



Материалы XV Всероссийской с международным
участием научно-практической конференции

ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ: проблемы и пути их решения

КНИГА 2



ИБ Коми НЦ
УрО РАН

Киров, 2020

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

Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

**ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ:
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Материалы

XV Всероссийской с международным участием
научно-практической конференции

18 мая 2020 г.

Книга 2

Киров 2020

УДК 504.06(470.342)(082)
ББК 20.1+74.200.57
Э 400

XV Всероссийская с международным участием научно-практическая конференция
«Экология родного края: проблемы и пути их решения» проводится в рамках
Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

Ответственный редактор:

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

Редакционная коллегия:

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

Э 400 Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XV Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Книга 2. (г. Киров, 18 мая 2020 г.). – Киров: ВятГУ, 2020. – 268 с.

ISBN 978-5-98228-222-4 (Книга 2)
ISBN 978-5-98228-220-0

В сборник материалов XV Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Экология родного края: проблемы и пути их решения» вошли результаты исследований экологического состояния территории Кировской области и других регионов. Особое внимание уделено освещению результатов мониторинга, методов и подходов к оценке состояния экосистем.

Значительное место в сборнике занимают материалы по изучению биологии и экологии растений, животных и микроорганизмов в изменяющихся условиях окружающей среды. Представлены работы по химии и экологии почв. Рассмотрены вопросы экологической этики и культуры в современном обществе.

Сборник материалов конференции предназначен для научных работников, преподавателей, специалистов природоохранных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

Благодарим руководство Филиала «КЧХК» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в г. Кирово-Чепецке за партнерство и сотрудничество.

За достоверность сведений, изложенных в материалах конференции, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

УДК 504.06(470.342)(082)
ББК 20.1+74.200.57

ISBN 978-5-98228-222-4 (Книга 2)
ISBN 978-5-98228-220-0

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (ВятГУ), 2020

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 4 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Половинка К. И., Травкин В. М., Соляникова И. П. Лигнинолитические бактерии – перспективы для биорефайнинга	8
Миндубаев А. З., Бабынин Э. В., Бадеева Е. К., Минзанова С. Т., Низамов И. С. Биодegradация элементного фосфора и фосфорных соединений	12
Боков Н. А., Назарова Я. И., Широких И. Г. Сравнение целлюлозолитической активности стрептомицетов, выделенных из природных субстратов	16
Андреева Е. В., Широких И. Г. Распространение устойчивости к антибиотикам среди почвенных стрептомицетов в г. Кирове	21
Устюгова К. С., Широких И. Г. Определение оптимальной продолжительности и режима культивирования стрептомицетов-антагонистов	25
Блинова А. Л., Широких И. Г. Характеристика культурально-морфологических свойств стрептомицетов-антагонистов фитопатогенных грибов	30
Трушников П. А., Благодатских Я. Ю., Загоскин М. А., Фокина А. И. Исследование влияния экзометаболитов <i>Fischerella muscicola</i> на концентрацию фузариотоксинов <i>Fusarium culmorum</i> в среде произрастания ячменя сорта Изумруд	34
Загоскин М. А., Фокина А. И. Изучение содержания биологически активных экзометаболитов микромицетов <i>Fusarium culmorum</i> и цианобактерии <i>Fischerella muscicola</i> в среде их совместного пребывания	36
Коротких А. И., Домрачева Л. И., Ковина А. Л., Вахмянина С. А., Фокина А. И. Цианобактериальные консорциумы как основа новых эффективных препаратов против фитопатогенов	40
Блинова А. Л., Домрачева Л. И. Азотобактериальная индикация состояния урбаноземов	43
Егорова Д. О., Ананьина Л. Н., Шестакова Е. А., Пьянкова А. А. Биоразнообразие бактериальных сообществ полихлорбифенил-загрязненных почв	45
Смирнова И. Э., Саданов А. К., Даугалиева С. Т. Изменение бактериального сообщества почв под влиянием длительного сельскохозяйственного использования	48
Назарова Я. И., Широких И. Г., Огородникова С. Ю. Влияние генетически модифицированных растений на почвенную микробную систему	53
Безденежных К. А. Альгологический мониторинг почв в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» после прекращения его функционирования	58

