУ // Донецкие чтения 2016: Образование, наука и вызовы современности : материалы I Междунар. науч. конф. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 196–197.
9. Сафонов А. И. Специфика образовательных технологий на кафедре ботаники и экологии ДонНУ при подготовке студентами выпускных квалификационных работ // Развитие интеллектуально-творческого потенциала молодежи: из прошлого в современность : материалы I Междунар. науч.-практич. конф. / под общей ред. С. В. Беспаловой. Донецк : ДонНУ, 2018. С. 274–275.

10. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 6–12.

СОРНО-РУДЕРАЛЬНЫЕ ВИДЫ АСТРОВЫХ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ДОНБАССА

В. С. Медяник

Донецкий национальный университет, kf.botan@donnu.ru

Определены виды растений семейства астровых для анализа фитоиндикационной значимости в условиях антропогенно измененной среды Донбасса. Спектр фитоиндикационных признаков включает анализ наличия видов, формирования ими микросообществ сорно-рудерального типа, структурные показатели гетерогенности в аспекте разной экотопической приуроченности и, соответственно, степени промышленного и урбаногенного загрязнения.

Ключевые слова: фитоиндикация, астровые, растения-индикаторы, пыльца, Донбасс, мониторинг.

Изучение сорных растений в качестве фитоиндикаторов [1] является частью общей программы поиска и использования характеристик растений в мониторинговых разработках на территории Донбасса [2]. В совокупности методологических подходов выделяют структурный, палинологический [3], картографический [4], экотопический [5], экосистемный [6] и др. В ботанико-экологическом анализе важен и таксономический подход с идентификацией видов определенных систематических групп.

Цель работы – на основании геоботанических, маршрутных и камеральных исследований установить характеристики видов растений семейства астровых в сорно-рудеральных полигонах буферных территорий городов Донецк, Макеевка, Горловка и Енакиево для возможного проведения индикационного мониторинга по характерным признакам строения и популяционной интеграции.

В методологии фитоиндикационной оценки выделяют способы формирования экологических шкал [7], учитывают чувствительность разных биоиндикаторов [8, 9], что в целом определяет перспективность мониторинговых мероприятий регионального масштаба реализации эксперимента [10].

Нами проведены учеты частоты встречаемости и комбинирования видов растений семейства астровых в разных участках мониторинговой сети четырех городов Донбасса в летние периоды вегетации в 2020 и 2021 годах для следующих видов растений: *Erigeron canadensis* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Achillea nobilis* L., *Tanacetum vulgare* L., *Artemisia vulgaris* L., *Senecio vulgaris* L., *Arctium lapa* L., *Cardus acanthoides* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Cirsium arvense*

(L.) Scop., *Onopordum acanthium* L., *Centaurea carbonata* Klok., *Centaurea jacea* L., *Centaurea cyanus* L., *Cichorium intybus* L., *Picris hieracioides* L., *Tragopogon major* Jacq., *Taraxacum officinale* Wigg., *Sonhus arvensis* L., *Lactuca tatarica* (L.) S.A. Mey., *Hieracium pilosella* L.

Для сорно-рудеральных полигонов, организованных преимущественно в стихийном порядке, зарегистрированы случаи монодоминантных зарослей, – это ситуации с разрастанием одного вида таким образом, что другие виды либо не могут занять эту экологическую нишу при механической конкуренции (тогда виды рассматриваются как имеющие конкурентную стратегию выживания), например, *Onopordum acanthium*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Tanacetum vulgare*, *Achillea nobilis*, либо монодоминирование строится исключительно по пути выживания в агрессивной токсической среде – эти виды (*Artemisia vulgaris*, *Cirsium vulgare*, *Picris hieracioides*, *Senecio vulgaris*) проявляют стресс-устойчивую стратегию, которая реализуется как для вегетативных, так и генеративных структур, причем краевые особи таких монозарослей имеют большую биомассу и более характерные индикационные признаки. Таким образом, характеризуясь как сорно-рудеральная фракция, в условиях токсической нагрузки или механических трансформаций, отдельные виды могут проявлять стратегию нехарактерных проявлений для своей типичной среды произрастания – стресс-толерантные и конкурентные модификации. Такие наблюдения нуждаются в дальнейших подтверждениях, поскольку в разные годы может формироваться разный тип сообщества в зависимости от микроклиматических и антропогенно трансформирующих (механических и токсических) факторов среды, которая и является объектом для оценивания.

Для некоторых видов были подсчитаны показатели степени дефектности пыльцы (шкала от 1 до 100) и уровень скульптурной гетерогенности и орнаментации пыльцевых зерен (шкала от 1 до 10 по степени специализации). Идентификацию палиноматериала определяли при окрашивании метиленовым синим. Установлены следующие особенности: максимальные дефекты встречаются для видов широкой экологической амплитуды, которые в сообществах встречаются разреженно, то есть типичные разнотравные сообщества без формирования монодоминирования, например, *Taraxacum officinale* (45; 10), *Cirsium arvense* (44; 10), *Cichorium intybus* (48; 9), *Centaurea carbonata* (41; 9), *Galinsoga parviflora* (40; 8), *Tanacetum vulgare* (38; 8), *Cirsium vulgare* (35; 7), *Senecio vulgaris* (33; 7), *Artemisia vulgaris* (32; 7), *Sonhus arvensis* (31; 7), *Cardus acanthoides* (30; 7). Если фрагменты самозаращения, например, мест у подножия отвалов угольных шахт характеризуются парными или 3–4 экземплярными микросообществами, то, не смотря на токсичность среды, уровни устойчивости палинологических характеристик выше, что отмечено у видов: *Erigeron canadensis* (11; 1), *Tragopogon major* (11; 2), *Onopordum acanthium* (11; 2), *Cyclachaena xanthiifolia* (12; 3), *Achillea nobilis* (13; 3), *Centaurea jacea* (14; 3), *Lactuca tatarica* (15; 3), *Ambrosia artemisiifolia* (16; 3), *Hieracium pilosella* (16; 3), *Arctium lapa* (17; 3), *Picris hieracioides* (18; 1), *Centaurea cyanus* (18; 3).

Отмечена важная разнокачественность видов по опушению, а именно степень дифференциации кроющих трихом вдоль центральной жилки с нижней стороны листа для листовой формации срединного типа. Этот критерий оценивали по 10-балльной шкале и установили, что по мере приближения к источникам загрязнения показатели этого признака варьировали для *Cichorium intybus* (4–8), *Senecio vulgaris* (4–9), *Arctium lapa* (4–10), *Lactuca tatarica* (4–10), *Cardus acanthoides* (3–10), *Achillea nobilis* (3–10), *Cyclachaena xanthiifolia* (3–10), *Taraxacum officinale* (3–10), *Galinsoga parviflora* (3–10), *Tanacetum vulgare* (2–10), *Artemisia vulgaris* (2–10), *Onopordum acanthium* (2–10), *Tragopogon major* (1–10), *Sonhus arvensis* (1–10), *Hieracium pilosella* (1–10). Этот признак формирует стратегию пейноморфности как частный пример склерофитизации или ксерофитизации в контакте с поверхностью как воздушной среды, так и при эндогенных способах проявления толерантности к действию неблагоприятных факторов загрязнения.

Установлено, наиболее востребованные виды для фитоиндикационного мониторинга по сорно-рудеральной фракции урбанофлоры и пластичности вегетативных и генеративных органов – *Cyclachaena xanthiifolia*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Achillea nobilis*, *Tanacetum vulgare*, *Artemisia vulgaris*, *Senecio vulgaris*, *Cichorium intybus*, *Tragopogon major*, *Taraxacum officinale*, *Sonhus arvensis* в условиях антропогенно измененной среды Донбасса.

Для биодиагностики экотопа важными выделены как отдельные гисто-структурные показатели поверхности листового аппарата и пыльцевых зерен растений-индикаторов, так и особенности микропопуляционных образований растительности в конкретных сочетаниях со степенью и спецификой трансформации поверхностного почвенного горизонта или глубинных перестроек в совокупности с параметрами бытового рудерального загрязнения эдафической среды.

Библиографический список

1. Сафонов А. И. Сорно-рудеральная фракция урбанофлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : Междунар. науч. конф. Киров : ВятГУ, 2019. С. 13–16.
2. Сафонов А. И. Перспективные фитоиндикаторы Донбасса для биотестирования // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Т. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2020. С. 161–163.
3. Мирненко Н. С. Спорово-пыльцевой метод в Донбассе на основе научных рекомендаций ученых России // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : материалы Междунар. науч. конф. Т. 2. 2017. С. 97–99.
4. Сафонов А. И., Глухов А. З. Экологический фитомониторинг в Донбассе с использованием геостратегического картографирования // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов : материалы докладов VI Междунар. конф. Кемерово, 2021. С. 77–79.
5. Сафонов А. И. Экотопическая фитодиагностика в регионе антропогенных трансформаций // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропо-

генной деятельности и пути их решения : сб. науч. трудов по материалам междунар. науч. экологической конф., посвященной году науки и технологий. Краснодар, 2021. С. 681–684.

6. Глухов А. З. Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016: Образование, наука и вызовы современности : материалы I Междунар. науч. конф. Т. 1. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 311–312.

7. Киселева Д. В. Принципы создания шкал анатомо-морфологической пластичности фитоиндикаторов техногенного региона // Донецкие чтения 2016: Образование, наука и вызовы современности : материалы I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 2. Донецк : ЮФУ, 2016. С. 117–119.

8. The criteria of assessment of ecological state of environment on thresholds of sensitivity of bioindicators / S. V. Besspalova, O. S. Goretsky, A. I. Safonov, A. D. Shtirts // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2011. № 1. С. 25–43.

9. Besspalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. Determination of bioindicators sensitivity thresholds for ecologically unfavourable environmental factors // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2010. № 1(10). С. 9–25.

10. Глухов А. З. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // Промышленная ботаника. 2002. Т. 2. С. 7–14.

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ АТАКИ В ГОРОДАХ ДОНБАССА

О. О. Фесенко

Донецкий национальный университет, kf.botan@donnu.ru

Проведены количественный учёт и статистический анализ содержания пыльцевых зёрен доминирующих видовых спектров растений в летнее время в пределах населённых пунктов Донбасса. Установлены численные пределы для трактовки палинологической атаки в городской среде при наличии пыльцевых агентов в приземном слое атмосферы селитебной зоны.

Ключевые слова: пыльца, фитоиндикация, растения-индикаторы, пыльца, Донбасс, мониторинг.

Научная традиция – изучать пыльцевой материал для диагностики экотопов Донбасса [1] продолжается на современном этапе в многофункциональном эквиваленте сравнительных палинологических исследований [2].

Санитарные нормы оценки воздуха в летнее время требуют учета и палинологической нагрузки, в связи с чем и была реализована настоящая тема.

Цель работы – провести сравнительный количественный анализ биотического загрязнения по палинологическим характеристикам приземного слоя атмосферы в урбаноландшафтах Донбасса по спектру доминирующих видов сорно-рудеральной фракции урбанофлор.

В методической части опирались на существующие региональные наработки [3] и ориентацию систематического анализа палиноспектра [4]. Исследование проведено в продолжение к начатым работам по количественному учету палиносырья в регионе [5, 6] и особенностям (по мониторинговым станциям) проведения экологических исследований [7, 8] с диагностическим

выходами [9] для дальнейшей возможности визуализации ботанико-экологической информации [10].

Под пыльцевой атакой в контексте данного исследования подразумева-ли концентрацию пыльцевых зерен, превышающую 20 единиц на м³. Данные по количественному учету концентрации пыльцевых зерен в 2020 и 2021 гг. представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

**Содержание пыльцевых зёрен в приземном слое атмосферы
в городах Донбасса (2020 г.)**

Город, населенный пункт, центральные селитебные районы	Концентрация пыльцы, шт./м ³		
	15–16 июня	15–16 июля	15–16 августа
Донецк	26,3±5,03	27,0±5,08	24,0±8,28
Макеевка	15,1±6,15	26,3±5,13	26,2±6,18
Горловка	20,2±4,22	22,6±4,06	29,1±7,10
Енакиево	17,4±3,78	19,3±3,98	61,6±5,03
Кировское	19,0±7,67	22,5±5,23	33,8±9,04
Шахтерск	28,5±4,05	32,4±4,35	56,9±5,32
Зургэс	24,7±6,20	44,1±3,34	21,3±6,54
Харцызск	18,2±5,72	19,8±3,78	30,4±7,66
Иловайск	11,3±4,30	14,7±3,50	22,5±4,10
Дебальцево	15,0±3,03	19,9±6,25	63,2±9,68
Ясиноватая	39,6±4,85	46,5±5,60	75,9±5,86

Таблица 2

**Содержание пыльцевых зёрен в приземном слое атмосферы
в городах Донбасса (2021 г.)**

Город, населенный пункт, центральные селитебные районы	Концентрация пыльцы, шт./м ³		
	15–16 июня	15–16 июля	15–16 августа
Донецк	33,5±2,01	28,6±3,61	29,5±5,01
Макеевка	16,3±2,16	25,0±2,49	33,7±7,53
Горловка	21,5±2,88	21,8±5,23	30,6±2,32
Енакиево	16,7±4,02	19,6±2,72	60,5±6,23
Кировское	21,0±3,75	23,9±4,09	31,2±8,12
Шахтерск	29,1±4,64	33,8±6,18	58,9±5,01
Зургэс	25,5±4,45	45,5±5,97	22,5±4,54
Харцызск	17,7±2,12	20,3±8,98	31,7±7,73
Иловайск	16,0±3,08	15,1±2,35	27,0±3,37
Дебальцево	17,7±2,23	22,0±6,91	66,3±7,98
Ясиноватая	41,5±6,91	40,2±8,18	78,2±6,18

Видовое разнообразие палиноспектра июня 2020–2021 гг.: *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Sinapis alba* L., *Dactylis glomerata* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Bromus arvensis* L., *Senecio vulgaris* L., *Reseda lutea* L., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Berteroa incana* (L.) DC., *Convolvulus arvensis* L., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Brassica campestris* L., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth, *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, *Thlaspi arvense* L.

Видовое разнообразие палиноспектра июля 2020–2021 гг.: *Echium vulgare* L., *Atriplex hortensis* L., *Tragopogon major* Jacq., *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz., *Amaranthus retroflexus* L., *Plantago major* L., *Cichorium intybus* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Achillea nobilis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Coniza canadensis* (L.) Crong, *Daucus carota* L., *Reseda lutea* L., *Senecio vulgaris* L., *Plantago lanceolata* L.

Видовое разнообразие палиноспектра августа 2020–2021 гг.: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Atriplex patula* L., *Chenopodium album* L., *Polygonum aviculare* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Hyoscyamus niger* L., *Atriplex micrantha* C.A. Mey., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Sonchus arvensis* L., *Plantago lanceolata* L., *Cichorium intybus* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Polygonum patulum* M. Bieb., *Plantago major* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Artemisia vulgaris* L., *Echium vulgare* L., *Galinsoga parviflora* Cav.

По процентному вкладу в состав палиносреды самого агрессивного месяца лета (августа) выделены виды карантинных характеристик, требующие особого контроля: *Ambrosia artemisiifolia*, *Atriplex patula* и *Cyclachaena xanthiifolia*. Особенность микроклиматических характеристик Центрального Донбасса в том, что август 2020 и 2021 г. характеризуется минимальными осадками, а в условиях меньшей относительной влажности воздуха ферментный состав пыльцы в большей степени опасен (агрессивен) для групп населения, страдающих сезонными поллинозами.

Следовательно, в доминировании систематического спектра пыльцы в воздухе превалируют виды сорно-рудеральной фракции урбанофлор городов Донбасса, а по количественному учету более 70% всех пробных площадок могут быть расценены как превышающие норму по количеству агрессивного компонента (пыльцевые атаки на здоровье человека), вызывающего сезонные аллергии у местного населения. Проведенный отдельно эксперимент по локальному регулярному выкашиванию травянистого покрова указывает на эффективность этого метода в способах понижения риска аллергенных проявлений у человека.

Библиографический список

1. Глухов А. З. Состояние пыльцы *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Laipz и *Cichorium intybus* L. при загрязнении почв тяжелыми металлами // Промышленная ботаника. 2001. Т. 1. С. 84–87.
2. Сафонов А. И. Эколого-палинологическая ситуация в Донбассе (2014–2020 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 1–2. С. 32–38.
3. Мирненко Н. С. Спорово-пыльцевой метод в Донбассе на основе научных рекомендаций ученых России // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : материалы Междунар. науч. конф. Т. 2. С. 97–99.
4. Сафонов А. И. Сорно-рудеральная фракция урбанофлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем // Трансформация экосистем под воз-

действием природных и антропогенных факторов : материалы Междунар. науч. конф. Киров : ВятГУ, 2019. С. 13–16.

5. Сафонов А. И., Мирненко Н. С. Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3–4. С. 43–48.

6. Бойко Н. В. Палинологический материал *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg. в условиях г. Донецка // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. материалов XIII Междунар. науч. конф. Донецк : ДонНТУ, 2019. С. 84–86.

7. Safonov A. I. Phytoindicational monitoring in Donetsk // Наука. Мысль. 2016. № 4. С. 59–71.

8. Бойко Н. В. Палинографические результаты для некоторых фитоиндикаторов Донбасса // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Донецк : ДонНУ, 2020. Вып. 12, Т. 1. С. 27–30.

9. Сафонов А. И., Захаренкова Н. С. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 1–2. С. 18–24.

10. Гермонова Е. А. Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. Т. 2. Донецк : ДонНУ, 2019. С. 202–204.

СЕКЦИЯ 6 ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИЧИНОК УНЦИНАРИЙ И ИНВАЗИРОВАННОСТЬ ИМИ БЕРЕМЕННЫХ И ЛАКТИРУЮЩИХ САМОК СЕВЕРНОГО МОРСКОГО КОТИКА

Л. А. Букина

Вятский государственный агротехнологический университет,
l.bukina5@gmail.com

В статье изложены результаты изучения инвазированности беременных и лактирующих самок северного морского котика личинками унцинарий *Uncinaria lucasi*. Установлено, что у 80% самок в молочной железе и молоке локализируются личинки. Выявлены значимые различия в линейных размерах личинок унцинарий, выделенных из подкожного жира и молока лактирующих самок.

Ключевые слова: инвазированность, *Uncinaria lucasi*, северный морской котик, о. Беринга, молочные железы, подкожно-жировая клетчатка.

Впервые унцинарии были обнаружены у северного морского котика в 1879 г. на о-ве Св. Павла американским ученым доктором Уайтом при вскрытии двухмесячных щенков. Он определил их как круглых червей, имеющих сходство с аскаридами. В 1901 г. эти унцинарии были описаны в качестве нового вида *Uncinaria lucasi*, Stiles, 1901 [1].

Американские ученые [2, 3] установили, что жизненный цикл этого вида значительно отличается от других видов родственных им анкилостоматид, паразитирующих на человеке и некоторых видах наземных млекопитающих.

В жизненном цикле *U. lucasi* авторы выделили 3 фазы:

1 – свободноживущая фаза включает яйца вылупившихся из них личинок, которые обитают в сапробиотической среде;

2 – тканевая форма – паразитические личинки 3 стадии в подкожном жире у северных морских котиков всех возрастных групп, а у самок, кроме этого, - в молочных железах и молоке;

3 – кишечная фаза – развитие половозрелых форм в кишечнике щенков.

На котиковых лежбищах нашей страны унцинарии впервые были зарегистрированы А. П. Яковлевым в 1931 году на северном лежбище о. Беринга при вскрытии 12 щенков северного морского котика [4]. Ряд исследователей, изучавших гельминтофауну северных морских котиков в разные годы унцинарий не обнаружили [5, 6].

В 1970 г. отечественный ученый О. Р. Никольский при исследовании паразитофауны котиков обнаружил унцинарий у сивучонка, добытого в районе Курильских островов, а в 1971 г. младший научный сотрудник КоТИНРО Н. М. Старостин выявил этого гельминта у павших детенышей котиков на северо-западном лежбище Командорских островов [7, 8].

У морских млекопитающих унцинарии попадают в организм дифенитивного хозяина – детеныша северного морского котика только трансмаммарной передачей, которая в условиях морских побережий котиковых лежбищ является единственно возможной. Интенсивность заражения детеныша будет зависеть от количества личинок, находящихся в молочной железе лактирующей самки. Считаем, что изучение степени инвазированности беременных и лактирующих самок, а также выявление морфологических особенностей личинок унцинарий является актуальным и имеет практическое значение.