Кондакова Л. В., Кислицына А. П. «Цветение» почв в вариантах полевого опыта под травосмесями	62
Кондакова Л. В., Киселева Д. К. Почвенные водоросли и цианобактерии пойменных луговых экосистем	67
Сысоева А. В., Кондакова Л. В. Влияние пирогенного фактора на почвенные водоросли	70
Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Фитопланктон пойменных озер на техногенной территории	73
Кувичкина Т. Н., Капаруллина Е. Н., Доронина Н. В., Макаренко А. А., Решетилов А. Н. Микроорганизмы из очистных сооружений как основа для определения фенола	76
Береснева Т. П., Загоскин М. А., Фокина А. И. Поиск методики определения витамина В ₂ оптическими методами анализа	81
Малышева А. В., Громова С. Н., Колеватых Е. П., Сырчина Н. В. Оценка перспектив использования глауконита и бетулина в качестве компонентов зубных паст	83
Гогонин А. В., Щемелинина Т. Н., Лукьянов В. А. Очистка сточных вод лесопромышленного комплекса микроводорослями <i>Chlorella vulgaris</i>	87

СЕКЦИЯ 5 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Березин А. А., Савиных Н. П. Постагрогенные сосняки в подзоне южной тайги в Кировской области	91
Тетерин А. А. Правовые основы создания лесных культур лиственницы сибирской в Кировской области	96
Стародумова У. А., Крысов А. А., Варман И. А. Структура локальных геосистем заказника «Былина»	99
Соловьева В. В. Эколого-ценотические особенности экотонов «вода-суша» малых водохранилищ	102
Тетерюк Б. Ю., Князева Е. В. Флористическое разнообразие водохранилищ бассейна р. Вычегда	107
Князева Е. В. Синантропные виды в Нювчимском водохранилище и их продуктивность	110
Рязанова Д. Г., Пересторонина О. Н. Оценка состояния флоры Дендрологического парка лесоводов Кировской области	114
Кантор Г. Я., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я. Применение панорамной стереофотосъемки для инвентаризации и мониторинга городских зеленых насаждений	118
Кравсун Т. И. Стратегические позиции фитоиндикаторов семейства Asteraceae в Донбассе	120
Касьянова А. М., Шабалкина С. В. Состав семейства Cruciferae (Brassicaceae) в гербарной коллекции Вятского государственного университета	123

Боброва Е. Д., Домнина Е. А., Пашкин В. С. Инвентаризация оранжерейных растений Ботанического сада Вятского государственного университета	126
Абдураимов А. С., Данияров С. А. Виды рода <i>Salsola</i> L. во флоре Таркапчигайского ботанико-географического района (Узбекистан)	128
Лелекова Е. В., Коновалова И. А., Зыкин А. Е. Использование растений местной флоры в кровельном озеленении	131
Позолотина Л. А., Пересторонина О. Н. Древесные растения центральной части г. Кирова.....	136
Стрельников И. И., Мудрецова К. В. Разработка прибора для измерения параметров колебаний ствола древесных растений	140
Коновалова И. А. Ритм сезонного развития полудревесной лианы <i>Solanum dulcamara</i> L.	144
Ахатова Н. Г. Внутрипопуляционная изменчивость ландыша майского в Кильмезском районе Кировской области	147
Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н. Особенности внутрипопуляционной изменчивости <i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill. в Кировской области.....	150
Душина Е. Э., Савиных Н. П. Особенности биоморфологии <i>Convallaria majalis</i> в сосняках особо охраняемой природной территории «Медведский бор».....	153
Копосова К. Д., Савиных Н. П. Биоморфология пустынницы скальной в связи с ее охраной.....	158
Шаклеина М. Н., Савиных Н. П. Экологические предпочтения <i>Limosella aquatica</i> L.....	163
Русских А. Э., Скугорева С. Г. Влияние органоминеральных удобрений на содержание фотосинтетических пигментов в листьях салата	167
Пронина Н. А. Изучение влияния паров этилового спирта различных концентраций на прорастание <i>Lepidium sativum</i>	170
Симонова О. А., Симонов М. В., Товстик Е. В. Оценка устойчивости растений ячменя к повышенным концентрациям железа	173
Серебренников М. С., Огородникова С. Ю., Пестов С. В. Изучение процессов перекисного окисления липидов в травянистых растениях в условиях городской среды.....	177
Жукова А. В., Скугорева С. Г., Кантор Г. Я. Сорбция ионов меди высшими грибами и активированным углем	180
Шешегова Т. К. Растительно-микробные взаимоотношения в патоккомплексе <i>Hordeum vulgare</i> L. – <i>Helminthosporium</i> spp.....	184