Целью настоящего исследования явилось определение степени инвазированности беременных и лактирующих самок северного морского котика личинками унцинарий и выявление их морфологических особенностей.

С целью определения инвазированности личинками унцинарий самок северного морского котика и выявления морфологических особенностей была исследована подкожно-жировая клетчатка, молочные железы и молоко от 20 беременных и лактирующих самок (о. Беринга, северо-западное лежбище). Пробы жира (навеска пробы 50 г) брали отдельно из области грудины, брюшной стенки, шеи и спины. Исследовали по методу Бермана в трехкратной повторности. Молоко исследовали методом последовательного промывания до просветления, осадок просматривали под микроскопом МБС-10 (увел. 25-105^x). Определяли показатели зараженности. Всего исследовано проб: подкожного жира 130, млечных желез 144 и молока 20 (от 5 лактирующих самок).

Результаты исследований показали, что экстенсивность инвазии подкожного жира беременных и лактирующих самок личинками унцинарий 3-й стадии составила 75,0%. При этом личинки унцинарий обнаружены в подкожно-жировой клетчатке в области грудины у 30,0% самок, спины у 15,0% и шеи 6,0%. Интенсивность инвазии личинками унцинарий подкожного жира составила в среднем $0,06 \pm 0,0$ экземпляров в грамме ткани.

При исследовании молочной железы личинки унцинарий выявлены у 80,0% беременных и лактирующих самок, со средней интенсивностью инвазии равной 0,37 экземпляров личинки в грамме молочной железы. Следует отметить, что эти показатели относительны, так как у лактирующих самок часть личинок уже высосали щенки, а у беременных они еще не закончили миграцию в молочную железу. Так у самки под номером один в возрасте 5 лет, забитой непосредственно перед родами, обнаружено 10,0 экземпляров личинок в грамме ткани. Учитывая, что масса молочной железы котиков составляет 2,5–3 кг, то можно предположить, что общее количество личинок у этой самки могло быть 3000 экземпляров. У самки под номером семь в воз-

расте восьми лет в молочной железе, после первого кормления новорожденного детеныша, было обнаружено 0,8 экземпляров личинок в грамме ткани.

Проведенные морфометрические исследования позволили установить, что личинки выделенные из подкожного жира грудины беременных и лактирующих самок достигают размеров аналогичных размерам личинок из этой же ткани, выделенных от самцов разных возрастных групп. Наиболее крупных линейных размеров и достигают личинки унцинарий, выделенные из молочной железы и молока. Средние показатели длин личинок, выделенных из подкожного жира грудной стенки и молока имели значимые различия ($P > 0,95$) (табл.).

Таблица

Показатели личинок унцинарий, выделенных из подкожного жира (грудины, брюшины) и молока самок северного морского котика

Пробы жира и молока	Количество исследованных животных	Длина личинок (мм)		Ширина личинок (мм)	
		min-max	$M \pm m$	min-max	$M \pm m$
Грудина	12	0,688–0,748	0,734±0,090	0,027–0,031	0,029± 0,000
Брюшина	12	0,772–0,852	0,802±0,012	0,029–0,037	0,033±0,001
Молоко	5	0,900–0,950	0,922±0,020	0,034–0,037	0,035±0,090

Примечание: $M \pm m$ – средняя ± ошибка средней.

Личинки унцинарий накапливаются у всех половозрелых групп северных морских котиков в подкожном жире, но онтогенез могут завершить только личинки из млечных желез самки. Самки котика, как и самцы, начинают накапливать личинок унцинарий с детского возраста, и личинки, обитая в их подкожном жире, морфологически не отличаются от таковых из подкожного жира самцов. В связи с тем, что личинки начинают активно мигрировать в молочную железу и молоко перед родами и в первые дни после родов, при этом увеличиваясь в размерах, мы склонны считать, что именно в этот период они приобретают свойства инвазионности. Наши данные согласуются с данными других авторов, так М. Стоун и Д. Крауз [9] наблюдали прямую зависимость влияния эстрадиола и прогестерона на выделение личинок *A. caninum* через материнское молоко у лактирующих собак. Миграцию личинок *Strongyloides ratti* в млечные железы под действием лактогенного гормона наблюдали у лактирующих крыс и личинок *Toxocara cati* у лактирующих кошек [10, 11].

Американские ученые [12] заражали через рот щенков в одной группе личинками унцинарий их подкожного жира самцов, а в другой — смесью личинок из молока и подкожного жира самок. Личинки от самцов не приживались, а от самок — завершили онтогенез в кишечнике хозяина. Это свидетельствует о том, что только в организме самок северного морского котика личинки унцинарий приобретают свойства инвазионности.

Представленные данные показали, что инвазированность подкожно-жировой ткани у беременных и лактирующих самок северного морского котика личинками унцинарий составляет 75%, а молочной железы 80%. Среднее количество личинок в молочной железе самок значительно выше в сравнении

с другими пробами жира. Выявлены значимые различия в морфологических линейных показателях личинок унцинарий, выделенных из молока лакирующих самок в сравнении с личинками проб жира. По-видимому, под действием лактогенного гормона личинки унцинарий мигрируют в молочную железу и молоко, где достигают инвазионного состояния и при первом кормлении попадают в организм окончательного хозяина – детеныша северного морского котика.

Библиографический список

1. Olsen O. W. Animal parasites their life cycles and ecology // Burges Publishing Co. Minneapolis. 1962. Vol. 247. P. 413–417.
2. Olsen O. W., Lyons E. T. Life cycle of the hookworm, *Uncinaria lucasi* St., of Northern fur seals, *Callorhinus ursinus* on the Pribilof Islands in the Bering Sea // Journal Parasitol. 1962. Vol. 42. P. 42–44.
3. Olsen O. W., Lyons E. T. Life cycle of *Uncinaria lucasi* St., 1901 (*Nematoda: Ancilostomatidae*) of fur seals, *Callorhinus ursinus* Linn., on the Pribilof Islands, Alaska // Journal Parasitol. 1965. Vol. 51. P. 689–700.
4. Ильина Е. Д. Островное звероводство. М. : Междунар. книга, 1950. 303 с.
5. Делямуре С. Л., Скрябин А. С. Гельминтофауна командорских морских котиков // Биол. науки. Науч. докл. высшей школы. 1960. № 2. С. 11–14.
6. Никольский О. Р. О паразитофауне морских котиков в пелагический период жизни // Проблемы паразитологии : материалы VI науч. конф. паразитологов УССР. Киев : «Наукова думка», 1969. Ч. 1. С. 172–174.
7. Никольский О. Р. Новый вид фауны СССР вид нематод *U. lucasi*, St., 1901 от сивуча Курильских островов // Материалы XV науч. конф. профессорско-преподавательского состава биолого-почвенного фак-та. Владивосток, 1970. С. 116–119.
8. Старостин Н. М. Унцинариоз морских котиков // Ветеринария. 1973. № 10. С. 82–83.
9. Stone M., Krause J. Versuche zur Reaktivierung ingibierter larver von *Ancilostoma caninum*: die Wirkung von Oestradiol und Progesterone // Zbl. Veterinarmed. 1978. Vol. 23. No. 10. P. 822–839.
10. Swerczek T. W., Nielsen S. W., Helmboldt C. F. Transmammary passage of *Toxocara cati* in the cat // Journal Veterinary Research. 1971. Vol. 32. P. 89–92.
11. Bailenger J., Cabannes A. Relations entre of parasitisme du rat par *Strongyloides ratti*, les hormones sexnelles femelles et la corticosteronemie // Journal Am. parasitol. Hum.et Comp. 1984. Vol. 59. No. 6. P. 619–633.
12. Lyons E. T. and Keyes M. C. Observations on the infectivity of parasitic third – stage larve of *Uncinaria lucasi* St., 1901 (*Nematoda: Ancilostomatidae*) of Northern fur seals, *Callorhinus ursinus* Linn., on St. Paul Island Alaska // Journal Parasitol. 1978. Vol. 64. P. 454–458.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО КОРМОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАБАНА В ЮЖНОТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. О. Бушueva, С. И. Оботнин

ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,
bushueva.margo@mail.ru

В статье приведены рекогносцировочные данные по кормовой деятельности дикого кабана в центральной части Кировской области (подзона южной тайги). Определены типы предпочтительных для обитания кабана типов фитоценозов, рассчитан индекс роющей деятельности.

Ключевые слова: дикий кабан, *Sus scrofa* Linnaeus, 1758, кормодобывающая деятельность, роющая деятельность

Ареал кабана (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) неоднократно менял свои очертания, особенно в северной и северо-восточной частях ареала. В начале XX в. произошла очередная резкая трансформация его границ. С середины XX в. кабан начал быстро расселяться от западных и южных окраин России на север и восток и не только восстановил свой видовой ареал, но и значительно расширил его. Заселяя территорию, кабан, как правило, начинает активно влиять на природные экосистемы в результате кормодобывающей деятельности [1].

Одной из основных причин расселения дикого кабана во второй половине XX в., стало использование им агроландшафтов, которые обеспечивали кабана высокоэнергетическими кормами [2–3].

В Кировской области существование кабанов связано с пойменными и заболоченными лесами, а также сельскохозяйственными полями, на которых звери питаются злаковыми, бобовыми культурами, либо их остатками после неполной уборки. Лучшими считаются угодья, где соотношение лесных и полевых угодий примерно равное [4]. Проанализированы участки территории Слободского и Зуевского районов Кировской области в пределах границ научно-опытного охотничьего хозяйства Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова (НООХ ВНИИОЗ) с целью выявления наиболее предпочтительных местообитаний для кабана и его влияния на участки обитания. Данная работа является продолжением работы по изучению кормовой деятельности дикого кабана в южнотаежной подзоне Кировской области [5].

Обследовали районы, где ранее были замечены кабаны или следы их жизнедеятельности. Пороями кабана считались участки поверхности земли со следами снятия напочвенного покрова.

Описания исследованных растительных сообществ проводили согласно общепринятым геоботаническим методам [6] с подробной характеристикой

видового состава (проективное покрытие, сомкнутость крон, обилие, высота растений, фенофаза, жизненность и др.) и физико-географических условий (увлажнение, экспозиция, рельеф местности и т.д.). Таксационные характеристики древесного яруса определены в соответствии с общепринятыми методами. Обилие – покрытие видов учитывалось по шкале Браун-Бланке (1964).

На встреченных порогах кабана были сделаны промеры ширины и глубины. На месте обнаружения пороев выполнялось геоботаническое описание растительности.

Для оценки интенсивности роющей деятельности животных рассчитывали площади пороев. Если форма пороев была круглой или близкой к ней, то измеряли два перпендикулярных диаметра. Площадь порога при этом рассчитывали по средней величине измеренных диаметров. Если форма порога была овальной, то измеряли максимальную длину и ширину пороев в трех точках – в центре и по краям. В этом случае для расчета площади порога среднее арифметическое от трех измерений ширины умножалось на длину.

Для сравнения кормовой активности кабанов в разных местообитаниях оценивали площадь отдельных пороев и индекс интенсивности роющей деятельности, как площадь пороев на 200 м² исследованной территории [7].

Для анализа влияния особенностей растительности на распределение пороев кабана были выделены 5 ведущих семейств растительных сообществ.

Работы по изучению кормовой деятельности кабана были проведены в научно-опытном хозяйстве ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова (Слободской р-н, Кировской области). Локализация участков и характеристика растительности на участках сбора данных представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика исследованных участков

№ участка	Местоположение	Растительность на участках сбора данных
1	НООХ ВНИИОЗ (северная часть, окрестности р. Роговка)	Суходольный разнотравно-злаковый луг (тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.), бодяк полевой (<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.), пырей ползучий (<i>Elymus repens</i> (L.) Gould))
2	НООХ ВНИИОЗ (окрестности р. Малая Кордяга)	Сельскохозяйственное поле с овсом и горохом (горох посевной (<i>Pisum sativum</i> L.), овес (<i>Avena sativa</i> L.))
3	НООХ ВНИИОЗ (окрестности р. Малая Кордяга)	Смешанный лес на зарастающей вырубке (ель обыкновенная (<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.), береза повислая (<i>Betula pendula</i> Roth), рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.))
4	НООХ ВНИИОЗ (окрестности р. Малая Кордяга)	Березняк с примесью ели (ель обыкновенная (<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.), береза повислая (<i>Betula pendula</i> Roth))
5	НООХ ВНИИОЗ (окрестности р. Малая Кордяга)	Пшеничное поле (пшеница (<i>Triticum aestivum</i> L.))

В результате исследования, порои кабана были обнаружены в 5 типах фитоценозов (табл. 1).

Суходольный разнотравно-злаковый луг располагался в пределах границы НООХ ВНИИОЗ вблизи озера Бакалда и реки Чепца. В травяно-кустарничковом ярусе преобладали следующие виды растений: тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), пырей ползучий (*Elymus repens* (L.) Gould), герань луговая (*Geranium pratense* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.) и др.

Рельеф местности равнинный. Антропогенное воздействие проявляется в виде проезда машин и пешеходных троп, а также лесных рубок. Порои кабана были обнаружены по краю проезда машин.

Сельскохозяйственное поле с овсом и горохом располагалось в южной части хозяйства НООХ ВНИИОЗ в долине реки Малая Кордыга. Поле окружено смешанным лесом и проезжей дорогой. Поле засеяно овсяно-гороховой смесью (овес (*Avena sativa* L.), горох посевной (*Pisum sativum* L.)). Кроме того, в травяном ярусе встречались: бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), герань луговая (*Geranium pratense* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.) и др.

Рельеф местности равнинный. Антропогенно измененная территория.

Смешанный лес на зарастающей вырубке располагался в южной части НООХ ВНИИОЗ в долине реки Малая Кордыга. В окружении: сельскохозяйственные поля и пешеходные дороги. Основными доминирующими видами деревьев выступали ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). В подросте наблюдались ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.). Подлесок представлен малиной обыкновенной (*Rubus idaeus* L.), жимолостью обыкновенной (*Lonicera xylosteum* L.).

В травяно-кустарничковом ярусе были представлены: копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott), звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), подорожник большой (*Plantago major* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* (L.) Webb ex F.H.Wigg.), клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) и др.

Рельеф местности равнинный. Антропогенное воздействие проявлялось в виде проезда легкой и сельскохозяйственной техники, а также пешеходных троп. Кроме порою кабана на данной площадке обнаружены следы жизнедеятельности лося.

Березняк с примесью ели располагался в южной части хозяйства НООХ ВНИИОЗ в долине реки Чапца. Основными доминирующими видами деревь-

ев выступали ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) Н.Карст.), береза повислая (*Betula pendula* Roth). В подросте представлены ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) Н.Карст.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.). Подлесок сложен шиповником майским (*Rosa majalis* Herrm.).

В травяно-кустарничковом ярусе преобладали: осока водяная (*Carex aquatilis* Wahlenb.), крапива жгучая (*Urtica urens* L.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.).

Рельеф местности равнинный. Антропогенное воздействие проявлялось в виде пешеходных троп.

Пшеничное поле располагалось в южной части хозяйства НООХ ВНИИОЗ в долине реки Чепца. Поле окружали смешанный лес и проезжая дорога. Основными посадками являлись: бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), герань луговая (*Geranium pratense* L.), мать – и – мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), подорожник большой (*Plantago major* L.), пшеница (*Triticum aestivum* L.), горох (*Pisum sativum* L.) и др.

Таблица 2

Основные характеристики пороев кабана в разных типах растительных сообществ

Показатель	Суходольный разнотравно-злаковый луг	Смешанный лес на заростающей де-лянке	Сельхозой-ственное поле с овсом и горохом	Сельскохо-зяйствен-ное пше-ничное поле	Березняк с при-месью ели
Число пороев	5	23	18	5	1
Площадь пороя, м ² : медиана (мини-мум–максимум)	0,15 (0,04–0,33)	0,29 (0,02–12,42)	0,16 (0,01–1,61)	0,45 (0,23–0,93)	1,23
Интенсивность роющей деятель-ности	0,01	0,17	0,03	0,01	0,01

Согласно полученным данным, наибольшая интенсивность роющей деятельности кабана приходилась на смешанный лес на заростающей вырубке, в окрестностях р. Малая Кордяга (табл. 2). Индекс интенсивности роющей деятельности в данном фитоценозе составил 0,17 на 200 м². Наименьшее число поров было отмечено в березняке с примесью ели.

Согласно полученным данным, наибольшая доля растений в местах пороев относится к семейству Розоцветные (Rosaceae) в лесных сообществах и семейству Бобовые (Fabaceae) в луговых фитоценозах (табл. 3).

Значения рассматриваемых переменных в местах пороев

Переменная	Среднее значение \pm ст. ошибка среднего		Медиана		Стандартное отклонение	
	лесные сообщества	луговые сообщества	лесные сообщества	луговые сообщества	лесные сообщества	луговые сообщества
Проективное покрытие, %:						
Сем. Asteraceae – Астровые или сложноцветные	0,75 \pm 0,18	2,40 \pm 0,72	0,75	1	0,25	2,71
Сем. Fabaceae – Бобовые	0,50 \pm 0,18	18,20 \pm 6,51	0,75	1	0,25	19,53
Сем. Poaceae – Злаки или мятликовые	0,50 \pm 0,18	12,50 \pm 1,99	0,75	1	0,25	3,97
Сем. Rosaceae – Розоцветные	4,40 \pm 3,49	0,50 \pm 0,18	0,5	0,75	7,8	0,25
Сем. Plantaginaceae. – Подорожниковые	0,50 \pm 0,18	0,50 \pm 0,41	0,75	2	0,25	0,71

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее предпочтительными кормовыми угодьями для кабана на исследованной территории являются сельскохозяйственные поля со злаковыми и бобовыми культурами, поскольку сельскохозяйственные культуры (горох, овес, пшеница и др.) представляют излюбленный корм для кабана. Также хорошей кормовой базой для кабана выступил смешанный лес на зарастающей вырубке, который, кроме того, обладал хорошими защитными условиями.

Библиографический список

1. Слудский А. А. Кабан (морфология, экология, хозяйственное и эпизоотологическое значение, промысел). Алма-Ата, 1956. С. 219.
2. Русаков О. С., Тимофеева Е. К. Кабан. Л. : ЛГУ, 1984. 206 с.
3. Данилкин А. А. Млекопитающие России и сопредельных регионов. Свиные (Suidae). М. : ГЕОС, 2002. 309 с.
4. Экономов А. В., Кульпин А. А. Оценка качества и емкости среды обитания кабана (*Sus Scrofa* L., 1758) // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2011. № 4. С. 90–101.
5. Бушуева Ю. О. Флора пригородных пойменных ООПТ Г. Кирова как источник кормовых растений для копытных // Знания молодых: наука, практика и инновации : сб. науч. трудов XX междунар. науч.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых. Киров : Вятская ГСХА, 2021. С. 45–49.
6. Методы изучения лесных сообществ / Е. Н. Андреева, И. Ю. Баккал, В. В. Горшков и др. СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет, 2002. 240 с.
7. Особенности роющей деятельности кабана *Sus scrofa* на северной границе ареала в Западной Сибири / Н. И. Марков, Н. Л. Панкова, А. Л. Васина, Н. Л. Погодин // Экология. 2018. № 6. С. 482–486.

ВНЕДРЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРАКТИКУ ОХОТНИЧЬЕГО ХОЗЯЙСТВА

О. А. Греков

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

Внедрение новых информационных технологий и создание геоинформационных систем охотничьих хозяйств является перспективным направлением. Это позволит улучшить восприятие информации об угодьях, моделировать различные варианты экологической обстановки, прогнозировать результаты и выбирать рациональные варианты управленческих решений.

Ключевые слова: охотничье хозяйство, геоинформационная система, электронная карта, цифровая модель.

В настоящее время охотничье хозяйство современной России представляет собой сложную многоэлементную структуру хозяйств разных форм собственности. В соответствии с требованиями Федерального закона от 24.07.2009 № 209-ФЗ «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов» в практику ведения охотничьих хозяйств внедрено обязательное внутрихозяйственное охотустройство, отражающее планирование в области рационального использования охотничьих ресурсов, а также мероприятия по сохранению видового и численного состава охотничьих животных. При разработке охотустройства учитываются принципы ландшафтной классификации угодий [1], используются различные материалы, в т. ч. и картографические. Актуальность их – не старше 10 лет. При необходимости детализации наземной информации используются результаты аэросъемки и космические снимки угодий не старше 5 лет (п. 7 Порядка организации внутрихозяйственного охотустройства, утверждённого приказом Минприроды России от 23.12.2010 г. № 559).

Однако до сих пор результаты охотустройства отображаются на обычных картах, а пояснительные материалы – в текстовом, графическом или табличном виде, представляющие значительный объём документации в бумажном виде, затрудняющим оперативный поиск необходимых данных.

Развитие новых информационных технологий (НИТ) позволило в настоящее время эффективно внедрять в процессы планирования и управления в разных сферах народного хозяйства геоинформационные технологии, представляющие собой совокупность методов и средств преобразования пространственно-временных данных и представление результатов анализа в электронном виде. Это повышает оперативность доступа и обоснованность управленческих решений на основе пространственного анализа состояния угодий и группировок охотничьих животных. Результаты анализа позволяют моделировать экологические процессы, прогнозировать варианты их развития

по выбранным критериям и разрабатывать мероприятия в сфере рационального использования охотничьих ресурсов.

Особенностью геоинформационных технологий является применение электронных карт, являющихся неотъемлемым элементом общих геоинформационных систем (ГИС). Это – автоматизированные информационные системы, в которых реализовано сложное многоуровневое программное обеспечение с использованием высокопроизводительных компьютеров.

В ГИС охотничьего хозяйства реализуются процессы сбора, обработки, отображения разноплановой информации об угодьях. Это система позволяет выполнять анализ поступающих в цифровом виде базовых и переменных данных. К базовым данным относится информация о границах и характеристиках территории, социальных и хозяйственных объектах охотничьего хозяйства и т. п. К переменным данным относится информация о состоянии группировок охотничьих животных, элементах среды их обитания, экологической обстановке.

Результаты анализа используются для эффективного решения задач инвентаризации охотничьих угодий, моделирования процессов, проходящих в угодьях, для прогнозирования и управления охотничьим хозяйством.

ГИС охотничьего хозяйства должна иметь системные информационные связи с ГИС других организаций и ведомств (лесного и водного хозяйства, Росгидромета и т.п.) и постоянно обменивается с ними актуальной информацией с использованием сетевых технологий [2].

Проект ГИС охотничьего хозяйства концептуально может включать несколько сопряжённых друг с другом блоков (рис. 1).

Важнейший шаг в формировании базы данных для ГИС – это определение перечня объектов, с которыми будут оперировать охотоведы и другие пользователи.

К объектам охотничьего хозяйства относятся следующие:

- А). Объекты охотничьей инфраструктуры.
- Б). *Объекты биотехнической инфраструктуры.*
- В). Границы угодий и входящих в них территориальных элементов, оси основных маршрутов, проложенных в угодьях.
- Г). Расположение и границы водных объектов.
- Д). Типология охотничьих угодий.
- Е). Бонитет угодий по видам охотничьих животных.
- Ж). Места станций охотничьих животных и оси основных маршрутов их перемещений.

Кроме картографической основы в ГИС управления охотничьим хозяйством широко используются специализированные данные, т. е. информация об элементах среды обитания, охотничьих и других диких животных, основанная на результатах проведённых исследований и наблюдений.



Рис. 1. Структура геоинформационной системы охотничьего хозяйства

Кроме этого к данным относится и информация об объектах сопутствующей инфраструктуры. Информация в ГИС вводится и хранится в виде определённых специализированных информационных (тематических) слоёв.

В зависимости от назначения и уровня ГИС охотничьего хозяйства изменяется и количество таких слоёв. При необходимости на устройства отображения по соответствующему запросу выводится как информация любого слоя, так и информация от нескольких слоёв одновременно, что по сути своей является интегрированной цифровой моделью местной экосистемы.

Важен вопрос о выборе способов отображения данных об элементах угодий. Они могут быть представлены одним из трёх типов: точечном, линейном или полигональном. Кроме этого *каждый объект представляется условным знаком и атрибутивной таблицей, в которую занесены его характеристики. Эти элементы ГИС хранятся в базе данных (БД). Они объединяются на основе принципа принадлежности к конкретной предметной области. Информация, введенная в базу данных ГИС, отображается на электронных картах [3].*

Каждый элемент обладает двумя характеристиками: атрибутивной (описание и параметры) и пространственной (координаты) относительно других объектов (рис. 2).



Рис. 2. Представление данных в геоинформационной системе

Значения введенных параметров элементов угодий могут изменяться, поэтому необходимо в базе данных актуализировать измененные параметры. Картографическая основа может уточняться по данным аэрофотосъемки, в том числе и с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Другим способом уточнения картографической основы могут быть данные дистанционного зондирования Земли [3].

В ГИС охотничьего хозяйства реализуются на программном уровне две модели – векторная и растровая. Векторная модель представляет информацию о взаимном расположении элементов в границах охотугодий, а растровая модель представляет информацию о том, что расположено в той или иной точке [4].

Цифровая модель угодий позволяет в интерактивном режиме анализировать как отдельные элементы, так и общую экологическую обстановку в угодьях. Полученные результаты анализа служат основанием для выработки обоснованных решений по руководству охотхозяйством и проведению разного рода мероприятий как организационных, так биотехнических.

Вывод: Внедрение в практику управления охотничьим хозяйством геоинформационных технологий позволяет повышать наглядность отображения как частной, так и интегрированной информации, оперативность анализа обстановки в угодьях и обоснованность управленческих решений в охотхозяйстве.

Библиографический список

1. Кузякин В. А. Основные принципы ландшафтной классификации угодий в охотустройстве. Зоологические и охотоведческие исследования в Казахстане и сопредельных странах : материалы Междунар. конф. Алматы, 2012. С. 328–337.
2. Греков О. А. Предложения по структуре геоинформационной системы мониторинга охотничьих ресурсов // Информация и Космос. СПб., 2017. № 3. С. 135–142.
3. Греков О. А. Мониторинг среды обитания охотничьих животных с использованием современных космических и авиационных систем // Информация и Космос. СПб., 2018. № 2. С. 126–132.
4. Греков О. А. Облик геоинформационной системы управления охотничьим хозяйством // Информация и Космос. СПб., 2020. № 3. С. 164–170.

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРЬЕРНЫХ ПРИЗНАКОВ *MYODES GLAREOLUS* НА ТЕРРИТОРИИ КОЛОГРИВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И КОСТРОМСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

А. С. Климова¹, М. В. Сиротина^{1,2}

¹ Костромской государственный университет,
Klimova.A.S.ecology@yandex.ru

² ФГБУ «Государственный природный заповедник «Кологривский лес»
имени М. Г. Сеницына», mvsiroтина@gmail.com

В статье рассмотрены особенности интерьерных признаков *Myodes glareolus* на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына» и Костромского лесничества ОПХ «Минское». Выявлена зависимость морфофизиологической характеристики исследуемых популяций от абиотических факторов окружающей среды и плотности популяции.

Ключевые слова: интерьерные признаки, рыжая полевка, заповедник «Кологривский лес», ОПХ «Минское».

При изменении биотических и абиотических факторов окружающей среды меняется сопротивляемость организма, его поведение, что может привести к изменению приспособленности всей популяции.

Одним из показателей наличия пресса на популяцию со стороны окружающей среды являются морфофизиологические показатели, которые являются интегральными и характеризуют общее состояние популяции и особенности ее адаптационных механизмов.

Цель работы – изучение особенностей интерьерных признаков популяций цикломорфных грызунов в природных и техногенных условиях.

Исследования являются частью многолетнего мониторинга популяционной организации цикломорфных грызунов на территории ГПЗ «Кологривский лес». В 2021 г. впервые проведены исследования мышевидных грызунов на территории Костромского лесничества ОПХ «Минское».

На территории Кологривского заповедника отлов проводился в следующих биотопах: ельник липовый, ельник березовый и смешанный лес. На территории Костромского лесничества исследования выполнены в смешанном лесу. Отлов грызунов осуществлялся давилками Геро с использованием метода ловушко-линий. Всего за период исследований 2012–2021 гг. отработано 8805 ловушко-суток и отловлено 417 особей.

В качестве морфофизиологических индикаторов были использованы показатели индексов внутренних органов, которые выполняют жизненно-важные функции в организме животного, такие как печень, сердце, почки, легкие, селезенка [1].

На рисунке 1 представлены результаты исследований морфофизиологических показателей популяции *Myodes glareolus* на территории Кологривского заповедника в период 2012–2021 гг. Величины морфофизиологических индексов варьировали во временном ряду.

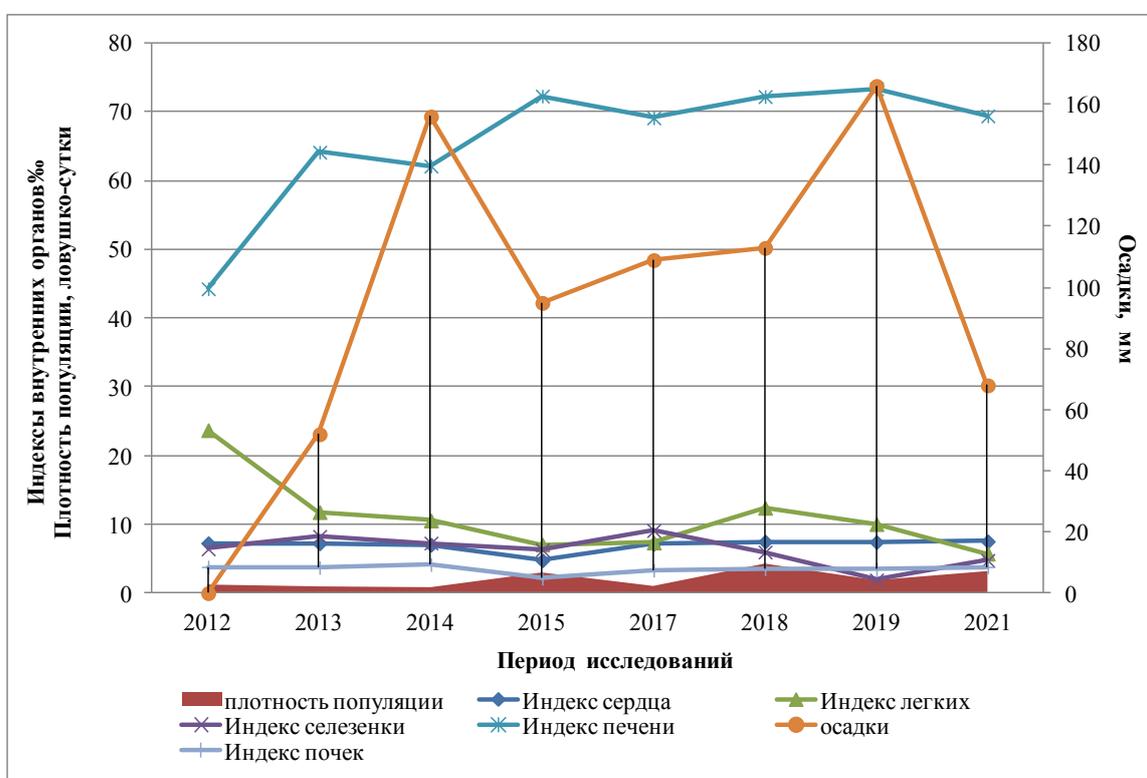


Рис. 1. Изменение индексов внутренних органов, плотности популяции *Myodes glareolus* за период 2012–2021 гг. и в зависимости от количества выпавших осадков

В 2015 г. установлены относительно наименьшие значения показателей индексов сердца и почек. Так, показатель индекса сердца достоверно ниже в 1,5 раза, а показатель индекса почек в 1,7 раза аналогичных показателей у особей в другие годы исследований ($p < 0,01$). Наименьший показатель индекса селезенки отмечен в 2019 г. и составил 1,92%. Индекс легких достоверно ниже в 2021 г. по сравнению с 2012, 2018 и 2019 гг. ($p < 0,01$), с 2014 и с

2017 гг. ($p > 0,01$) и по сравнению с 2013 г., где статистическая достоверность разницы составляет $p < 0,05$.

Выявлена следующая тенденция: относительно наименьшие значения индексов сердца, легких, почек наблюдаются в период благоприятных климатических условий и увеличения плотности популяции (рис. 1), что соответствует результатам исследований Э. В. Ивантера, которые представлены в работе «Опыт экологического анализа морфофизиологических особенностей мелких млекопитающих» [2].

Установлена преимущественно обратная корреляция индексов внутренних органов от количества осадков и плотности популяции (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции, отражающие зависимости морфофизиологических признаков от количества осадков и плотности популяции

Показатели	Количество осадков	Плотность популяции
Индекс сердца	-0,02	-0,14
Индекс почек	-0,04	-0,36
Индекс легких	-0,57	-0,27
Индекс селезенки	-0,32	-0,40
Индекс печени	0,68	0,51

Показатель индекса печени, наоборот, имеет прямую статистическую зависимость от количества осадков и плотности популяции. Сравнительно наибольшие показатели индекса печени установлены в 2015, 2018, 2019 и 2021 гг., когда наблюдается подъем численности популяции. Данные периоды характеризуются благоприятными условиями для депонирования резервного гликогена в печени.

Популяционная динамика в заповеднике не связана с антропогенным прессом и может быть использована в качестве контрольного примера характеристик исследуемой популяций для сравнения с другими популяциями грызунов в экологически контрастных условиях лесных биоценозов.

Проведен сравнительный анализ морфофизиологических характеристик популяций *Myodes glareolus* на территории заповедника «Кологривский лес» и Костромского лесничества (табл. 2).

Для исследования состояния популяции *Myodes glareolus* на урбанизированных территориях Костромской области в качестве базы исследования выбраны 3 участка на территории Костромского лесничества Костромское ОПХ «Минское» кварталы 1, 2 и 4, расположенные в южной части Костромского района Костромской области (рис. 2).

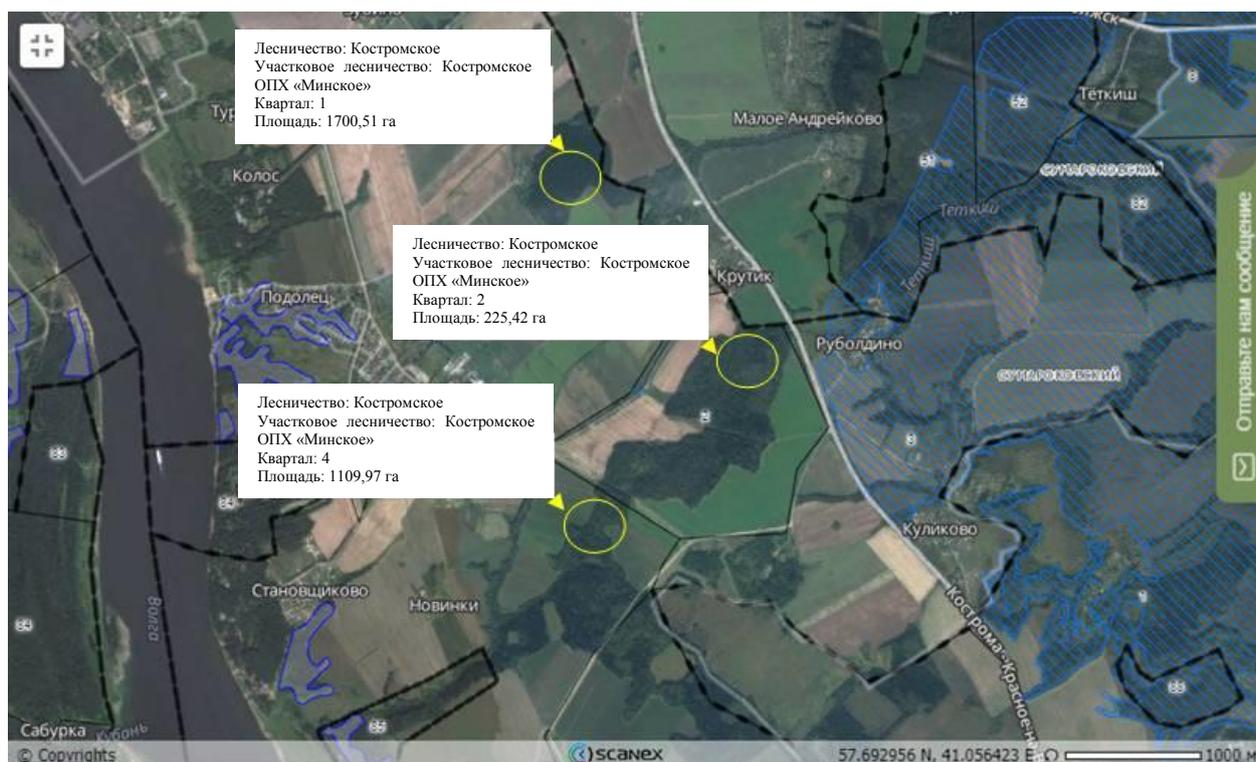


Рис. 2. Карта-схема участков исследования популяции *Myodes glareolus* на территории Костромского лесничества ОПХ «Минское» [3]

Основным источником возможного антропогенного воздействия на популяцию *Myodes glareolus* на данных участках являются работы по выращиванию сельскохозяйственной продукции. Данный вид антропогенного пресса ведет к трансформации естественных природных ландшафтов, что, в свою очередь, оказывает влияние на кормовые ресурсы, ориентацию полевков на территории, возможность найти укрытия.

Таблица 2

Морфофизиологические индексы внутренних органов *Myodes glareolus* на территории ГПЗ «Кологривский лес» и Костромского лесничества ОПХ «Минское» (%)

Показатели	ГПЗ Кологривский лес		Костромское лесничество ОПХ «Минское»	
	X±Sx	Cv	X±Sx	Cv
Сердце	7,53±0,17	13,22	6,84±0,42	20,95
Почки	8,67±0,22	16,07	7,50±0,31	14,89
Легкие	5,75±0,34	17,62	5,35±0,31	19,22
Селезенка	4,76±0,27	32,63	5,61±0,48	25,20
Печень	69,42±1,54	13,51	58,63±2,17	11,51

Результаты сравнения величин индексов внутренних органов популяции вида *Myodes glareolus* на рассматриваемых территориях показали, что значения показателей индексов сердца, легких и селезенки сравнительно ниже на территории ОПХ «Минское», однако статистически достоверных различий не установлено (табл. 2).

Относительно высокие показатели индекса почек наблюдаются у особей на территории Кологривского заповедника, а именно данный показатель в 1,2 раза выше аналогичного показателя на территории Костромского лесничества ОПХ «Минское» ($p < 0,01$). Также у особей этой популяции отмечены относительно высокие показатели индексов печени. Так, значение данного показателя в 1,18 раза выше чем у грызунов на территории лесничества ($p < 0,01$), что можно объяснить отсутствием на территории заповедника антропогенного пресса, а также относительно невысокой и стабильной интенсивностью расхода запасов гликогена в печени необходимых для роста и размножения особей.

Таким образом, при рассмотрении особенностей интерьерных признаков популяций *Myodes glareolus* на территории ГПЗ «Кологривский лес» установлена обратная статистическая зависимость показателей индексов сердца, почек, легких и селезенки от количества осадков и плотности популяции, у показателя индекса печени, наоборот, установлена прямая статистическая зависимость. Сравнительный анализ интерьерных признаков грызунов заповедника с аналогичными показателями у особей на территории Костромского лесничества показали незначительные различия, которые, возможно, связаны с наличием антропогенного пресса.

Библиографический список

1. Шварц С. С., Смирнов В. В., Добринский Л. Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Труды Института экологии растений и животных АН СССР Уральский филиал. Вып. 58. Свердловск, 1968. 387 с.
2. Ивантер Э. В. Опыт экологического анализа морфофизиологических особенностей мелких млекопитающих. Сообщение II. Сезонно-возрастная динамика и характер индивидуальной изменчивости интерьерных показателей // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2018. № 8 (117). С. 7–16. doi: 10.15393/uchz.art.2018.243
3. Леса высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ) России [Электронный ресурс]. – URL: <https://hcvf.ru/ru/maps/hcvf-kostroma> (дата обращения: 15.10.2021).