СЕКЦИЯ 6
БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Бабина В. А., Масленникова О. В. Орнитофауна пойменных угодий среднего течения р. Енисей	189
Борняков Г. А., Масленникова О. В. Фауна мелких млекопитающих заповедника «Центральносибирский»	194
Гарибян П. Г., Неретина А. Н. Выявление переходной зоны между Палеарктикой и Ориентальной зоной на примере анализа распределения ветвистоусых ракообразных в водоемах юга Дальнего Востока России и Южной Кореи	197
Греков О. А. Предложения по порядку проведения беспилотного авиаучета охотничьих животных	202
Зиновьев В. В., Пестов С. В., Огородникова С. Ю. Влияние членистоногих-филлофагов на биохимический статус листьев липы мелколистной и жимолости обыкновенной в урбанизированной среде г. Кирова	205
Кислицына А. Д., Забиякин В. А. Биология и экология серой цапли <i>Ardea cinerea</i> L. в окрестностях с. Буйского Уржумского района Кировской области	209
Мельникова А. В., Ильясова А. Р. Оценка качества вод по видовому разнообразию зообентоса	213
Пономарев В. И. Распространение европейского хариуса <i>Thymallus thymallus</i> L. в озерах западных склонов Приполярного и Полярного Урала	217
Пышкин В. Б., Кобечинская В. Г. Видовое богатство и таксономическое разнообразие карабид (Insecta: Carabidae) нагорного плато горы Чатыр-Даг Крымских гор	223
Сиргалина Д. Р. Особенности биологии <i>Hirundo rustica</i> , <i>Delichon urbicum</i> и <i>Apus apus</i>	226
Суходольская Р. А., Тимофеева Г. А. Чем и как можно заменить окуляр-микрометр?	228
Турмухаметова Н. В., Елаева О. Н. Структура орнитокомплекса центра Йошкар-Олы	231
Целищева Л. Г., Бакка С. В. Население жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) среднетаежного участка «Тулашор» заповедника «Нургуш»	233

СЕКЦИЯ 7

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭТИКА И КУЛЬТУРА В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Жерносекова Е. В., Борисюк М. В. Экореклама как средство формирования экологической культуры населения	239
Абуснайна М. В. Фитоиндикационная экскурсия как элемент экологического образования в Донбассе	242
Кокоулина Л. С., Береснева Е. В. Разработка урока на тему «Утилизация медицинских отходов, содержащих соединения элементов 2 группы»	246
Большакова С. Э., Береснева Е. В. Разработка внеурочного мероприятия на тему «Утилизация лекарственных препаратов, содержащих в своем составе элементы галогены»	250
Шаньгинова Г. А. Экологические знания младших школьников	254
Крестьянинова К. В., Береснева Е. В. Проблемный урок на тему «Отходы в доходы»	258
Огнёва В. И., Береснева Е. В. Анализ ассортимента и качества антибактериального мыла	261
Дегтерев С. Л., Береснева Е. В. Физико-химические показатели качества и безопасности фруктового пюре для детского питания российских производителей	264

СЕКЦИЯ 4 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

ЛИГНИНОЛИТИЧЕСКИЕ БАКТЕРИИ – ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ БИОРЕФАЙНИНГА

К. И. Половинка, В. М. Травкин, И. П. Соляникова

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
polovinkakseniya@gmail.com*

В данной статье представлен краткий обзор актуальных исследований лигнинолитических бактерий, их поиска и культивирования. Показаны некоторые физиолого-биохимические характеристики лигнинолитических бактерий, дана оценка наиболее перспективным родам и штаммам бактерий-лигнинолитиков.

Ключевые слова: лигнин, бактерии, лакказы, лигнин пероксидазы, деструкция.

Лигнин, второй по распространенности органический полимер на Земле, представляет собой гетерогенный алкил-ароматический сложный комплекс, который является важным компонентом лигноцеллюлозы в клеточной стенке растений. В настоящее время технический лигнин, являющийся нерастворимым отходом промышленного гидролиза древесины и растительных отходов, используется в качестве топлива для производства технологического пара и электроэнергии. Достаточно широкое применение находят лигносульфонаты – растворимые формы лигносульфоновых кислот, которые получают в процессе т.н. сульфитной варки, в основном за счет своей высокой поверхностной активности. Исследования последних лет открывают новые возможности в использовании лигнина как источника значимых компонентов и в индустрии биорефайнинга. Предложено большое число подходов к деполимеризации лигнина, включая термохимическую и ферментативную деструкцию.

Несмотря на природную устойчивость лигнина, некоторые микроорганизмы способны к его деградации. Грибы белой гнили, синтезирующие внеклеточные ферменты, являются основными деструкторами лигнина благодаря своим высокоэффективным ферментативным системам деградации лигнина, включающим лигнинпероксидазу (LiP), марганец пероксидазу (MnP), лакказу, универсальные пероксидазы (VP) и пероксидазы, обесцвечивающие красители (DyPs) [1]. Однако, грибы белой гнили не очень устойчивы в условиях реального технологического процесса, например, при высоких значениях pH, ограничении O₂, высоких концентрациях субстрата. Лакказы используются во многих биотехнологических процессах в бумажной и целлюлозной, текстильной, фар-

мацевтической и нефтехимической промышленности, а также для биоремедиации промышленных отходов. Хотя лакказы распространены повсеместно, исследования были сосредоточены главным образом на грибных ферментах, был идентифицирован ряд изозимов, особенно среди грибов белой гнили.

После идентификации первой бактериальной лакказы было обнаружено много других примеров. Свойства бактериальных лакказ, такие как их энантио-селективность и стабильность при высоком значении рН и высоких температурах еще не изучены в деталях, но они имеют несомненные преимущества для применения в таких областях, как предварительная обработка устойчивой биомассы. Крупномасштабное производство грибных лакказ является сложной задачей из-за медленных темпов роста грибов. Они также имеют более узкий оптимальный диапазон рН. Эти факторы сделали бактериальные лакказы ценной альтернативой грибным ферментам.

Лигнинолитические бактерии выделяют из различных мест обитания, они широко распространены в окружающей среде.