ЗООБЕНТОС В БИОИНДИКАЦИИ ОЗЕР ВБЛИЗИ БЫВШЕГО ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Т. И. Кочурова

*Вятский научно-технический информационный центр мониторинга
и природопользования, kochurovati@mail.ru*

Представлены результаты исследования зообентоса трех водоемов в непосредственной близости от бывшего объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский». Приведены сведения о таксономическом богатстве, количественных показателях зообентоса и биоиндикации водоемов на завершающем этапе функционирования объекта (2014 г.) и спустя четыре года после окончания его деятельности (2019 г.).

Ключевые слова: зообентос, таксономическое богатство, численность, биомасса, биоиндикация, объект уничтожения химического оружия «Марадыковский».

Исследование зообентоса рек, попадающих в зону защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» (ОУХО), осуществлялось регулярно в течение всего периода функционирования предприятия (2006–2015 гг.), результаты неоднократно публиковались. Гидробиологического обследования озер в рамках программы государственного мониторинга поверхностных вод в зоне влияния ОУХО не проводилось. Впервые зообентос трех озер, расположенных на территории санитарно-защитной зоны ОУХО, был исследован в августе 2014 г. на завершающем этапе функционирования объекта. В 2019 г. в целях оценки экологического состояния поверхностных вод в районе проектируемого Производственно-технического комплекса (ПТК) по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности «Марадыковский» работа была продолжена и проводилась на пяти водоемах (два из числа обследованных в 2014 г. и три новых).

В данной статье публикуются результаты изучения зообентоса трех водоемов, расположенных в непосредственной близости от бывшего ОУХО и планируемого ПТК «Марадыковский». Местоположение и характеристика водных объектов представлены в таблице 1. Все исследуемые водоемы имеют котловину искусственного происхождения (бывшие карьеры), являются непроточными, течение воды отсутствует. Донные отложения представлены песчаными грунтами, в водоемах 1 и 2 – с существенной примесью детрита, а в водоеме 3 – с примесью глины.

Пробы зообентоса собирали 1 раз в год по стандартным методикам [1, 2]. С разных биотопов в пределах одного пункта наблюдения отбирали по две количественных и одной качественной пробе. Количественные пробы отбирали штанговым трубчатым дночерпателем Мордухай-Болтовского в литоральной зоне с грунта на дне водоема (глубина 40–90 см), качественные – гидробиологическим сачком с зарослей высшей водной растительности.

Таблица 1

Местоположение и характеристика пунктов наблюдения

Название	Удаленность от ОУХО, км	Местоположение	Размеры водного объекта	Время исследования
Водоем № 1	0,8	В лесу на просеке, к северо-западу от ОУХО	длина 225 м; ширина 30 м; площадь 6,4 тыс. м ²	август 2014 г.; октябрь 2019 г.
Водоем № 2	1,4	На техногенно-измененной территории, к югу от ОУХО	длина 200 м; ширина 90 м; площадь 17,9 тыс. м ²	август 2014 г.; октябрь 2019 г.
Водоем № 3	0,15	На границе леса и луга, к северо-западу от ОУХО	длина 80 м; ширина 15 м; площадь 1,2 тыс. м ²	октябрь 2019 г.

Пробы промывали через сито из мельничного газа с размером ячеек 0,4 мм и фиксировали 70%-ным этиловым спиртом. Идентификацию организмов выполняли по определителям [3]. Определение организмов в зависимости от таксономической группы выполняли до уровня вида, рода, семейства, отряда, класса. Для характеристики состояния донных биоценозов использовали следующие показатели: количество таксонов, общая численность, общая биомасса, численность и биомасса основных систематических групп. Оценку качества поверхностных вод по составу донных беспозвоночных проводили биоиндикационными методами. Применяли: олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея – выраженное в процентах отношение численности олигохет к общему числу донных организмов [1, 4]; индекс Балушкиной, показывающий загрязненность воды по соотношению численности представителей отдельных подсемейств хирономид [2, 5]; ЕТО-индекс, определяемый как сумма видов трех отрядов амфибиотических насекомых – поденки (Ephemeroptera), ручейники (Trichoptera) и стрекозы (Odonata) – представители которых являются высоко чувствительными к различного рода загрязнениям [6]. Таксономическое разнообразие оценивали по индексу Шеннона [7]. Наличие организмов-индикаторов сапробности устанавливали согласно списку А. В. Макрушина [8] и Атласу сапробных организмов [9].

В результате исследований в составе зообентоса озер обнаружены представители 21 систематической группы: гидры (Hydrida), нематоды (Nematoda), малощетинковые черви (Oligochaeta), пиявки (Hirudinea), двустворчатые (Bivalvia) и брюхоногие (Gastropoda) моллюски, водяные клещи (Hydrachnidia), ветвистоусые (Cladocera), веслоногие (Copepoda), ракушковые (Ostracoda) и равноногие (Isopoda) раки, жесткокрылые (Coleoptera), водяные клопы (Hemiptera), личинки поденок (Ephemeroptera), стрекоз (Odonata), веснянок (Plecoptera), большекрылых (Megaloptera), ручейников (Trichoptera), хирономид (Chironomidae), мокрецов (Ceratopogonidae) и прочих двукрылых (прочие Diptera). Наибольшее распространение имели олигохеты и личинки хирономид, присутствовавшие во всех пробах.

Бентофауна исследуемых озер без учета низших ракообразных (Cladocera, Copepoda, Ostracoda) насчитывала 57 таксонов видового и надвидового рангов, относящихся к пяти типам (Cnidaria, Nematelminthes, Annelida, Mollusca, Arthropoda). В 2014 г. максимальное обилие таксонов (30) отмечалось в водоеме 1, находящемся в лесу за территорией воинской части; в водоеме 2, расположенном между объектом хранения химического оружия и шоссейной дорогой «ОУХО – пос. Мирный», этот показатель был существенно ниже – 17. В 2019 г. таксономическое богатство выровнялось и составляло 26 таксонов в водоеме 1, 24 – в водоеме 2, 25 – в водоеме 3. Худшее состояние бентосных сообществ по данному показателю оставалось на водоеме 2, где, не смотря на рост общего числа регистрируемых таксонов по отношению к 2014 г., состав обитателей донного грунта (устанавливается по результатам количественных проб) был значительно беднее, чем в водоемах 1 и 3.

Из видов-индикаторов сапробности в 2019 г. во всех водоемах установлено обитание олигосапробов, олиго-бета-мезосапробов и бета-мезосапробов. Альфа-мезосапробов (присутствовали в водоемах 1 и 2 в 2014 г.) не зарегистрировано. Больше всего представителей чистых вод (четыре из олигосапробной, три из олиго-бета-мезосапробной и один из бета-мезосапробной зон) встречено в водоеме 3, что указывает на меньшую степень его органического загрязнения. Рост числа индикаторов чистых вод (с пяти в 2014 г. до семи в 2019 г.) в водоеме 2 свидетельствует об улучшении его экологического состояния на данном временном отрезке.

Значения общей численности и биомассы зообентоса (без Cladocera, Serepoda, Ostracoda) в 2019 г. в водоеме 1 составляли соответственно 9,9 тыс. экз./м² и 8,1 г/м². Значительную часть численности слагали личинки хирономид (34,3%) и поденок (30,3%). По биомассе доминировали личинки стрекоз (44,5% общей биомассы) и хирономиды (28,4%). Показатели общей численности и биомассы зообентоса существенно сократились в сравнении с 2014 г. (в 2 и 3 раза соответственно). В структуре доминирования снизилась доля олигохет и моллюсков, существенно увеличилась роль поденок и ручейников.

В водоеме 2 численность зообентоса насчитывала 14,9 тыс. экз./м². Основу численности составляли олигохеты (57,9%) и личинки хирономид (29,6%). Биомасса составляла 9,4 г/м². Доминирующая роль в биомассе принадлежала личинкам двукрылых (57%) и олигохетам (28,2%), субдоминантное положение занимали личинки хирономид (8,5%). По сравнению с 2014 г. общая численность зообентоса в пруду увеличилась более чем вдвое, биомасса уменьшилась на 2 г/м².

В водоеме 3 плотность донных организмов составляла 8 тыс. экз./м² по численности и 7,5 г/м² по биомассе. В качестве доминантов по численности выступали хирономиды (39%), в качестве субдоминантов – личинки поденок (25,2%). Ведущая роль в биомассе принадлежала личинкам большекрылых (32,7%). За ними следовали хирономиды (21,3%), личинки ручейников (14,7%) и поденок (13,3%). Количественные показатели зообентоса в этом водоеме были близки к значениям водоема 1.

Результаты биоиндикации водоемов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка качества воды по состоянию зообентоса

Биоиндикационный показатель	Водоем № 1		Водоем № 2		Водоем № 3
	2014 г.	2019 г.	2014 г.	2019 г.	2019 г.
1	2	3	4	5	6
Олигохетный индекс, %	21,2 (2 класс, чисто)	16,9 (1 класс, очень чисто)	36,0 (3 класс, умеренно загрязнено)	58,3 (4 класс, загрязненные воды)	16,2 (1 класс, очень чисто)

1	2	3	4	5	6
Индекс Балушкиной	5,79 (умеренно загрязненные)	6,0 (умеренно загрязненные)	5,37 (умеренно загрязненные)	4,47 (умеренно загрязненные)	2,29 (умеренно загрязненные)
ЕТО-индекс	12	11	2	9	12
Индекс Шеннона, бит/экз.	2,1	2,0	1,78	1,62	2,31

В 2019 г. по олигохетному индексу Гуднайта и Уитлея состояние водоемов 1 и 3 характеризовалось первым классом качества (очень чисто). Доля олигохет в составе их бентосных сообществ была низкой, что, возможно, обусловлено особенностью донных грунтов, содержащих большое количество растительного детрита. Наличие гнилостного запаха и присутствие черного цвета в окраске донных осадков, отмечавшиеся при отборе проб на этих водоемах, указывало на протекание восстановительных процессов в грунтах, происходящих при разложении большого количества растительных остатков в условиях недостатка кислорода. В водоеме 2, донные отложения которого были представлены песками с присутствием наилка и глинистых включений, значения олигохетного индекса были существенно выше, соответствовали четвертому классу качества вод (загрязненный водоем) и указывали на присутствие органического загрязнения, которое в 2019 г. усилилось по сравнению с 2014 г.

Индекс Балушкиной характеризовал воду всех водоемов как умеренно загрязненную. Лучшее качество воды по данному показателю отмечено в водоеме 3. ЕТО-индекс в разных водоемах имел значение от 2 до 12. Лучшая ситуация по данному показателю отмечена в пруду 3, где сложились наиболее благоприятные условия для обитания чувствительных к загрязнению представителей отрядов амфибиотических насекомых Ephemeroptera, Trichoptera и Odonata. Самые низкие значения ЕТО-индекса отмечены в водоеме 2. По отношению к 2014 г. ЕТО-индекс в водоеме 1 почти не изменился, в водоеме 2 существенно вырос, что указывало на улучшение качества воды. Для сравнения следует отметить, что зарегистрированные в 2019 г. значения ЕТО-индекса для исследуемых озер сопоставимы со значениями аналогичного показателя в оз. Нургуш (территория государственного заповедника «Нургуш»), где в июле 2004 г. ЕТО-индекс составлял 11, в сентябре 2014 г. – 8 [10].

Наибольшее таксономическое разнообразие, определяемое по индексу Шеннона, зарегистрировано в водоеме 3. Относительно благополучной по данному показателю оценивается и ситуация на водоеме 1. Самое низкое значение индекса Шеннона установлено для водоема 2, что указывает на меньшую степень устойчивости его экосистемы.

Таким образом, по совокупности структурных характеристик зообентоса и рассчитанных на их основе биоиндикационных показателей можно сделать вывод, что в водоемах 1 и 3 складывались достаточно благоприятные

условия для обитания донных беспозвоночных. Худшая экологическая ситуация зарегистрирована на водоеме 2, бентоценозы которого отличались более низким таксономическим богатством и разнообразием, нарастающим доминированием олигохет, указывающим на наличие органического загрязнения.

Водоёмы, располагавшиеся на территории природных сообществ (лес, луг) даже вблизи от ОУХО, характеризовались сходными значениями анализируемых показателей (таксономическое богатство, количественные и биоиндикационные показатели) и лучшим экологическим состоянием, чем водоем, находящийся на техногенно-трансформированной территории. Улучшение состояния бентосных сообществ, отмеченное после прекращения деятельности ОУХО, было наиболее заметно на водоеме 2 с изначально большей степенью антропогенной нарушенности.

Библиографический список

1. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под общ. ред. В. А. Абакумова. Л. : Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
2. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под общ. ред. В. А. Абакумова. СПб. : Гидрометеиздат, 1992. 319 с.
3. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб. : Наука, (1994. Т. 1. 395 с.; 1995. Т. 2. 628 с.; 1997. Т. 3. 439 с.; 1999. Т. 4. 998 с.; 2001. Т. 5. 836 с.; 2004. Т. 6. 528 с.)
4. Goodnight C. J., Whitley L. S. Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15th Ind. Waste Conf., Purdue Univ. Eng. Ext. 1961. Ser. 106. P. 139–142.
5. Балущкина Е. В. Хирономиды как индикаторы степени загрязнения воды // Методы биологического анализа пресных вод. Л. : ЗИН АН СССР, 1976. С. 106–118.
6. Семенченко В. П. Экологическое качество поверхностных вод. Минск : Беларус. навука, 2011. 329 с.
7. Константинов А. С. Общая гидробиология: учебник для студентов биологических специальностей вузов. М. : Высш. шк., 1986. 474 с.
8. Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. Ленинград : Академия наук СССР, 1974. 224 с.
9. Унифицированные методы исследования качества вод. Часть III. Методы биологического анализа вод. М. : Секретариат СЭВ, 1997. 227 с.
10. Кочурова Т. И. Макрозообентос поверхностных водных объектов заповедника Нургуш // Труды государственного природного заповедника «Нургуш». Т. 3. Киров : Старая Вятка, 2015. С. 87–105.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA) ЗАКАЗНИКА «БУШКОВСКИЙ ЛЕС» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А. В. Мазеева, О. И. Кулакова, А. Г. Татаринов
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, mazeeva@ib.komisc.ru

В публикации представлены новые данные о видовом составе, таксономической, ландшафтно-зональной структуре и топических группировках булавоусых чешуекрылых локальной фауны заказника «Бушковский лес», расположенного в Уржумском районе Кировской области.

Ключевые слова: чешуекрылые, ООПТ, Бушковский лес, локальные фауны, Кировская область.

Инвентаризация видового состава особо охраняемых природных территорий является одним из ключевых элементов их охраны. Достаточно обширная сеть ООПТ Кировской области, тем не менее, по многим группам насекомых, в частности чешуекрылых, все ещё изучена слабо. Между тем булавоусые чешуекрылые являются удобным модельным объектом, позволяющим быстро отследить происходящие в биоценозах изменения, в том числе вызванные антропогенной деятельностью. Что немаловажно, учитывая хотя и ограниченные, но ведущиеся в ряде ООПТ лесозаготовки, выкашивание, рекреационную нагрузку и др. антропогенную деятельность.

Комплексным заказник регионального значения «Бушковский лес», площадью 9275 га, расположен в подзоне хвойно-широколиственных (подтаежных) лесов в Уржумском районе Кировской области. Высокую научную ценность представляют участки старовозрастных липовых сообществ [1].

Первые сведения о булавоусых чешуекрылых этой территории были получены В. А. Копысовым [2] в ходе работ по обоснованию создания заказника и в дальнейшем дополнены О. И. Кулаковой и С. В. Пестовым [3, 4]. Благодаря этим исследованиям был составлен фаунистический список, включающий 34 вида булавоусых чешуекрылых из 24 родов и шести семейств.

В июне 2021 г. эколого-фаунистические исследования по булавоусым чешуекрылым на территории заказника были продолжены. Кроме инвентаризации видового состава были проведены визуальные количественные учеты видов на линейных площадках-трансектах [5, 6] для выявления пространственно-типологической структуры населения булавоусых чешуекрылых. С помощью пятибалльной ограниченной сверху логарифмической шкалой относительного обилия видов [7], установлена численность видов, оценен уровень инвентаризационного разнообразия видов в природных сообществах с помощью индексов: видового богатства Маргалёфа (D_{mg}), доминирования Симпсона (D_{sm}) и Бергера-Паркера (d).

За период исследований было выявлено 45 видов из 29 родов и шести семейств булавоусых чешуекрылых, из которых 23 вида были новыми для заказника. Таким образом, видовой состав булавоусых чешуекрылых этой особо охраняемой территории на данный момент включает 58 видов из 35 родов, шести семейств (рис. 1) и может считаться почти выявленным.

В таксономическом отношении в фауне заказника преобладают представители сем. *Nymphalidae*, на втором месте голубянки (*Lycaenidae*).

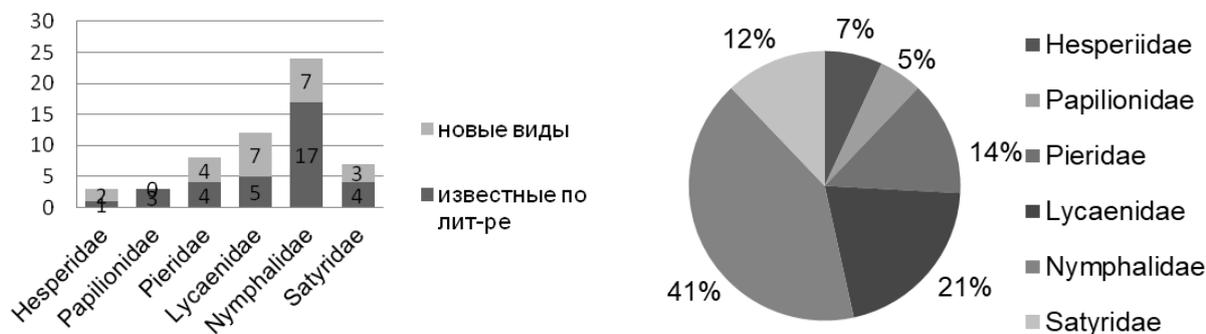


Рис. 1. Таксономическая структура булавоусых чешуекрылых заказника «Бушковский лес»

Ландшафтно-зональную структуру фауны формируют в основном виды лесного (50%) и интразонального (45%) комплексов. Гипоарктический комплекс представлен одним видом (*Colias palaeno*), относящимся к гипоарктобореальной группе. Интразональный комплекс формируют суббореальная интрастенозональная (13 видов), температурная интрастенозональная (10 видов) и интраполизональная (3 вида) группы. Лесной комплекс образуют представители суббореальной лесной (19 видов) и широко лесной групп (10 видов). Степной комплекс представлен одним видом (*Melanargia russiae*).

Для выявления пространственно-типологической структуры населения *Rhopalosiega* исследовано несколько лесных, опушечных и луговых типов местообитаний, расположенных в окр. д. Индыгойка и около оз. Шайтан (табл.). На злаково-разнотравных лугах (участки I-III) наиболее обильными (баллы 4, 5) были голубянки видовой группы *Plebejus idas* и бархатница *Aphantopus hyperantus*, численность которых на трансектах доходила до 288 и 232 экз/га соответственно. В состав фоновых видов входили также голубянки *Lycaena virgaureae*, *Polyommatus amandus* и шашечница *Melitaea diamina*.

На лугу (участок IV) у памятника природы оз. Шайтан (входит в состав заказника) были многочисленны переливницы *Apatura ilia* и *A. iris*. Численность остальных чешуекрылых здесь была крайне низкой и не превышала 3–4 особей каждого вида (балл 1), что связано с отсутствием кормовых и цветущих растений вследствие выкоса травы на большей части участка.

В опушечных местообитаниях (участки V, VI) также как и на луговых участках преобладали (балл 4) голубянки видовой группы *Plebejus idas* и бархатницы *Aphantopus hyperantus*, однако их относительное обилие здесь было ниже, чем на лугах и доходило до 100 и 103 экз./га соответственно. Кроме то-

го, многочисленны были голубянка *Polyommatus amandus*, переливница *Apatura iris*, шашечница *Melitaea diamina*, сенница *Coenonympha glycerion*.

На вырубке, лесных дорогах, полянах встречались отдельные особи *Polygonia c-album*, *Limenitis camilla*, *L. populi*, *Papilio machaon*, *Pieris napi*, были довольно многочисленны *Apatura ilia* и *A. iris*.