Сообщалось о нескольких штаммах стрептомицетов, способных разлагать лигнин. *Streptomyces viridosporus* T7A является одним из наиболее изученных штаммов, продуцирующих внеклеточные лигнин-деградирующие ферменты, такие как лигнинпероксидазы с активностью более 300 Ед/л [2]. Из лигноцеллюлозы кукурузы культурой *S. viridosporus* T7A образовывался промежуточный продукт, который был идентифицирован как лигнин-производный кислотно-осаждаемый полимерный лигнин (ЛКПЛ), обогащенный фенольными гидроксильными группами [3]. *Streptomyces badius* ATCC 39117 разлагал ¹⁴С-меченый растительный лигнин, и *Streptomyces coelicolor* A3(2) продуцировал ЛКПЛ в среде с травяной лигноцеллюлозой [4]. *Amycolatopsis* sp. 75iv2 (ранее *Streptomyces setonii* и *Streptomyces griseus* 75iv2) при выращивании на хвое, лиственных породах и травяной лигноцеллюлозе, был способен к разложению лигнина на 34, 29 и 39%, соответственно, что было сопоставимо с активностью *S. viridosporus* T7A [5].

К деградации лигнина также способны некоторые виды родококков. С использованием флуоресцентно-модифицированного лигнина обнаружена лигнин-деградирующая активность *Rhodococcus jostii* RHA1 [6]. Авторы сообщили, что штамм непосредственно использует этот лигнин и лигноцеллюлозу соломы пшеницы в качестве единственного источника углерода и перспективен для получения биотехнологически-значимых продуктов, таких как ароматические дикарбоновые кислоты и ванилин [7]. Способность разлагать лигнин была показана для *Rhodococcus erythropolis* при культивировании на нитрат-лигнине пшеницы [7]. *Rhodococcus opacus* DSM 1069 и PD630 проявили лигнинолитическую активность при выращивании на этиловом органосольвентном лигнине в качестве единственного источника углерода [8]. Хотя у штамма PD630 скорость роста была ниже, чем у *R. jostii* RHA1, отличительной особенностью данного штамма был рост на кукурузном лигнине в качестве единственного источника углерода [9].

Важной с биотехнологической точки зрения является способность некоторых лигнинолитических бактерий одновременно солибилизовать углеводы

и разлагать лигнин в составе лигноцеллюлозы. Одним из примеров является *Thermobifida fusca*, аэробный термофил, который содержит ферменты, отвечающие за модификацию лигнина и гидролиз целлюлозы [10]. С использованием штамма *Clostridium thermocellum* в аналогичном эксперименте были получены похожие результаты [11]. *Caldicellulosiruptor bescii*, первоначально выделенный из геотермального бассейна, также привлек интерес исследователей благодаря своей целлюлозно-лигнинолитической активности. Эта бактерия была успешно выращена на необработанной биомассе мятлика лугового при 78 °С и выделяла в питательную среду ряд лигнин-производных ароматических соединений [12]. Кроме того, рекомбинантные *C. bescii*, как и *T. fusca*, использовали необработанную растительную биомассу для производства этанола [13].

Способность разлагать лигнин показана не только для аэробных, но также и для анаэробных бактерий. Из почвы тропических лесов с использованием среды, содержащей крафт-лигнин в качестве единственного источника углерода, выделен факультативно-анаэробный организм *Enterobacter lignolyticus* SCF1. В присутствии ксилозы и лигнина прирост биомассы этого штамма был более, чем в два раза выше по сравнению с культивированием только в присутствии ксилозы. Полученные результаты подтверждены протеомным и транскриптомным анализами, которые показали наличие регуляции четырех ферментов, участвующих в деполимеризации лигнина, таких как ДуР и глутатион S-трансфераза [14]. Другие штаммы *E. aerogenes* и *E. soil* sp. nov. также были выделены из почвы и культивированы на среде, содержащей лигнин в качестве единственного источника углерода. *E. aerogenes* способен усваивать лигнин и производные от лигнина ароматические соединения [15].

Бактерии рода *Pseudomonas* также привлекательны для использования в деполимеризации лигнина в промышленной биотехнологии. После обработки лигнина бактериями *Pseudomonas putida* наблюдалось изменение его морфологии и химических связей при анализе сканирующей электронной микроскопией (СЭМ), что подтверждало уменьшение размера частиц и уменьшение количества гваяцил-блока [16].