Таблица

Видовой состав, баллы относительного обилия и показатели видового разнообразия булавоусых чешуекрылых в растительных сообществах ЛФ заказника «Бушковский лес»

№	Вид	I	II	III	IV	V	VI
1	2	3	4	5	6	7	8
	Hesperiidae						
1	<i>Pyrgus alveus</i> (Hbn.)	1	–	–	–	–	–
2	<i>Thymelicus lineola</i> (Ochs.)	1	2	1	–	–	–
3	<i>Ochlodes sylvanus</i> (Esp.)	–	1	–	–	1	2
	Papilionidae						
4	<i>Papilio machaon</i> L.	1	1	3	–	1	–
	Pieridae						
5	<i>Leptidea sinapis</i> (L.)	1	–	1	–	–	–
6	<i>Aporia crataegi</i> (L.)	–	–	–	–	1	1
7	<i>Pieris napi</i> (L.)	1	1	1	1	–	1
8	<i>P. rapae</i> (L.)	–	–	–	–	1	–
9	<i>Colias hyale</i> (L.)	–	–	1	1	–	1
10	<i>C. palaeno</i> (L.)	–	–	–	–	1	–
11	<i>Gonopteryx rhamni</i> (L.)	1	–	–	–	–	–
	Lycaenidae						
12	<i>Lycaena dispar</i> (Haw.)	–	–	1	1	–	–
13	<i>L. hippothoe</i> (L.)	–	–	1	–	–	–
14	<i>L. alciphron</i> (Rott.)	–	1	–	–	–	–
15	<i>L. virgaureae</i> (L.)	3	3	1	–	–	1
16	<i>Cupido argiades</i> (Pall.)	–	–	1	–	–	–
17	<i>Celastrina argiolus</i> (L.)	–	–	–	1	–	–
18	группа <i>Plebejus idas</i>	5	5	4	1	4	4
19	<i>Cyaniris semiargus</i> (Rott.)	1	1	–	–	1	–
20	<i>Polyommatus amandus</i> (Schn.)	2	3	1	1	3	3
21	<i>P. icarus</i> (Rott.)	–	–	1	–	1	–
	Nymphalidae						
22	<i>Apatura ilia</i> ([Den. et Schiff.])	–	–	–	4	2	2
23	<i>A. iris</i> (L.)	–	–	–	4	3	2
24	<i>Limenitis camilla</i> (L.)	–	–	–	–	–	1
25	<i>L. populi</i> (L.)	–	–	–	–	–	–
26	<i>Nymphalis vaualbum</i> ([Den. et Schiff.])	–	–	–	1	–	–
27	<i>N. xanthomelas</i> (Esp.)	–	–	–	1	–	–
28	<i>N. urticae</i> (L.)	–	–	–	–	–	1
29	<i>Polygonia c-album</i> (L.)	–	–	–	1	–	–
30	<i>Vanessa atalanta</i> (L.)	–	–	–	–	–	1

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
31	<i>Melitaea phoebe</i> ([Den. et Schiff.])	1	1	1	–	–	–
32	<i>M. diamina</i> (Lang.)	2	2	2	–	3	3
33	группа <i>M. athalia</i>	–	1	–	–	1	2
34	<i>Clossiana selene</i> ([Den. et Schiff.])	–	–	–	–	–	1
35	<i>C. titania</i> (Esp.)	–	–	–	–	–	1
36	<i>Brenthis ino</i> (Rott.)	–	1	–	1	1	2
37	<i>Argynnis paphia</i> (L.)	–	–	–	1	–	1
38	<i>Argynnis adippe</i> ([Den. et Schiff.])	–	–	–	–	–	1
39	<i>Argynnis aglaja</i> (L.)	1	1	1	–	1	1
	Satyridae						
40	<i>Lasiommata maera</i> (L.)	–	–	–	–	1	–
41	<i>Melanargia russiae</i> (Esp.)	2	1	2	–	–	–
42	<i>Coenonympha glycerion</i> (Brkh.)	1	1	2	–	3	2
43	<i>C. hero</i> (L.)	–	–	–	–	1	–
44	<i>Aphantopus hyperantus</i> (L.)	4	5	4	1	4	4
45	<i>Maniola jurtina</i> (L.)	2	2	1	1	1	1
Показатели видового разнообразия							
	S	21	20	18	14	20	23
	D _{mg}	3,302	2,79	3,937	2,958	3,856	4,587
	D _{sm}	0,7369	0,6431	0,8789	0,734	0,8574	0,843
	d	0,4684	0,4471	0,2133	0,3704	0,2246	0,2645

Примечание: I–VI см. в тексте. Баллы относительного обилия: 1 – единичный, 2 – малочисленный, 3 – обычный, 4 – многочисленный, 5 – массовый [7]. Серым цветом выделены фоновые виды.

Распределение видов по обилию на луговых участках соответствовало логарифмической модели (рис. 2), что можно объяснить тем, что был исследован только один фенологический аспект, в период которого наблюдался пик лёта массовых видов: бархатницы *Aphantopus hyperantus* и голубянок видовой группы *Plebejus idas*. Распределение видов на опушечных участках V и VI расположенных на окраине заказника, близко к логнормальной модели, так как состав фоновых видов здесь был разнообразнее, чем на лугах.

Погодные условия периода исследований также, вероятно, стали причиной того, что в середине-конце третьей декады июня появились свежие особи ряда видов (*Thymelicus lineola*, *Papilio machaon*, *Leptidea sinapis* (второе поколение), *Gonopteryx rhamni*, *Lycaena virgaureae*, *Nymphalis urticae*, *Melanargia russiae*). На суходольных лугах, начиная с третьей декады июня начали встречаться свежие особи бархатницы *M. russiae*, ранее отмеченной в регионе только для нескольких локальных фаун в количестве одно-двух особей, скорее всего, мигрантов. Ее численность на участках II и III увеличивалась постепенно и в последних числах месяца доходила до 13 экз./га, из чего

можно предположить, что в местных условиях у данного вида сформировались временные популяции.

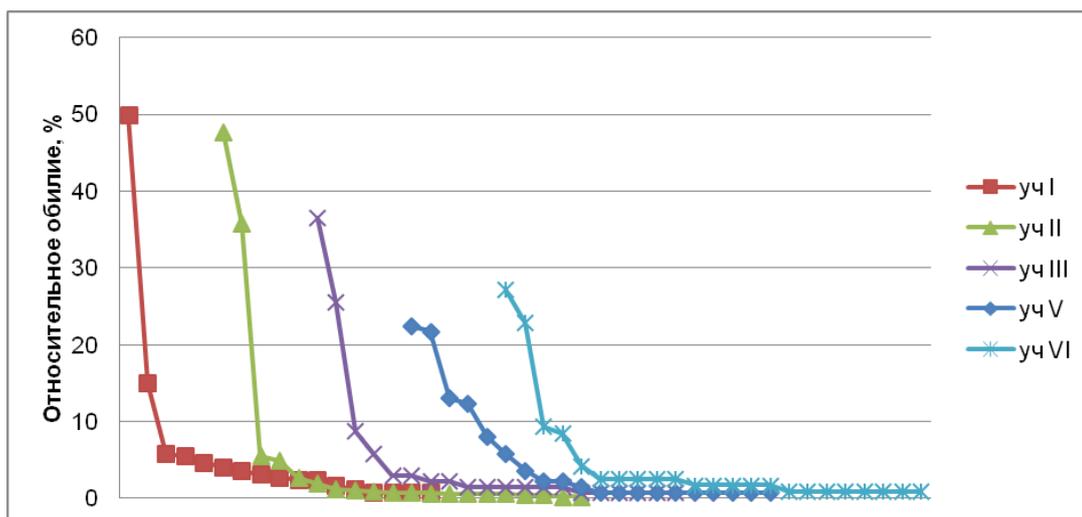


Рис. 2 Ранговое распределение видов на учетных трансектах

На территории заказника были зарегистрированы редкие виды, в том числе пять видов (*Colias palaeno*, *Lycaena alciphron*, *Apatura iris*, *Melanargia russiae*, *Coenonympha hero*), включенных в Приложение № 2 Красной книги Кировской области [8]. Интересными находками было обнаружение таких видов как *Pyrgus alveus*, *Colias palaeno*, *Lycaena alciphron*, *Apatura ilia*, *A. iris*, *Limenitis camilla*, *Nymphalis vaualbum*, *N. xanthomelas*, *Melitaea phoebe*, *Clossiana selene*, *C. titania*, *Melanargia russiae*, *Coenonympha hero*.

Таким образом, фауна заказника «Бушковский лес» характеризуется высоким разнообразием видов и сложной структурой населения булавоусых чешуекрылых в природных сообществах. Здесь обитает большое число видов, ставшими редкими в других районах, в том числе включенные в региональную Красную книгу [8]. Можно сделать вывод, что комплексный заказник «Бушковский лес» играет важную роль в сохранении видового разнообразия булавоусых чешуекрылых и в целом биоразнообразия Кировской области.

Библиографический список

1. Домнина Е. А., Пересторонина О. Н., Пестов С. В. Мониторинг состояния заказника «Бушковский лес» (Кировская область) // Известия Самарского НЦ РАН. 2015. Т. 17. № 6. С. 289–293.
2. Проект особо охраняемой природной территории в Уржумском районе Кировской области (Государственный природный заказник «Бушковский лес») (Сводный отчет) / Н. П. Савиных и др., Киров, 2004. 156 с. (рукопись).
3. Пестов С. В. К фауне членистоногих заказника «Бушковский лес» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров, 2014. С. 207–209.
4. Кулакова О. И., Пестов С. В. Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera: Rhopalocera) заказника «Бушковский лес», Кировская область // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2018. С. 172–175.

5. Pollard E. A method for assessing changes in the abundance of butterflies // Biol. Conserv. 1977. Vol. 12. No. 2. P. 115–134.

6. Yamamoto M. Notes on the methods of belt transect census of butterflies // J. Fac. Sci. Nippon Univ. 1975. Ser. VI. Zool. Vol. 20. No. 1. P. 53–58.

7. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М. : Наука, 1982. 288 с.

8. Красная книга Кировской области. Изд. 2-е. Киров : ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

ТРЕМАТОДОФАУНА ПЕЧЕНИ ВЯТСКИХ ЛОСЕЙ

О. В. Масленникова¹, Т. Г. Шихова², А. П. Панкратов², С. А. Лимендова¹

¹ Вятский государственный агротехнологический университет,

² ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,
olgamaslen@yandex.ru, biota.vniioz@mail.ru, limendova@mail.ru

В статье рассмотрена трематодофауна печени лося в сезон охоты 2019–2020 гг. в пойме р. Чепцы (Кировская область). Выявлена высокая общая зараженность лося трематодами – 71,4% (объем выборки – 28 особей). Зараженность лося *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* составила 64,3% (в группе молодняка до года – 90%), а *Dicrocoelium dendriticum* – 7,1%.

Ключевые слова: лось, печень, *Parafasciolopsis fasciolaemorpha*, *Dicrocoelium dendriticum*

Лось (*Alces alces* L.) – один из основных промысловых видов копытных охотничьей фауны Северо-востока Европейской части России. Оценка состояния благополучия популяции лося оценивается по ряду показателей: состояние численности и плотности зверя, его плодовитости, массы, состояние здоровья. По оценке охотоведов и охотников, в последнее десятилетие вятский лось начал «мельчать». Средняя масса туши лося старше года и выше не превышает 120–150 кг, что характерно для 1,5-годовалых лосей. Редко встречаются более крупные особи. В гоне пытаются участвовать недоразвитые звери с небольшой массой тела.

Одна из влияющих на здоровье лося причин – паразиты, которые поражают жизненно важные органы: легкие и печень. С 2010 г. нами ведется мониторинг зараженности печени лосей трематодами. Лось заражается, как правило, специфическим видом трематод – *Parafasciolopsis fasciolaemorpha*, характерным только для него. В жизненном цикле паразита участвует роговая катушка *Planorbium corneum*, высокая плотность которой наблюдается в пойменных водоемах [1]. Лось для данного паразита – облигатный хозяин. Для остальных видов диких и домашних копытных *P. fasciolaemorpha* является факультативным или случайным хозяином, не вызывающим высокой степени заражения. Данная трематода обитает в протоках печени лося, вызывая при сильном поражении утолщение стенок желчных протоков и образование

пузыревидных выпячиваний этих протоков. Количество трематод в печени лося может возрасти до десятков тысяч экземпляров. Нарушается функционирование печени, снижается упитанность зверя, возможен даже летальный исход [2, 3]. Нами выявлено, что *P. fasciolaemorpha* влияет на состояние популяции лося, зверь «мельчает», рождается ослабленное потомство [4]. Цель данного исследования – определить трематодофауну печени вятских лосей в пойме р. Чепцы в сезон охоты 2019–2020 гг.

Исследования проводились на территории научно-опытного охотхозяйства (НООХ) ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства (ВНИИОЗ), расположенного в трех районах Кировской области (Зуевском, Слободском, Белохолуницком) в охотничий сезон 2019/2020 гг. Учитывались место добычи, масса печени, масса лося, пол и возраст животного. Методом неполного гельминтологического вскрытия были исследованы образцы печени, взятые у 28 лосей. Рассчитывалась экстенсивность инвазии – ЭИ (процент зараженных особей в выборке) и интенсивность инвазии – ИИ (число паразитов, приходящихся на 1 зараженную особь).

Погодные условия 2019 г. отличались значительными отклонениями от нормы – аномально холодное лето и дождливая осень [5], что повлияло на количественные показатели трематодозной инвазии лося.

В печени лося выявлены 2 вида трематод: *P. fasciolaemorpha* и *Dicrocoelium dendriticum*. Общая зараженность трематодами составила 71,4%. Парафасциолез обнаружен в Слободском и Зуевском районах, дикроцелиоз – в Белохолуницком и Зуевском районах. Экстенсивность инвазии (ЭИ) *P. fasciolaemorpha* составила 64,3%, средняя интенсивность инвазии (ИИ) – 3462 (38–36113) экз.

Зараженность лося дикроцелиями небольшая – 7,1%, т.к. данный паразит для него является факультативным или случайным. Заражено было всего 2 взрослых лося: самец (3+) из угодий Белохолуницкого района и взрослая самка из поймы р. Чепцы (Зуевский район). Интенсивность инвазии (ИИ) *D. dendriticum* составила соответственно 43 и 21 экз. Полиинвазий в данном случае не выявлено. За весь период исследований в нашем регионе полиинвазия (т.е. нахождение у одной особи в печени двух видов трематод) наблюдалась 1 раз. Полиинвазия двумя паразитами нами была зарегистрирована в печени лося из Челябинской области при исследовании целой печени. В большей части печени были зарегистрированы трематоды *P. fasciolaemorpha* с высокой ИИ – более 16 тыс. экз., а в другой части этой же печени были выявлены *D. dendriticum* с небольшой ИИ – 93 экз.

Экстенсивность заражения лося трематодами различается в разных возрастных группах. У сеголетков она составила 90%, лишь печень одного лосенка из десяти оказалась чистой. В группе взрослых лосей ЭИ составила 50% (табл.).

Зараженность печени лося трематодами в разных возрастных группах

Возрастная группа	<i>P. fasciolaemorpha</i>		<i>D. dendriticum</i>	
	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.
Взрослые	50	9185 (38–36113)	7,1	2–43
Сеголетки	90	392 (138–1069)	–	–

В охотничий сезон 2009–2010 гг. сеголетки были свободны от трематод, в 2015–2016 гг. они были заражены на 50% [4], а в 2019–2020 гг. – 90%.

В охотничьих угодьях Белохолуницкого района все лоси (4 особи) добыты в начале сезона «на реву». У них парафасциолопсисы не обнаружены. В основном это были крупные самцы-производители, кроме одного, имевшего 2 и 3 отростка с низким весом. Масса печени данного лося составила всего 2,7 кг, как у сеголетка. В исследуемой пробе трематоды не обнаружены, т. к. взрослые лоси способны подавлять развитие паразита. Лишь у одного крупного лося (масса туши 230 кг) в пробе обнаружены дикроцелии (ИИ – 43 экз.).

На территории Слободского района зараженность лося парафасциолопсозом составила 77,8%, интенсивность инвазии – 5052 экз. Наибольшая интенсивность заражения наблюдалась лишь у одного взрослого самца лося – 36113 экз., имеющего рога с 4 отростками. Его печень при этом была сильно поражена. Остальные лоси имели небольшую интенсивность инвазии. В группе сеголетков на территории Слободского района все особи в возрасте до года были заражены. ЭИ составила 100%, средняя ИИ *P. fasciolaemorpha* у сеголетков была небольшой – 288 (138 – 620) экз.

Зараженность лося парафасциолопсозом по Зуевскому району составила 66,7%. Средняя ИИ равна 448 (38 – 1069) экз. Лишь в Зуевском районе один из сеголетков не был заражен, а два других имели более высокую, по сравнению со взрослыми (38 экз.), интенсивность инвазии (236 и 1069 экз.).

Таким образом, по результатам сезона охоты 2019/2020 гг., трематодрофауна печени лося была представлена 2 видами: *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* и *Dicrocoelium dendriticum*. На исследованной территории общая зараженность трематодами составила 71,4%, экстенсивность парафасциолопсозной инвазии – 64,3% при интенсивности инвазии 3462 (38–36113) экз. Выявлена высокая зараженность сеголетков *P. fasciolaemorpha* – 90%. Зараженность дикроцелиозом составила 7,1%, ИИ – 21–43 экз.

Библиографический список

1. Шихова Т. Г., Масленникова О. В. Состояние популяций промежуточных хозяев трематод лося в бассейне р. Чепца // Современные научные тенденции в животноводстве, охотоведении и экологии : материалы междунар. конф. (г. Киров, 16 февр. 2017 г.). Киров : ВГСХА, 2017. С. 145–149.

2. Масленникова О. В., Шихова Т. Г. Трематоде лосей на территории Вятского Прикамья // Ветеринария. 2017. № 4. С. 37–40.

3. Filip K. J., Pyziel A. M., Demiaszkiewicz A. W., A massive invasion of *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* in elk (*Alces alces*) in Lublin Province, Poland // *Annals of Parasitology*. 2016. Vol. 62. № 2. P. 107–110.

4. Масленникова О. В., Шихова Т. Г., Панкратов А. П. Влияние экологических факторов на зараженность лося (*Alces alces*) трематодами на территории Вятского бассейна // *Зоологический журнал*. 2019. Т. 98, № 5. С. 578–587.

5. Шихова Т. Г. Об аномалиях сезонного развития растений и животных в 2019 г. // *Биодиагностика природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием.* (г. Киров, 18 ноября 2020 г.). Киров : Вятский государственный университет, 2020. С. 200–204.

СИНАНТРОПИЗАЦИЯ ПТИЦ В СОВРЕМЕННОМ ГОРОДЕ

А. Н. Соловьев

*ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,
biomon@mail.ru*

На основе мониторинга зимующих и гнездящихся в условиях современного города представителей орнитофауны констатируется увеличение разнообразия прилетающих на кормушку видов при постоянной подкормке.

Ключевые слова: зимняя подкормка птиц, белая трясогузка, сорока, серая мухоловка, рябинник, белобровик, большая синица, зеленушка, дубонос.

Результаты многолетнего сбора данных по учёту птиц в г. Кирове опубликованы в статьях автора по населению птиц города (2003), динамике населения врановых птиц в условиях реконструкции городского ландшафта (1991, 2012), по зависимости численности гнездящихся в городе ворон от характера сбора бытовых отходов (2012), по кормовым предпочтениям снегиря в зимнее время (2012), по истории и характеру зимовок кряквы в г. Кирове (2014), по влиянию температурного фактора на продолжительность гнездования стрижа (2015), о трёхлетнем выживании неполноценного слётка серой вороны под родительской опекой (2021)...

В 1985 г. перед окном квартиры на пустыре посадил рябину, шиповник, смородину, черёмуху, бузину и установил кормовой столик для птиц. На него прилетали воробьи, большая синица, лазоревка, седоголовый дятел, снегирь, вьюрок, а когда деревья подросли в скверике по весне стали петь синицы, зелёные пеночки, зеленушки, горихвостки. С тех пор осуществляю постоянный круглогодичный мониторинг орнитофауны территории города Кирова.