Показана способность разлагать лигнин и для представителей рода *Bacillus*. В частности, в последнее время было обнаружено и охарактеризовано несколько изолятов из почвы, осадка и шлама. Почвенная бактерия, идентифицированная как *Bacillus* sp., характеризовалась 99% сходством с *B. cereus* и *B. thuringiensis* по генотипированию 16S рРНК. Численность этой бактерии после 72 ч культивирования на среде с лигнином в качестве единственного источника углерода достоверно увеличивалась [17].

Предложено использование штаммов *Citrobacter freundii* и *Klebsiella* sp. для расщепления лигнина. *C. freundii* при культивировании в монокультуре не показал эффективного роста. Однако, при совместном культивировании с другим штаммом *Citrobacter* sp., выделенным из образца шлама, было обнаружено эффективное обесцвечивание лигнина до 62% [18]. Кроме того, с использованием метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) было показано образование новых метаболитов, таких как три-, тетра- и пентахлорфенолы.

Таким образом, анализ литературы, касающейся бактериальной деструкции лигнина, показал, что бактерии являются не менее перспективными для получения комплекса лигнинолитических ферментов, чем грибы. А учитывая их высокие, по сравнению с грибами, скорости роста и накопления биомассы, устойчивость к внешним факторам, можно считать, что они могут быть ценными продуцентами биотехнологически-значимых продуктов.

Библиографический список

1. Upadhyay P., Shrivastava R., Agrawal P. K. Bioprospecting and biotechnological applications of fungal laccase // 3 Biotech. 2016. Vol. 6(1). P. 15.
2. Gottschalk L. M. F., Macedo J. M. B., Bon E. P. S. Lignin peroxidase production by *Streptomyces viridosporus* T7A // Appl. Biochem. Biotechnol. 1999. Vol. 79. P. 771–778. <https://doi.org/10.1385/ABAB:79:1-3:771>
3. Crawford D. L., Pometto A. L., Crawford R. L. Lignin degradation by *Streptomyces viridosporus*: isolation and characterization of a new polymeric lignin degradation intermediate // Appl. Environ. Microbiol. 1983. Vol. 45. P. 898–904.
4. Roles of small laccases from *Streptomyces* in lignin degradation / S. Majumdar, T. Lukk, J. O. Solbiati, S. Bauer, S. K. Nair, J. E. Cronan et al. // Biochemistry. 2014. Vol. 53. P. 4047–4058. doi: 10.1021 / bi500285t
5. Antai S. P., Crawford D. L. Degradation of softwood, hardwood, and grass lignocelluloses by two *Streptomyces* strains // Appl. Environ. Microbiol. 1981. Vol. 42. P. 378–380.
6. Towards lignin consolidated bioprocessing: simultaneous lignin depolymerization and product generation by bacteria / D. Salvachúa, E. M. Karp, C. T. Nimlos, D. R. Vardon, G. T. Beckham // Green Chem. 2015. Vol. 17. P. 4951–4967. doi: 10.1039/C5GC01165E
7. Isolation of bacterial strains able to metabolize lignin from screening of environmental samples / C. Taylor, E. Hardiman, M. Ahmad, P. Sainsbury, P. Norris, T. Bugg // J. Appl. Microbiol. 2012. Vol. 113, No. 3 P. 521–530. doi: 10.1111/j.1365-2672.2012.05352.x
8. Kosa M., Ragauskas A. J. Lignin to lipid bioconversion by oleaginous *Rhodococci* // Green Chem. 2013. Vol. 15. P. 2070–2074. doi: 10.1039/c3gc40434j
9. Lipid production from dilute alkali corn stover lignin by *Rhodococcus* strains / Y. He, X. Li, H. Ben, X. Xue, B. Yang // ACS Sustain. Chem. Eng. 2017. Vol. 5. P. 2302–2311. doi: 10.1021/acssuschemeng.6b02627
10. Structure of *Thermobifida fusca* DyP-type peroxidase and activity towards Kraft lignin and lignin model compounds / R. Rahmanpour, D. Rea, S. Jamshidi, V. Fülöp, T. D. Bugg // Arch. Biochem. Biophys. 2016. Vol. 594. P. 54–60. doi: 10.1016/j.abb.2016.02.019
11. Elucidating the structural changes to Populus lignin during consolidated bioprocessing with *Clostridium thermocellum* / H. O. Akinosho, C. G. Yoo, A. Dumitrache, J. Natzke, W. Muchero, S. D. Brown et al. // ACS Sustain. Chem. Eng. 2017. Vol. 5. P. 7486–7491. doi: 10.1021/acssuschemeng.7b01203
12. Carbohydrate and lignin are simultaneously solubilized from untreated switchgrass by microbial action at high temperature / I. Kataeva, M. B. Foston, S.-J. Yang, S. Pattathil, A. K. Biswal, Ii F. L. Poole et al. // Energ. Environ. Sci. 2013. Vol. 6. P. 2186–2195. doi: 10.1039/c3ee40932e
13. Direct conversion of plant biomass to ethanol by engineered *Caldicellulosiruptor bescii* / D. Chung, M. Cha, A. M. Guss, J. Westpheling // Proc. Natl. Acad. Sci. 2014. Vol. 111. P. 8931–8936. doi: 10.1073/pnas.1402210111
14. Evidence supporting dissimilatory and assimilatory lignin degradation in *Enterobacter lignolyticus* SCF1 / K. M. DeAngelis, D. Sharma, R. Varney, B. A. Simmons, N. G. Isern, L. M. Markillie et al. // Front. Microbiol. 2013. Vol. 4. P. 280. doi: 10.3389/fmicb.2013.00280