Появление в городе типичных представителей фауны естественных биотопов связано, главным образом, с ухудшением кормовых условий в зимнее время, что вынуждает диких животных искать корм в агрессивной среде городского ландшафта. Мозаичность урбанизированной территории, включающей элементы естественного ландшафта, позволяет гнездиться предста-

вителям большинства характерных для региона биотопических комплексов орнитофауны.

В городских условиях изменяются экологические характеристики видов. За последние десятилетия 20-го столетия некоторые виды птиц в условиях города изменили статус зимующих на оседло-гнездящихся (обыкновенная сорока, большая синица). В условиях благоприятного сочетания антропогенного и климатического факторов отчётливо обозначился процесс изменения миграционного статуса *кряквы*, всё больше проявляющей черты оседлости, создавая множественные группировки зимующих на незамерзающих участках городских водоёмов в местах с искусственной подкормкой особей, утративших пугливость по отношению к человеку и стремящихся гнездиться на берегу зимовального водоёма [1].

Прогрессирующая синантропизация *сороки*, некогда приводившейся А. Н. Формозовым (1948) в качестве примера вида-урбофоба, в 1960-е годы была отмечена для ряда западных городов (Тамбов, Москва), а затем и более восточных (Пенза, Нижний Новгород, Саранск, Пермь и др.). При учёте птиц нами г. Кирова в 1975 г. гнёзд сороки в Кирове не было обнаружено. Первые гнёзда этого вида в центральной части города появились в начале 1980-х годов. В 1986 г. на обследованной территории города было зарегистрировано 13 жилых гнёзд сороки [2].

В процессе привыкания птиц к существованию в своеобразных условиях городской среды при постоянном соседстве с человеком изменяется их поведение. В условиях города синантропизации птиц способствуют: аномальное постоянное в течение года изобилие кормов в виде пищевых отходов, плодов используемых в озеленении деревьев и кустарников [3], искусственная подкормка, наличие пригодных для гнездования мест.

Дворовых территорий придерживаются не только высидывающие птенцов на чердаках и в отдушинах под крышами пятиэтажных домов голуби и галки, а также гнездящиеся в кронах тополей вороны и во всевозможных пустотах в стенах домов, за наличниками окон воробьи, но и зяблик, горихвостка, дрозды – рябинник и белобровик.

В г. Кирове фиксировались случаи благополучного гнездования *белых трясогузок* под капотами двигателей колёсного трактора и интенсивно эксплуатируемых легковых автомобилей, когда птицы имели возможность насиживать кладки лишь в ночное время.

Серая мухоловка устроила гнездо в отдушине под окном кухни на пятом этаже, так что кладку и птенцов можно было фотографировать с кухни из подоконного «холодильника», другая – в школьной аудитории в висящем на стене пластиковом горшке с разросшимся в длинную лиану сциндапусом.

Автором разработана листовка «Птицы у кормушки» (рис.).



Классическая кормушка



Большая синица



Чечётка



Чиж (у кормушки)



Воробей домовый, городской (♂)



Воробей полевой, деревенский (♂)



Птенцы в гнездовом дупле



Синица-гаичка (пухляк)



Снегири (самка и самец)



Поползень на кормушке



Дубонос



Зеленушка



Поползень (в парке)



Длиннохвостая синица (ополовник) на кормушке в парке

Рис. Листовка «Птицы у кормушки». Автор фото: А. Н. Соловьев

При питании ягодами рябины снегири выклевывают семена, роняя на землю мякоть, которую весной подбирают свиристели. В урожайные годы в студёные зимние дни в городских парках и скверах на рябинах и мелкоплодных яблонях кормятся стайки свиристелей, дроздов-рябинников, снегирей [4]. При 5-балльном урожае рябины в 2007 г. в январе 2008 г. около 40 вьюрков кормились на мелкоплодных яблонях в городском сквере, в январе встречалось много дубоносов на городских окраинах, а к концу зимы – по всему городу. В городе они кормятся ягодами черёмухи, ирги, вишни, рябины, мелкими яблоками, семенами шиповника, подсолнуха. Весной вместе со снегирями и свиристелями подбирают со снега вытаивающие ягоды рябины. На мою кормушку они прилетали до конца апреля.

Если не всё равно кого кормить – голубей и воробьев или более интересных и редких гостей – синиц, снегирей и других, корм на городскую кормушку нужно засыпать с вечера, чтобы синицы успели покормиться рано утром, до подлёта не пробуждающихся рано воробьев. Вообще синица очень аккуратная – подлетит, возьмёт семечко и отлетает на ветку, где и шелушит. А снегирь, как и воробей, – сядет на кормушку и шелушит семечки, засыпая корм шелухой.

Для защиты корма от голубей кормушку я сделал из пластиковой коробки с вырезанным летком в верхней половине и подвешиваю её за форточкой сбоку оконного проёма. Голубям семечки стали недоступны, а снегирям, синицам и другим воробьиным стало возможным кормиться лишь по одной особи, по очереди.

С конца января начинают петь синицы, а едва начнёт таять снег к ним присоединяются овсянки, немного позднее – коноплянки, чечётки, чижи, зеленушки, зяблики... Перед окном в берёзовых кронах кроме синиц, снегирей и воробьев стали появляться щеглы, зяблик, весничка, серая мухоловка, горихвостка.

При постоянном высыпании семян подсолнуха на кормушку за окном квартиры на пятом этаже стали прилетать снегири, зеленушки, поползни, чечётки, а то и дубоносы – сначала один в 2017 г., потом второй, а то и стайки до пяти этих красавцев.

В 2020 г. всемирной эпидемии коронавируса, когда с марта нас перевели на дистанционный режим работы, и большую часть времени пришлось проводить дома, как нельзя кстати на берёзе в пяти метрах от окна квартиры напротив письменного стола устроили гнездо дрозды-рябинники и весь гнездовой цикл их проходил под моим постоянным наблюдением. Время от времени из форточки или с лоджии фотографировал ситуацию в гнезде. Когда вылетел последний птенец, всё семейство держалось в кронах берёз и тополей несколько дней. А вскоре на соседнем с берёзой тополе впервые запел дрозд-белобровик, тоже облюбовавший дворовую территорию под гнездовую. И на соседнем с берёзой тополе появилось новое гнездо с насиживающей самкой. Всего вокруг многоэтажки в тот год загнездились пять пар рябинников и две – белобровиков. Когда на ветку берёзы села галка, они каждую весну при

устройстве гнездовья собирают со ствола лоскутки берестяного эпидермиса, самка рябинника сорвалась с гнезда, отогнала галку и снова села в гнездо. Больше галка не подлетала. Орнитологи давно подметили, что рядом с рябинниками предпочитают гнездиться многие воробьиные – зяблики, славки, пересмешки, белобровики... Осторожные и крикливые рябинники первыми замечают врага и тревожными голосами предупреждают о его появлении.

Затяжной весной 2020 года, когда после раннего таяния снега землю то и дело укрывал снеговой покров, в конце апреля на кормушку продолжали летать не только синицы и снегири, но и зеленушки, а с установлением снежного покрова 25 апреля на ней подолгу засиживался чиж. В тот год не снимал рано кормушку за окном, и на неё продолжали прилетать не только синицы, но и снегири. Необычно было видеть красногрудых на зелёном фоне берёзовой листвы. А в кроне тополя перед лоджией запел щегол.

Многие птицы настолько привыкли к городу, что почти не обращают внимания на многочисленных прохожих. Как правило, взаимно. Подавляющее большинство горожан попросту не замечают красногрудых снегирей и щеголеватых, с хохолками свиристелей. Их недоумённое внимание скорее привлекает какой-нибудь натуралист, остановившийся на узкой тропинке за снеженного сквера и разглядывающий невесть что в кронах деревьев.

Увеличение видового состава гнездящихся и зимующих в условиях современного города птиц отражает динамику их синантропизации.

Библиографический список

1. Соловьев А. Н. Зимовки кряквы – *Anas platyrhynchos* (Anatidae, Aves) в естественных и антропогенных условиях востока Русской равнины // Поволжский экологический журнал. 2014. № 2. С. 271–283.
2. Соловьев А. Н. Динамика гнездования врановых птиц в урбандшадтах европейского востока // Известия РАН, серия биологическая. 2014. № 5. С. 529–538.
3. Соловьев А. Н. Зависимость численности гнездящихся в городе ворон от характера сбора бытовых отходов // Врановые птицы в антропогенных и естественных ландшафтах Северной Евразии : материалы X Междунар. конф. Москва–Казань : Олитекс, 2012. С. 240–243.
4. Соловьев А.Н. Кормовые предпочтения обыкновенного снегиря (*Pyrrhula pyrrhula*) в зимнее время // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле. 2012. Вып. 3. С. 77–83.

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СТРУКТУРОЙ ОРНИТОЦЕНОЗА

Т. А. Сурнина, А. В. Аринина
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
tani-411@yandex.ru, arininaalla@mail.ru

С ростом антропогенной нагрузки на природные системы и сокращением естественных местообитаний количественно-видовой состав биотических сообществ трансформируется. В настоящее время не сформированы методы

биоиндикации по состоянию орнитоценозов. Незаботанными остаются нормативы воздействия на экосистемы и компоненты экосистем. Изучение трансформации видового состава, структуры сообщества птиц как ответа на воздействие антропогенных факторов и методика применения структуры орнитоценоза в качестве биоиндикационного инструмента являются неизученными и представляют теоретический и практический интерес. Цель нашей работы – отметить изменения в структуре сообщества птиц на различных по уровню антропогенной трансформации территориях.

Ключевые слова: мониторинг, биоиндикация, структура орнитоценоза, уровни трансформированности территорий.

Структуру орнитоценозов изучали на территориях Республик Татарстан и Карачаево-Черкесия. В каждой республике были выделены четыре уровня трансформации биотопов: 1 – условно ненарушенные; 2 – мало нарушенные; 3 – средней деградации; 4 – очень сильной деградации. При выборе биотопов учитывали их принадлежность к одной физико-географической провинции.

В Татарстане в качестве условно не нарушенной рассмотрена территория Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника ВКГПБЗ (сведения о видовом составе из литературных источников [1]). В качестве мало нарушенной территории был рассмотрен лесопарк «Лебяжье» (собственные наблюдения). Образовательно-оздоровительный комплекс «Дуслык» – территория со средней степенью деградации (собственные наблюдения). Биотопы г. Казань – очень сильная деградация (литературные источники [2] и собственные наблюдения). В Республике Карачаево-Черкесия также были выделены 4 уровня трансформации: условно не нарушенный – Кавказский государственный природный биосферный заповедник имени Х. Г. Шапошникова – КГПБЗ (литературные данные [3]); мало нарушенная территория – горная местность, прилегающая к посёлку Нижний Архыз Зеленчукского района; средняя степень деградации – Аланское городище и очень сильная деградация – посёлок Нижний Архыз. Изучение орнитофауны проводили в летние периоды 2017–2019 гг. методом линейного маршрутного учёта с учетом ширины полосы обнаружения [4]. В горной местности на высоте 2500 м был заложен 1 маршрут (9,025 км), у подножия гор 2 маршрута: в черте поселка Нижний Архыз (1,122 км) и в Аланском городище (2,26 км).

На исследуемых территориях были проанализированы показатели, с помощью которых можно оценить степень антропогенной нагрузки на орнитоценозы (табл.).

**Количественная характеристика территорий в соответствии
с уровнем антропогенной нагрузки**

Показатели	Уровни антропогенной трансформации									
	1	2	3	4		1	2	3	4	
	Республика Карачаево-Черкесия					Республика Татарстан				
	КГПБЗ	Гт	Аг	пНА	РТ	ВКГПБЗ	Л	Д	К	
1. Видовой состав орнитокомплексов	140	70	30	16		124	40	33	122	
2. Кол-во семейств	45	20	10	10	50	37	18	14	36	
3. Тип фауны	10	8	4	6	10	7	6	5	9	
4. Кол-во видов, занесённых в Красную книгу России	15	9	1	0	26	1	1	0	3	
5. Кол-во видов, занесённых в региональную Красную книгу	13	1	1	0	44	21	1	3	14	
6. Экологический комплекс	6	6	5	3	5	5	4	3	5	
7. Индекс синантропности	0,079	0,086	0,1	0,375	0,057	0,073	0,0625	0,03	0,082	
8. Синантропных видов	11	6	3	6	13	9	2	1	10	
9. Ярус гнездования	6	5	5	4	6	6	6	5	6	
10. Тип питания	5	5	4	3	6	6	5	5	6	
11. Ярус питания	7	5	5	3	7	8	6	5	8	
12. Плотность населения		1775,18	1350,5	2397,1						
13. Плотность доминирующего по плотности вида		203,89	374,3	424,8						
14. Видовое богатство (Маргалев)		10,15	5,8	3,02						
15. Видовое богатство (Шеннон-Уивер)		3,39	3	2,23						

Примечание: КГПБЗ – Кавказский государственный природный биосферный заповедник; Гт – горная территория; Аг – Аланское городище; пНА – поселок Нижний Архыз; РТ – Республика Татарстан; ВКГПБЗ – Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник; Л – лесопарк «Лебяжье»; Д – оздоровительно-образовательный комплекс «Дуслык»; К – город Казань.

Первый показатель – видовой состав, отражает обратную зависимость от уровня антропогенной трансформации: чем меньше нарушена территория и ниже степень антропогенной нагрузки, тем богаче видовой состав. Антропогенная деятельность и постройки могут способствовать увеличению видового и количественного состава птиц. Так выпас скота является не столько

прессующим, сколько привлекательным фактором, храмы Аланского городища стали нишами для укрытия и гнездования отдельных видов. Город Казань и ВКГПБЗ имеют близкие по количеству видов значения, т.к. город имеет большую площадь с мозаикой разнообразных биотопов. Но орнитоценозы отличаются видовым составом. В Казани отсутствует 27 видов, которые отмечены в заповеднике, но гнездится 25 видов, которых нет в заповеднике. Степень сходства видового состава в Казани и заповеднике по Серенсену-Чекановскому составляет 0,37.

Как и в случае с видовым составом, количество семейств снижается при повышении антропогенной нагрузки. В Кавказском заповеднике преобладают дневные хищники (ястребиные (Accipitridae)), тогда как на горной территории и в Аланском городище славковые (Sylviidae). На антропогенной городской территории больше всего дроздовых (Turdidae) и синицевых (Paridae). В Республике Татарстан повсеместно преобладают славковые (Sylviidae).

Изменение показателя фаунистический состав имеет нелинейный характер. Фаунистический состав беднеет в ряду от условно не нарушенных к среднедеградированным территориям и повышается в городских экосистемах. В Казани по сравнению с заповедником гнездятся представители тибетской фауны, арктическая фауна в городе зафиксирована только в период миграций.

Количество занесенных в Красную книгу видов обратно пропорционально уровню антропогенной нагрузки. В Раифской части ВКГПБЗ один вид занесен в ККРФ и 21 вид – в Красную книгу РТ, в лесопарке «Лебяжье» 1 вид включен в ККРТ (зеленый дятел), в ООК «Дуслык» 3 вида внесены в ККРТ (ушастая сова, длиннохвостая неясыть и седой дятел), в Казани 3 вида включены в ККРФ (кулик-сорока, обыкновенная горлица, дубровник) и 14 в региональную Красную книгу (малая выпь, лебедь-шипун, обыкновенная пустельга, камышница, травник, ушастая сова, мохноногий сыч, домовый сыч, воробьиный сыч, серая неясыть, обыкновенный зимородок, золотистая шурка, угод, зеленый дятел, обыкновенный ремез). В Республике Карачаево-Черкессия в заповеднике отмечено – 15 видов из ККРФ и 13 из региональной, на горной территории – 9 видов из ККРФ и 1 вид из КККЧ (клушица), в аланском городище по одному виду из ККРФ (вертлявая камышовка) и региональной Красной книги (малый пестрый дятел). В посёлке Нижний Архыз видов включенных в Красные книги не отмечено.

В ряду от условно не нарушенных к сильно деградированным территориям наблюдается прямая зависимость между уровнем деградации и количеством экологических комплексов. С увеличением степени антропогенного пресса количество типов экологических комплексов снижается. Интересно, что на всех территориях преобладают птицы лесоопушечного комплекса. Лишь на территории посёлка Нижний Архыз лесоопушечный комплекс и синантропный имеют одинаковое значение (37%). С ростом антропогенной нагрузки выбывают полевой, скальный и околородный типы.

Также одним из индикаторов преобразованных территорий является принадлежность видов к синантропному экологическому комплексу и выте-

кающий из него индекс синантропности. Значение индекса синантропности снижается в ряду от условно ненарушенных территорий к средне деградированным, лишь сильно деградированные территории имеют высокие значения.

Следующий показатель – количество ярусов гнездования. Гнездящиеся на земле, в кроне и дуплах, а также птицы антропогенного гнездования толерантны к увеличению антропогенного пресса. С увеличением уровня нагрузки выбывают кустогнездные и норники.

Нарушенность территорий также влияет и на возможность кормодобывания птиц, которую отражает тип питания. Менее трансформированные территории имеют большую емкость среды, и как следствие больше видов может благоприятно существовать на данной территории.

На рассматриваемых территориях изменяется и распределение птиц по ярусам питания. На всех территориях доминирует наземный ярус питания. С увеличением антропогенной нагрузки выпадают виды, питающиеся на земле-кроне (крапивник), на кроне и кусте (обыкновенный ремез, чиж).

Одним из удобных показателей является видовое богатство биотопа. В Республике Карачаево-Черкесия при сравнении 3 биотопов (горная территория, Аланское городище, поселок Нижний Архыз) самым высокими богатством обладала горная территория, наименьшее видовое богатство у поселка Нижний Архыз (значимость отличий при $\alpha = 0,001$).

Необходимо прокомментировать выбывающиеся значения показателей на территории города. Городская территория представляет собой мозаику разнообразных биотопов, испытывающих различную степень антропогенной нагрузки. Уникальность местоположения Казани на стыке лесной и лесостепной зон, лесопарковые зоны из сосновых боров, острова широколиственных лесов, богатство водными объектами с пойменными участками, зеленые насаждения (парки, сады, скверы, бульвары, аллеи) обуславливают разнообразие биотопов города и окрестностей и разнообразие фауны города. Заселение птицами антропогенно-трансформированных территорий происходит в связи с использованием ими экологических преимуществ антропогенного ландшафта и в ходе включения в антропогенный ландшафт естественных участков вместе с их фауной. Богатство орнитофауны определяется высокой мозаичностью городских биотопов с разнообразными экологическими нишами. Казань, в которой сочетаются и контрастируют различные биотопы может выступать в качестве особо охраняемой природной территории для редких и охраняемых видов птиц. Если упростить биотопическую классификацию урбанизированных ландшафтов Казани, то в распределении видов можно выделить три группы:

- 1) лесопарк, кладбища, водоемы – концентрируют наибольшее видовое разнообразие;
- 2) лесополосы, пустыри и парки – поддерживают биоразнообразие;
- 3) молодые и реконструированные парки, скверы, сады, аллеи, зеленые дворы имеют жестко определенный видовой набор.

Таким образом, структура орнитоценозов отражает степень антропогенного воздействия:

1) показатели «видовой состав», «количество семейств», «количество видов занесенных в Красную книгу», «ярус гнездования» «ярус питания», «видовое богатство» обратно пропорциональны уровню антропогенной трансформации: с увеличением нагрузки количество видов снижается;

2) фаунистический состав беднеет с ростом урбанизированности территорий, но увеличивается на территории города;

3) территория города благодаря высокой мозаичности биотопов обладает экотонным эффектом;

4) к высокому уровню трансформации толерантны виды, гнездящиеся на земле, в кроне и дуплах, в антропогенных укрытиях;

5) в биотопах с высокой антропогенной нагрузкой преобладает наземный ярус питания;

6) индексы видового богатства (Шеннона-Уивера, Маргалефа) значимо выше на неизмененных и слаботрансформированных территориях, индекс синантропности растет с уровнем нагрузки.

Исследования проведены при поддержке Казанского (Приволжского) федерального университета.

Библиографический список

1. Аюпов А. С. Динамика фауны и населения птиц на территории Волжско-Камского заповедника. Казань, 2014. 128 с.

2. Рахимов И. И. Авифауна Среднего Поволжья в условиях антропогенной трансформации естественных природных ландшафтов. Казань : Изд-во ЗАО «Новое знание», 2002. 272 с.