15. Manter D. K., Hunter W. J., Vivanco J. M. *Enterobacter soli* sp. nov.: a lignin-degrading γ -proteobacteria isolated from soil // Curr. Microbiol. 2011. Vol. 62. P. 1044–1049. doi: 10.1007/s00284-010-9809-9
16. Nikel P. I., de Lorenzo V. *Pseudomonas putida* as a functional chassis for industrial biocatalysis: from native biochemistry to *trans*-metabolism // Met. Eng. 2018. Vol. 50. P. 142–155. doi: 10.1016/j.ymben.2018.05.005
17. Isolation and characterization of novel bacterial strains exhibiting ligninolytic potential / L. Bandounas, N. J. Wierckx, J. H. De Winde, H. J. Ruijsenaars // BMC Biotechnol. 2011. Vol. 11. P. 94. doi: 10.1186/1472-6750-11-94
18. Chandra R., Bharagava R. N. Bacterial degradation of synthetic and kraft lignin by axenic and mixed culture and their metabolic products // J. Environ. Biol. 2013. Vol. 34. P. 991–999.

БИОДЕГРАДАЦИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО ФОСФОРА И ФОСФОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А. З. Миндубаев¹, Э. В. Бабынин³, Е. К. Бадеева²,
С. Т. Минзанова², И. С. Низамов³

¹ Общество с ограниченной ответственностью Инновационные технологии детоксикации, mindubaev@iopc.ru, mindubaev-az@yandex.ru

² Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН,

³ ГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет

Исследования показали, что микромицет *Aspergillus niger* AM1 способен утилизировать в качестве источников фосфора триамид фосфорной кислоты и замещенный дитиофосфат. Также, в представленной работе впервые описаны попытки увеличить концентрацию белого фосфора в культуральной среде до значений выше 1%. Для этого мы добавляли в культуральные среды оливковое масло, в котором белый фосфор сравнительно хорошо растворим. Оказалось, что в присутствии этого компонента минимальная ингибирующая концентрация белого фосфора резко падает.