3. Птицы заповедников и национальных парков Северного Кавказа / А. Г. Перезовов, Г. С. Джамирзоев, Ю. Е. Комаров, П. А. Тильба, Р. А. Мнацеканов, А. А. Караваев, С. А. Букреев, Р. Х. Пшегусов, И. И. Гизатулин, В. М. Поливанов, О. А. Витович, А. Б. Хубиев. под ред. Г. С. Джамирзоева // Труды заповедника «Дагестанский». Вып. 8. Т. 1. Махачкала, 2014. 428 с.

4. Равкин Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.

МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ ГОРОДСКОГО ГАЗОНА

Л. Г. Целищева

Кировский городской зоологический музей, tselishchevalg@mail.ru

В статье приведены результаты мониторинга почвенной мезофауны на газоне в городе Кирове в условиях подзоны южной тайги. Указаны доминирующие группы: жуужелицы, пауки, сенокосцы. Выявлен видовой состав жуужелиц (15 видов), сенокосцев (2), губоногих (4) и двупарноногих многоножек (1) и др. Обнаружено два новых вида мокриц для фауны Кировской области – *Trachelipus rathkii* (Brandt, 1833) и *Porcellio scaber* Latreille, 1804. Предложе-

ны рекомендации по сохранению биоразнообразия почвенных животных на городских газонах.

Ключевые слова: почвенная мезофауна, биоразнообразие, луговой урбоценоз, Carabidae, Opilionidae, Chilopoda, Diplopoda, Oniscidae.

Урбанизация ландшафтов приводит к существенному изменению рельефа, водного, воздушного, геохимического режимов местности, а также состава флоры, фауны, микробиоты [1]. Для создания оптимальных условий для комфортного проживания человека и поддержания экологического равновесия в городе необходимо сохранять участки естественной природной среды и поддерживать на них высокое биологическое разнообразие, в том числе и почвенной мезофауны (животных среднего размера – от нескольких мм до нескольких см). Одним из наиболее характерных озелененных ландшафтов является луговой урбоценоз, который формируется на городских газонах. Изучению таких фаунистических комплексов в последние годы уделяется большое внимание [2]. В городе Кирове почвенные обитатели ранее исследовались автором в некоторых биоценозах [1], мониторинг педобионтов газона проведен впервые.

Целью работы было изучение состава почвенной мезофауны газона в городском дворе в г. Кирове, расположенном в подзоне южной тайги, для разработки рекомендаций по сохранению биологического разнообразия в городе.

Исследования выполнены учащимися Летней многопредметной школы, проводимой на базе ЦДООШ, в рамках учебной практики по зоологии беспозвоночных в июле 2021 года в центральной части г. Кирова во внутреннем дворе дома № 87 на Октябрьском проспекте. Газон сформирован над городскими коммуникациями на земле, состоящей из насыпного торфогрунта, перемешанного с дерново-подзолистой суглинистой почвой, включающей погребенные строительные материалы в виде небольших кирпичей и досок. Он был засеян клеверно-злаковой смесью, произрастающей второй год, окружен посадками клена американского, создающего тень, в текущем году не выкашивался. Материал собран стандартными методами: почвенных ловушек, в качестве которых использовались пластиковые стаканы объемом 0,5 л с фиксатором (4% формалин), и почвенных раскопок. За время исследований было отработано 50 ловушко-суток и взято 8 почвенных проб. У отдельных групп выполнено определение до вида по соответствующим руководствам: мокриц [3], многоножек [4], сенокосцев [5], жуков [6].

В результате исследований установлено, что почвенная мезофауна городского газона включает 3 типа (кольчатые черви, моллюски, членистоногие) и 7 классов (малощетинковые черви, брюхоногие моллюски, ракообразные, паукообразные, губоногие и двупарноногие многоножки, открыточелюстные насекомые). Среди насекомых отмечены представители 7 отрядов. Это характерные обитатели почв: уховертки, жуки, некоторые виды клопов и

перепончатокрылых. Встречен ряд представителей из отрядов равнокрылые, чешуекрылые, двукрылые, у которых в почве проходят отдельные стадии жизненного цикла, либо они используют почву как стацию временного переживания неблагоприятных условий.

Состав почвенной мезофауны, выявленный в ходе работы на невыкошенном газоне в центре полумиллионного города, расположенного в условиях южной тайги, за первую декаду июля 2021 г. представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты учета почвенной мезофауны на городском газоне
07–12 июля 2021 года (г. Киров, Октябрьский проспект, 87)**

Группа беспозвоночных	Почвенные ловушки		Почвенные раскопки	
	численность, экз. / 10 л. с.	обилие, %	численность, экз. / 1 м ²	обилие, %
Дождевые черви	0,6	0,6	29	46
Слизни	–	–	1	1,5
Мокрицы	–	–	3	5
Пауки	24,4	23,1	1	1,5
Сенокосцы	11,6	11	1	1,5
Губоногие многоножки	0,2	0,2	7	11
Двупарноногие многоножки	1,4	1,3	1	1,5
Насекомые				
Уховертки	1	1	2	3
Клопы	0,4	0,4	4	6,5
Равнокрылые (цикады)	4,8	4,6	–	
Жесткокрылые				
Жужелицы	28,2	26,7	6	10
Стафилиниды	1,4	1,3	1	1,5
Щелкуны	–	–	1	1,5
Мертвоеды	1,4	1,3	–	–
Долгоносики	1	1	–	–
Листоеды	0,2	0,2	–	–
Двукрылые	5,2	4,9	1	1,5
Перепончатокрылые				
Муравьи	22,6	21,4	4	6,5
Наездники	0,2	0,2	–	–
Пчелы	0,2	0,2	–	–
Чешуекрылые (личинки)	0,6	0,6	1	1,5
Итого	105,4	100	63	100

Несмотря на жаркое и засушливое лето 2021 г. почвенная фауна исследованного газона достаточно разнообразна. Основу сообщества составляли зоофаги (хищники), имеющие возможность быстро перемещаться по поверхности почвы в поисках благоприятных условий: жужелицы, пауки, сенокосцы (табл. 1.). Массово отлавливались черные земляные муравьи (*Lasius niger*), для оценки численности которых существуют специальные методики учета гнезд. Сапрофаги (мокрицы, двупарноногие многоножки) на газоне не многочисленны, поскольку слабо развит подстилочный слой, служащий им укрыти-

ем и источником пищи. Дождевые черви в почвенные ловушки попадали в незначительном числе, но при сборе почвенными раскопками они доминировали (29 экз./ 1 м², 46% от общего числа особей). Низкая численность гигрофильных фитосапрофагов (слизней, мокриц, уховерток и др.) связана с процессами аридизации, характерными для городских газонов, и практически полным отсутствием почвенной подстилки, т. к. скошенная трава и листовая опад удаляются. Скопления этих животных наблюдались под укрытиями (упавшими ветвями деревьев, досками, кирпичами и др.). Обнаруженные фитофаги были связаны с растениями газона, например, щелкуны и жужелицы рода *Amara* – со злаками, клеверный долгоносик (*Apion apicans* Herbst) – с клевером, многочисленные цикады – с разнотравьем. Последние не относятся к почвенной мезофауне, но в жаркую погоду они находят укрытие в почве, поэтому попадают в ловушки.

На примере жуков семейства Carabidae, самого многочисленного среди почвенной мезофауны и часто используемого для биоиндикации, можно проследить некоторые особенности формирования сообщества почв в урбоценозе. Известно, что для обитания жужелиц в условиях города наиболее значимы такие природные факторы, как влажность почвенного покрова, длительность существования биоценоза, частота кошения травостоя, тогда как антропогенные оказывают в целом меньшее воздействие, что свидетельствует об определенной степени устойчивости напочвенных обитателей [2]. В нашем исследовании численность представителей данного семейства была высокой (28,2 экз. / 10 л. с.), их доля в мезофауне составляла 27,6% (табл. 1, 2). На газоне по видовому богатству фауна жужелиц была беднее, чем на естественных лугах, где может встречаться более 60 видов [7]. Здесь выявлено 15 видов (табл. 2), из них 9 – эврибионтные, среди которых доминировали *Carabus nemoralis*, *Pterostichus niger*, *P. melanarius*, *Harpalus rufipes*. Представители луговой и лугово-полевой групп (4 вида), и зональной – лесоболотной (2), встречались единично. Преобладающий по численности *C. nemoralis* – интродуцент, завезен из Западной Европы с посадочным материалом, в Кировской области отмечен только в урболандшафтах. По составу населения жужелиц (табл. 2) наглядно видно, что *C. nemoralis* (36 экз.) вытесняет других представителей рода *Carabus*, занимающих сходную экологическую нишу зоофагов эпигеобионтов ходящих. Например, *C. granulatus* встречен единично (5 экз.), а другой характерный вид – *C. cancellatus* в списке отсутствует. Состав жизненных форм отражает экологические условия исследуемого газона. Среди населения жужелиц по спектру питания две трети составляют хищные виды, одну треть миксофитофаги (жуки со смешанным питанием), а из ярусных группировок доминируют эпигеобионты (обитающие на поверхности почвы) (29%), подстилочно-почвенные виды (33,3%) и хортобионты (виды, поднимающиеся с земли на травостой для питания) (34%). Вероятно, в связи с уплотнением городской почвы, отсутствуют типичные геобионты, а из-за неразвитости подстилочного яруса единичны поверхностно-подстилочные и подстилочные виды.

Таблица 2

Видовой состав, численность, обилие (%), биотопическая приуроченность жужелиц, собранных на городском газоне в г. Кирове 07–12 июля 2021 года (по данным почвенных ловушек)

№	Вид	Экз. / 50 л. с.	Доля, %	Биотопическая группа*
1	<i>Notiophilus palustris</i> (Duftschmid, 1812)	1	0,7	лесоболотный
2	<i>Carabus nemoralis</i> O. Müller, 1764	36	25,6	эврибионтный
3	<i>C. granulatus</i> Linnaeus, 1758	5	3,5	эврибионтный
4	<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	1	0,7	эврибионтный
5	<i>B. quadrimaculatum</i> (Linnaeus, 1761)	1	0,7	эврибионтный
6	<i>Stomis pumicatus</i> (Panzer, 1796)	2	1,4	лесоболотный
7	<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	15	10,7	эврибионтный
8	<i>P. melanarius</i> (Illiger, 1798)	32	22,7	эврибионтный
9	<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	1	0,7	луговой
10	<i>A. communis</i> (Panzer, 1797)	1	0,7	эврибионтный
11	<i>A. bifrons</i> (Gyllenhal, 1810)	5	3,6	лугово-полевой
12	<i>Curtonotus aulicus</i> (Panzer, 1797)	3	2,1	лугово-полевой
13	<i>Anisodactylus signatus</i> (Panzer, 1797)	2	1,4	лугово-полевой
14	<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	33	23,4	эврибионтный
15	<i>H. affinis</i> (Schrank, 1781)	3	2,1	эврибионтный
	Итого, экз.	141	100	

Примечание: * – биотопические группы даны по Б. Ю. Филиппову, 2008 [8].

Пауки по численности были на втором месте после жужелиц (24,4 экз. / 10 л. с. и 23,1%), их видовой состав не определен. Установлено, что массовым видом был наземный паук-волк *Trochosa terricola* Thorell, 1856.

Сенокосцы занимали третью позицию (11,6 экз. / на 10 л. с., с долей 11%). Разнообразие их не велико, из известных для области 7 видов выявлено три. Доминировал *Oligolophus tridens* (C. L. Koch, 1836), реже встречался *Mitopus morio* (F., 1779), единично – синантропный *Phalangium opilio* L., 1758.

Численность жуков семейства Staphylinidae была в 10 раз ниже, чем у жужелиц (2,8 экз. / 10 л. с.), хотя в естественных природных условиях она достигает примерно равных и даже больших значений [7]. Из крупных форм определен стафилин великолепный (*Staphylinus caesareus* Cederhjelm, 1798).

Из мертвоедов был встречен мертвеед черный (*Silpha obscura* L., 1758).

Уховертки были представлены двумя видами: *Forficula auricularia* (L., 1758) и *Anechura bipunctata* (F., 1781).

Из губоногих многоножек собраны *Geophilus proximus* C. L. Koch, 1847, *Monotarsobius curtipes* (C. Koch, 1847), *Lamyctes emarginatus* (Newport, 1844) и синантропный вид – *Lithobius forficatus* L., 1758. Двупарноногие многоножки в сборах были представлены 1 видом – *Polidesmus denticulatus* C. L. Koch, 1847.

В фауне мокриц зарегистрировано 2 вида: эврибионтный полизональный *Trachelipus rathkii* (Brandt, 1833) и облигатный синантропный *Porcellio scaber* Latreille, 1804. Оба вида впервые указываются для Кировской области,

их определение подтверждено д-ром биол. наук К. Б. Гонгальским (г. Москва). Мокрицы были обнаружены только почвенными раскопками, численность их была невысока (3 экз. / м²), в то время как в июле 2005 г. в г. Кирове в окрестностях слободы Чижи *T. rathkii* в массе попадал в почвенные ловушки в разных биотопах [1].

Как показали исследования, даже кратковременный мониторинг дает возможность отметить некоторые особенности почвенной фауны городского газона. В видовом отношении она беднее естественных лугов [7]. Комплекс почвенных обитателей изученного участка включает преимущественно эврибионтные виды, легко адаптирующиеся к условиям урбаноценозов, а также синантропные виды (*L. forficatus* L., *P. opilio* L., *P. scaber* Latreille и др.). Зональные лесные и луговые виды, единичны и немногочисленны, что хорошо прослеживается в населении жужелиц. Интродуценты, такие как *C. nemoralis*, могут вытеснять местные виды, занимающие с ними сходную эконишу.

Для сохранения биоразнообразия почвенных беспозвоночных городских газонов рекомендуется проводить выкашивание травы во внутренних дворах один-два раза за сезон, с оставлением стерни не менее 8 см. Для создания необходимых микроклиматических условий для обитателей почвы, которым губительно иссушение, по возможности, назначать время выкашивания с учетом погодных условий (во влажные периоды, а не в засуху), а также местами сохранять травостой. Повышение видового богатства педобионтов возможно за счет улучшения плодородия почвы, применения многовидовых газонных трав, защиты газона от чрезмерной рекреации (вытаптывания и выгула собак) и др.

Автор выражает искреннюю благодарность д-ру биол. наук К. Б. Гонгальскому (ИПЭЭ РАН, г. Москва) за подтверждение определения мокриц и учащимся 7 класса ЛМШ за помощь в сборе и обработке материала.

Библиографический список

1. Особенности урбозкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока. Киров : Изд-во ВятГГУ, 282 с.
2. Коровина Н. А. Жуки-жужелицы (Coleoptera, Carabidae) урбанизированных луговых ценозов (на примере г. Кемерово) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2007. 20 с.
3. Залеская Н. Т., Рыбалов Л. Б. Фауна мокриц (Crustacea, Isopoda, Oniscoidea) Москвы и Московской области // Почвенные беспозвоночные Московской области. М. : Наука, 1982. С. 170–178.
4. Фарзалиева Г. Ш. Определитель многоножек (Myriapoda) Урала и Приуралья // Вестник Пермского ун-та. 2009. Вып. 10 (36). С. 66–72.
5. Farzalieva G. Sh., Esyunin S. L. The harvestman fauna of the Urals, Russia, with a key to the Ural species (Arachnida: Opiliones) // Arthropoda selecta. 1999. Vol. 8, № 3. P. 183–199.
6. Определитель насекомых европейской части СССР. М.-Л., 1964. Т. 2. 682 с.
7. Целищева Л. Г. Структура и динамика населения почв пойменных лугов в заповеднике «Нургуш» в 2008–2015 гг. // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2017. Кн. 2. С. 203–207.

8. Филиппов Б. Ю. Пути адаптации и экологические закономерности освоения жу-желицами (Coleoptera, Carabidae) севера Русской равнины : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2008. 42 с.

ЗООПЛАНКТОН РЕКИ ВЯТКА В РАЙОНЕ г. КОТЕЛЬНИЧ

М. Л. Цепелева

Вятский научно-технический информационный центр мониторинга и природопользования, marinatsepeleva@mail.ru

Исследован таксономический состав планктонных беспозвоночных (Rotifera, Cladocera, Copepoda) на четырех станциях р. Вятка (бассейн р. Волга) выше и ниже сброса хозяйственно-бытовых сточных вод. Составлен общий список таксонов планктонных коловраток и низших ракообразных. По составу зоопланктона оценено состояние водотока в районе г. Котельнич.

Ключевые слова: зоопланктон, Rotifera, Cladocera, Copepoda, таксономический состав, численность, биомасса

Река Вятка – правобережный приток р. Кама (бассейн р. Волга). Длина водотока 1314 км, на территории Кировской области находится 1250 км [1].

Экологические исследования, проводимые в сентябре 2020 г., включали оценку состояния планктонных сообществ р. Вятка выше и ниже сброса хозяйственно-бытовых сточных вод в районе г. Котельнич. Изучение зоопланктона производили на четырех станциях водотока: в 500 м выше сброса сточных вод (фоновый створ), в 30, 500 и 1000 м ниже сброса сточных вод.

Пробы зоопланктона отбирали по общепринятой методике, процеживанием 100 л воды через планктонную сеть (газ №76) и фиксировали 4%-ным раствором формалина. Камеральную обработку осуществляли в лабораторных условиях [2, 3]. Всего было отобрано 12 проб зоопланктона. Индивидуальный вес организмов рассчитывали по формулам [4]. Таксономическое разнообразие оценивали по индексу Шеннона [5], сапробность – по индексу Пантле-Букка в модификации Сладечека [6]. Сапробность видов-индикаторов определяли по спискам, приводимым в литературе [7–10].

В результате исследований установлено, что зоопланктон реки формировали представители 56 таксонов: коловратки (Rotifera) – 30, ветвистоусые рачки (Cladocera) – 17 и веслоногие ракообразные (Copepoda) – девять. Результаты определения таксономического состава зоопланктона представлены в таблице 1.

Таблица 1

Таксономический состав зоопланктона р. Вятка

Таксон	Фон	Ниже сброса		
	500 м	30 м	500 м	1000 м
1	2	3	4	5
Rotatoria				
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse (o)	+	+	+	+
<i>Brachionus angularis</i> Gosse (β-α)	+	+	+	+
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas (β-α)	+	+	+	+
<i>Brachionus leydigii</i> Cohn (β-α)	+	+	+	+
<i>Brachionus nilsoni</i> Ahlstrom	–	–	+	–
<i>Brachionus quadridentatus</i> Herman (β)	+	+	+	+
<i>Brachionus urceus</i> (Linnaeus) (β)	+	+	–	–
<i>Brachionus variabilis</i> Hempel	–	–	–	+
<i>Brachionus</i> sp.	+	+	+	+
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg) (o-β)	+	+	+	+
<i>Epiphanes macroura</i> (Barrois et Daday)	+	+	–	+
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg (o-β)	+	+	+	–
<i>Euchlanis lyra</i> Hudson	–	–	+	–
<i>Euchlanis oropha</i> Gosse (o-β)	+	+	+	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg) (β-α)	+	–	–	–
<i>Keratella quadrata</i> (Müller) (β)	+	+	+	+
<i>Lecane luna</i> (Müller) (o-β)	–	+	+	–
<i>Lecane (Monostyla) lunaris</i> (Ehrenberg) (o-β)	+	–	–	–
<i>Lepadella acuminata</i> (Ehrenberg) (o)	–	–	–	+
<i>Paradicranophorus hudsoni</i> (Glasscott) (β)	–	–	+	+
<i>Philodina</i> sp.	+	–	+	–
<i>Polyartha</i> sp.	+	+	+	+
<i>Pompholyx</i> sp.	–	+	–	–
<i>Rotaria neptunia</i> (Ehrenberg) (ρ)	–	–	+	+
<i>Synchaeta cecilia</i> Rousselet	–	+	–	+
<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg (β)	+	–	–	+
<i>Synchaeta</i> sp.	–	+	+	+
<i>Testudinella patina</i> (Herman) (β)	–	+	+	–
<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski et Zacharias) (o)	+	–	–	–
<i>Trichocerca rattus</i> (Müller)	–	+	–	–
<i>Trichocerca</i> sp.	–	–	+	–
<i>Trichotria pocillum</i> (Müller) (o)	–	–	+	–
<i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenberg) (o)	+	+	+	+
Bdelloida n.det.	+	+	+	+
Cladocera				
<i>Alona affinis</i> (Leydig) (o)	–	–	+	+
<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Müller) (o-β)	–	+	+	–
<i>Alona rectangula</i> Sars (o)	+	+	+	–
<i>Alona</i> sp.	–	+	–	–
<i>Alonella nana</i> (Baird) (o-β)	–	+	–	–
<i>Bosmina coregoni</i> Baird (o)	+	+	–	–
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller) (o-β)	–	–	+	+

1	2	3	4	5
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard	–	+	+	–
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	–	–	–	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller) (о-β)	+	+	+	+
<i>Daphnia cucullata</i> Sars (β)	–	–	+	–
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch)	+	–	–	–
<i>Ilyocryptus agilis</i> Kurz (β)	+	–	–	–
<i>Kurzia latissima</i> (Kurz) (о-β)	–	–	+	–
<i>Macrothrix laticornis</i> (Jurine) (β)	–	+	+	+
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine) (о)	+	+	+	+
<i>Pleuroxus trigonellus</i> (O.F. Müller) (β)	+	–	–	–
<i>Sida crystallina</i> (O.F. Müller) (о)	–	–	+	–
Copepoda				
<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fischer) (β)	+	–	+	–
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus)	+	–	–	–
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer) (β)	–	–	+	–
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus) (о)	–	–	+	–
<i>Microcyclops varicans</i> (Sars) (о)	+	–	–	–
<i>Paracyclops affinis</i> (Sars) (о)	–	+	–	–
<i>Paracyclops fimbriatus</i> s.lat. (о)	+	+	+	–
<i>Paracyclops</i> sp.	–	+	–	+
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars) (о)	–	+	+	+
Calanoida				
Nauplius+Copepodit	+	+	+	+
Всего	29	31	38	25

В планктоне р. Вятка отмечено 42 индикаторных вида (табл. 1), из которых 15 относятся к олигосапробам (о), 12 – к β-мезосапробам (β), 10 – занимают промежуточное положение между олиго- и β-мезосапробами (о-β), четыре относятся к β-α-мезосапробам (β-α) и один – полисапроб (р).

Средняя биомасса зоопланктона составила 0,0025 г/м³ при численности 0,759 тыс. экз./м³ (табл. 2). Основу общей численности и биомассы организмов формировали коловратки (0,561 тыс. экз./м³ и 0,0012 г/м³), среди которых по численности доминировали коловратки из отряда Bdelloida и *Brachionus quadridentatus*, по биомассе – *Asplanchna priodonta*.

Таблица 2

Численность (N, тыс. экз./м³) и биомасса (B, г/м³) зоопланктона р. Вятка

Таксон	Фон		Ниже сброса						Среднее на участке реки	
	500 м		30 м		500 м		1000 м			
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Rotifera	0,643	0,0013	0,587	0,0015	0,543	0,0011	0,470	0,0010	0,561	0,0012
Cladocera	0,030	0,0002	0,076	0,0005	0,073	0,0006	0,027	0,0002	0,051	0,0004
Copepoda	0,130	0,0008	0,117	0,0008	0,200	0,0014	0,140	0,0007	0,147	0,0009
Всего	0,803	0,0023	0,780	0,0028	0,816	0,0031	0,637	0,0019	0,759	0,0025

На фоновом участке реки отмечено 29 таксонов, в том числе 18 коловраток, семь кладоцер и четыре копепод (табл. 1). Общая биомасса зо-

опланктона составила 0,0023 г/м³, при численности – 0,803 тыс.экз./м³ (табл. 2). По численности и биомассе преобладали коловратки (80,1% и 55,2% соответственно). Веслоногие ракообразные обеспечивали 16,2% численности и 35,3% биомассы. На долю кладоцер приходилось 3,7% численности и 9,5% биомассы. Доминантный комплекс по численности слагали коловратки из отряда Bdelloida и *Brachionus quadridentatus*, по биомассе – младшевозрастные стадии жизненного цикла веслоногих ракообразных (Nauplius+Copepodit).

На участке «на 30 м ниже сброса сточных вод» отмечено снижение численности планктона до 0,780 тыс.экз./м³ (табл. 2). Одновременно с этим зафиксировано увеличение биомассы организмов до 0,0028 г/м³. Зоопланктон насчитывал 31 таксон: 19 коловраток, восемь кладоцер и четыре копепод (табл. 1). По численности и биомассе, как и в фоне, доминировали коловратки – 75,2% и 53,9% соответственно. На долю копепод приходилось 15,0% численности и 29,5% биомассы. Ветвистоусые рачки составили 9,8% численности и 16,6% биомассы. В роли доминантов выступали коловратки: по численности – *Brachionus quadridentatus*, по биомассе – *Asplanchna priodonta*.

На участке «на 500 м ниже сброса» отмечен рост количественных показателей зоопланктона до максимальных значений, численность составила 0,816 тыс.экз./м³, биомасса – 0,0031 г/м³ (табл. 2). В створе найдено наибольшее число таксонов – 38: коловраток – 21, кладоцер – 11 и копепод – шесть (табл. 1). Наибольшая доля по численности принадлежала коловраткам – 66,5%. По биомассе лидирующая роль перешла к веслоногим ракообразным – 44,9%. Доля коловраток по биомассе составила 34,9%, доля копепод по численности – 24,5%. Ветвистоусые рачки составляли по численности 9,0%, по биомассе – 20,2%. Доминантный комплекс по численности образовывали коловратка *Brachionus quadridentatus* и младшие стадии жизненного цикла копепод, по биомассе – рачок *Thermocyclops oithonoides* и Nauplius+Copepodit.

На участке «на 1000 м ниже сброса» отмечены минимальные количественные показатели планктона, численность составила 0,637 тыс.экз./м³ биомасса – 0,0019 г/м³ (табл. 2). В створе найдено наименьшее число таксонов – 25, в том числе 17 коловраток, шесть кладоцер и два копепод (табл. 1). По численности и биомассе вновь доминировали коловратки – 73,8% и 54,1% соответственно. На долю веслоногих рачков приходится 22,0% численности и 34,0% биомассы. Кладоцеры составили 26,7% и 11,9% соответственно от общих показателей численности и биомассы. По численности и биомассе доминировали младшевозрастные стадии жизненного цикла копепод.

В результате проведенных исследований установлено, что таксономическое разнообразие зоопланктона на исследованных участках р. Вятка возросло от фона к участку «на 500 м ниже сброса». В створе «на 1000 м ниже сброса» число таксонов снижается до минимальных значений. Общая численность и биомасса планктона возрастают до максимума на участке «на 500 м ниже сброса» и затем снижаются до минимальных значений в створе «на 1000 м ниже сброса». Полученные результаты согласуются с литератур-

ными данными о том, что на участках рек, испытывающих антропогенную нагрузку, по мере удаления от источника загрязнения при разбавлении сточных вод наблюдается увеличение численности и биомассы зоопланктона [11]. По численности на всех участках р. Вятка доминировали коловратки. По биомассе, за исключение участка «на 500 м ниже сброса», где превалировали веслоногие ракообразные, лидирующая роль также принадлежала коловраткам.

Результаты оценки качества вод р. Вятка показаны в таблице 3.

Таблица 3

Оценка качества вод р. Вятка по зоопланктону

Индекс	Фон	Ниже сброса		
	500 м	30 м	500 м	1000 м
Индекс Шеннона	3,3	3,8	4,0	3,5
Индекс сапробности	1,91 β-мезоса- пробная	1,62 β-мезоса- пробная	1,67 β-мезоса- пробная	1,77 β-мезоса- пробная
о/о-β/β*	6/4/7	8/6/5	10/8/8	6/4/5

Примечание: «*» – количество видов-индикаторов олиго-/олиго-β/β-мезосапробных условий.

Величина индекса Шеннона увеличивается от фонового створа реки до участка на «500 м ниже сброса», где отмечены его максимальные значения. В целом зоопланктон р. Вятка характеризовался высоким таксономическим разнообразием на протяжении всего исследованного участка реки (табл. 3).

Индекс сапробности оценивал воды водотока во всех створах как умеренно загрязненные (β-мезосапробные) (табл. 3), что согласуется с результатами предыдущих исследований в бассейне р. Вятка [12].

Таким образом, в результате проведенных исследований в составе зоопланктона р. Вятка выявлено 56 таксонов, в том числе коловратки – 30, ветвистоусые рачки – 17 и веслоногие ракообразные – девять.

Влияние сбросов хозяйственно-бытовых сточных вод на зоопланктон р. Вятка в районе г. Котельнич отмечено на участке от места сброса до участка «на 1000 м ниже сброса». Данное влияние проявляется в росте показателей общей численности и биомассы зоопланктона до максимальных значений и увеличение таксономического разнообразия фауны на участке «на 500 м ниже сброса». Однако в створе «на 1000 м ниже сброса» наблюдается снижение этих показателей до минимальных. По индексу сапробности створы реки на всех участках водотока оценены как умеренно загрязненные (β-мезосапробные).

Библиографический список

1. Кашина Л. Н., Кликашева А. Н., Русских А. В. Воды // Природа, хозяйство, экология Кировской области. Киров : Вятка, 1996. С. 136–186.
2. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. 240 с.
3. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб. : Гидрометеиздат, 1992. 319 с.

4. Кононова О. Н., Фефилова Е. Б. Методическое руководство по определению размерно-весовых характеристик организмов зоопланктона европейского севера России. Сыктывкар, 2018. 152 с.
5. Константинов А. С. Общая гидробиология: учебник для студентов биологических специальностей вузов. М. : Высшая школа, 1986. 474 с.
6. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
7. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol., Beiheftz, Ergebnisse der Limnol. 1973. No. 7. 218 s.
8. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Методы биологического анализа вод. Прил. 2. Атлас сапробных организмов. М. : Изд-во СЭВ, 1977. 228 с.
9. Боголюбов А. С. Методика изучения перифитона и оценки сапробности водоемов. М. : Экосистема, 1997. 17 с.
10. Видовое разнообразие зоопланктона как показатель экологического состояния водоемов Калининградской области / М. Н. Шibaева, Е. А. Масюткина, Е. П. Матвеева, А. А. Охупкина // Известия Калининградского государственного технического университета. 2013. № 28. С. 153–163.
11. Крылов А. В. Зоопланктон равнинных малых рек. М. : Наука, 2005. 263 с.
12. Кононова О. Н. Фауна планктонных животных (Rotifera, Cladocera, Copepoda) некоторых рек Кировской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. Т. 10. № 2. С. 505–513.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ЩУКИ ОБЫКНОВЕННОЙ И ПЛОТВЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В р. ВОЧЬ НА ТЕРРИТОРИИ ПАВИНСКОГО РАЙОНА КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ ПО КОМПЛЕКСУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Я. А. Шадрина, Л. В. Мурадова

*Костромской государственный университет,
sh898@mail.ru, mlv44@mail.ru*

В статье приведены результаты исследования популяций щуки обыкновенной (*Esox lucius*) и плотвы обыкновенной (*Rutilus rutilus*) по морфофизиологическим и экстерьерным показателям, пойманных в реке Вочь, в Павинском районе Костромской области. Проведена оценка стабильности развития популяций рыб по флуктуирующей асимметрии билатерально расположенных признаков, определено содержание глюкозы и гемоглобина в крови рыб данных популяций.

Ключевые слова: щука обыкновенная, плотва обыкновенная, морфофизиологические показатели, уровень глюкозы, содержание гемоглобина.

Воздействие хозяйственной деятельности человека на водные экосистемы приводит к их изменению, что отражается на состоянии всего гидроценоза, в том числе на ихтиофауне. Река Вочь протекает по территории Павинского и Вохомского районов Костромской области, является правым притоком реки Вохмы. Длина реки составляет 119 км, площадь водосборного бас-

сейна – 1030 км². Река имеет болотистые берега, заросшие макрофитами (рогоз, осока). Среди антропогенных факторов, воздействующих на реку, можно выделить населенные пункты и автомобильные дороги, расположенные в речном бассейне р. Вочь. Воздействие зоогенного фактора проявляется в деятельности бобров, плотины которых встречаются на протяжении всей реки. В связи с этим, целью нашего исследования было оценить состояние доминирующих видов рыб в р. Вочь.

При оценке состояния рыб используют различные показатели, которые являются маркерами изменений, происходящих в организме под воздействием стресс факторов. Исследования проводились в 2020 г. в летний период. Лов рыбы осуществлялся в утренние часы с помощью традиционных орудий лова. Всего было поймано 19 особей, относящихся к 3 видам, 2 семействам. Доминирующим видом в улове была плотва обыкновенная – 57,9% улова. Средняя масса тела плотвы в улове составляла $50,3 \pm 2,9$ г, длина тела $15,9 \pm 1,3$ см. Щука обыкновенная в улове составляла 31,6%, ее средняя масса тела была $388,3 \pm 10,9$ г, длина тела $37,3 \pm 2,4$ см.

Изменения условий среды отражаются на размерно-ростовых показателях рыб, которые можно оценить по морфометрическим показателям и экстерьерным индексам пластических и счетных признаков. Оценка по промерам характеризует телосложение рыб, видовые отличия, особенности развития. Индекс упитанности (по Фультону) зависит от вида особи, её возраста, роста, от стадии зрелости её продуктов и характера питания (табл. 1).

Таблица 1

Экстерьерные показатели *Rutilus rutilus* и *Esox lucius*

Индексы	Вид			
	<i>Rutilus rutilus</i>)		<i>Esox lucius</i>	
	X ± m	Cv, %	X ± m	Cv, %
Упитанности	1,64±0,4	37,5	0,68±0,1	17,9
Прогонистости	3,87±0,2	10,2	6,92±0,4	12,1
Большеголовости	19,26±1,5	17,8	23,39±0,9	10,3
Обхвата	61,04±2,1	15,1	34,98±1,3	8,6

Для щуки обыкновенной присуще типичное для вида телосложение, вытянутое длинное почти цилиндрическое тело. Индексы прогонистости и обхвата составляют 6,92 и 34,98 соответственно. Довольно крупная голова щуки имеет удлинённую форму, за счёт продолговатых челюстей, о чём свидетельствуют индекс большоголовости – 23,39.

Плотва обыкновенная имела умеренно высокую, продолговатую форму тела, индекс обхвата составил 61,04, а индекс прогонистости – 3,87. Голова небольшого размера, индекс большоголовости – 19,26. Индекс упитанности плотвы составил 1,64.

Морфофизиологический анализ позволяет оценить состояние рыб, условия их обитания, степень приспособленности популяции к конкретным условиям существования с целью последующего прогнозирования развития

популяции [5]. В качестве морфофизиологических показателей мы использовали индексы жизненно важных органов: селезёнки, печени и почек.

Размеры селезёнки, которая является кроветворным органом и местом распада эритроцитов, могут изменяться при инфекционных заболеваниях или под влиянием внешних условий и стрессовых воздействий. Индекс селезёнки у щуки обыкновенной составил $0,18 \pm 0,01$, у плотвы обыкновенной $0,24 \pm 0,04$, что свидетельствует о благоприятной среде обитания рыб и отсутствии заболеваний. Размеры и масса печени могут значительно варьировать, так как в ней накапливаются питательные вещества – гликоген и жир. Индекс печени у щуки составил $1,35 \pm 0,13$, у плотвы $0,96 \pm 0,04$, что позволяет говорить о достаточной кормовой базе в водоёме для данных видов. Индекс почек, характеризующий уровень обмена веществ у щуки был – $0,58 \pm 0,06$, у плотвы – $0,28 \pm 0,02$.

Оценку стабильности развития рыб проводили с помощью анализа проявлений случайной (внутрииндивидуальной) изменчивости по флуктуирующей асимметрии [1], которая проявляется в различиях признаков между сторонами тела, не имеющих самостоятельного адаптивного значения и не оказывающих ощутимого влияния на жизнеспособность особей. Средняя частота ассиметричного проявления определялась по следующим меристическим признакам рыб: число лучей в грудных плавниках, число лучей в брюшных плавниках, число лучей в жаберных перегородках, число жаберных тычинок на 1-ой жаберной дуге, число глоточных зубов, число чешуй в боковой линии. Полученный показатель сравнивался с пятибалльной шкалой оценки стабильности развития (табл. 2).

Таблица 2

Частота ассиметричного проявления билатерально расположенных признаков у щуки обыкновенной и плотвы обыкновенной

Вид	ЧАПП	Балл по шкале	Характеристика стабильности развития
Щука обыкновенная	0,30	I	Развивается в условной норме
Плотва обыкновенная	0,27	I	Развивается в условной норме

Показатель частоты ассиметричного проявления признаков у щуки обыкновенной и плотвы обыкновенной составил 0,30 и 0,27 соответственно, что свидетельствует о стабильном развитии популяции в благоприятных условиях среды.

Стресс — это, прежде всего физиологическая реакция, в формировании которой важнейшее место у рыб занимает промежуточный мозг (лимбическая система) – примитивный аналог коры полушарий. При воздействии на рыб стресс факторов происходит повышение уровня глюкозы в крови, которая регулируется гормоном кортизолом. Колебания сахара в крови рыб очень велики, что связано с несовершенным механизмом регуляции. В ходе исследования нами был определён уровень содержания глюкозы в крови у рыб (табл. 3).

Таблица 3

Уровень глюкозы у *Esox lucius* и *Rutilus rutilus*

Вид	X ± m, ммоль/л	Min, ммоль/л	Max, ммоль/л	Cv, %
<i>Esox lucius</i>	4,63±0,31	3,20	5,30	15,19
<i>Rutilus rutilus</i>	7,56±0,68	5,30	12,30	28,39

Уровень глюкозы в крови щуки обыкновенной не превышает норму – 3–8 ммоль/л [4] и составляет в среднем 4,63 ммоль/л, с колебаниями показателей от 3,2 до 5,3 ммоль/л. Уровень глюкозы у плотвы обыкновенной составил 7,56 ммоль/л, что несколько превышает норму (2–5 ммоль/л). Выборка плотвы состояла только из молодых особей, возраст которых не превышает двух лет. В молодом организме обмен веществ идёт интенсивнее, что, в свою очередь, сказывается на содержании глюкозы в крови рыб [2].

Гемоглобин крови является главным звеном в обеспечении организма кислородом, с участием которого поддерживается интенсивность обмена веществ, обуславливающая рост организма. В таблице 4 представлены данные по уровню гемоглобина у щуки обыкновенной и плотвы обыкновенной.

Таблица 4

Содержание гемоглобина в популяции щуки обыкновенной и плотвы обыкновенной

Вид	X ± m, г/л	Min, г/л	Max, г/л	Cv, %
Щука обыкновенная	41,83±3,21	34,22	56,29	17,20
Плотва обыкновенная	46,91±2,59	30,55	58,34	17,51

Содержание гемоглобина в крови рыб обоих видов находится в пределах нормы (40–120 г/л) [3], что свидетельствует о благоприятных кислородных условиях среды обитания и достаточном обеспечении организма рыб кислородом.

Таким образом, состояние популяций исследуемых видов рыб по морфофизиологическим показателям благополучное, стабильность развития находится в условной норме, а условия обитания в реке Вочь Павинского района Костромской области является для них благоприятными.

Библиографический список

1. Захаров В. М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). М. : Наука, 1987. 214 с.
2. Иванов А. А. Физиология рыб. М. : Мир, 2003. 284 с.
3. Красота В. Ф., Лобанов В. Т., Джапаридзе Т. Г. Разведение сельскохозяйственных животных : учеб. для вузов по спец. «Зоотехния». 3-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1990. 463 с.
4. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме. М. : Медгиз, 1960. 254 с.
5. Шварц С. С., Смирнов В. С., Добринский Л. Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск, 1968. 390 с.

Научное издание

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Материалы

XIX Всероссийской научно-практической конференции

с международным участием

25 ноября 2021 г.

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова

Дизайн обложки: Ю. Д. Иванова

Подписано в печать 18.11.2021 г. Печать цифровая.

Бумага для офисной техники.

Усл. печ. л. 23,23. Тираж 50 экз. Заказ № 77.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в центре полиграфических услуг
Вятского государственного университета.

610000, г. Киров, ул. Московская, 36.