Ключевые слова: белый фосфор, соединения фосфора, минимальная ингибирующая концентрация, *Aspergillus niger*.

В предыдущих исследованиях [1, 2] мы впервые наблюдали биodeградацию белого фосфора. Логичным продолжением исследований является расширение спектра исследуемых соединений фосфора, которые могут быть метаболитами белого фосфора, и также усваиваться микроорганизмами. Начало данного цикла работ мы представили в публикации [3].

До сих пор максимальная концентрация белого фосфора в приготовленных нами культуральных средах составляла 1%. Поскольку минимальная ингибирующая концентрация (МИК) данного вещества для аспергиллов до сих пор не была найдена, были основания полагать, что аспергиллы могут расти в средах с концентрацией P₄ более 1%. Это имеет важное практическое значение, поскольку расширяет возможности создаваемого метода. В рамках проведенно-

го исследования мы делали попытки увеличивать концентрацию белого фосфора в среде до значений выше 1%. Для этого мы добавляли в среды растворители – диметилсульфоксид (ДМСО) и дизельное топливо. Однако, эксперименты были признаны неудачными – дизельное топливо проявило высокую токсичность для аспергилла, а ДМСО оказался осмотически активным. В дальнейшем мы применили другой перспективный растворитель – оливковое масло. Растворимость белого фосфора в оливковом масле при 25 °С составляет 12,5 г/л, или 1,25% [4]. Поэтому возникла идея увеличивать концентрацию белого фосфора в средах путем добавления его в виде масляного раствора. Оливковое масло стерилизовали в автоклаве. Благодаря использованию ультразвука (ванна «Сапфир», 25 °С) нам удалось получить пересыщенный раствор белого фосфора в стерильном оливковом масле концентрацией 1,75% (0,35 г Р₄ в 20 мл масла). При ультразвуковой обработке даже без нагрева белый фосфор за час растворяется в масле быстрее, чем за несколько недель без влияния ультразвука [3]. При стоянии часть белого фосфора из раствора выпадала в осадок, т.е. реальная концентрация была чуть меньше. В атмосфере аргона масло с белым фосфором сохраняло консистенцию и оливковый цвет, т.е. образовывался истинный раствор. Но при контакте с воздухом поверхность масла начинала дымить и покрываться темно-коричневой пленкой. Возможно, окисление белого фосфора кислородом воздуха приводило к образованию свободных радикалов и полимеризации компонентов масла. Посев проводился в планшеты с 24 лунками объемом по 2 мл. В трех рядах лунок по горизонтали в среду добавлялось 5%, 2,5% и 1,25% масла с белым фосфором, соответственно. Концентрации белого фосфора в среде, соответственно, составляли 0,0875%, 0,04375% и 0,021875%. Четвертый ряд лунок представлял собой контроль, среду без белого фосфора и с фосфатом. В рядах по вертикали на разные концентрации белого фосфора и в контроль сеяли три штамма *A. niger*: AM1, FW2731 и FW2664.

В различные модификации сред вносились источники фосфора триэтилфосфат, гексаметилфосфортриамид (ГМФТА, гексаметапол), диметилфосфиновая кислота, а также дитиофосфат ТИМ-7.12.18, в сочетании с фосфатом и без него. ТИМ-7.12.18 вносился в виде спиртового (этанол) раствора. Диметилфосфиновая кислота вносилась в свободном виде.

Триэтилфосфат, который используется в промышленности в качестве антипирена и модификатора полимеров, увеличивающего их ударопрочность, оказался токсичным, тем не менее, поддерживает рост в концентрациях ниже 0,6 мкл/мл, особенно в присутствии фосфата.

Зато полярный растворитель гексаметилфосфортриамид (ГМФТА, гексаметапол) поддерживает рост гриба в широком диапазоне концентраций ниже 31 мкг/мл (рис. 1).

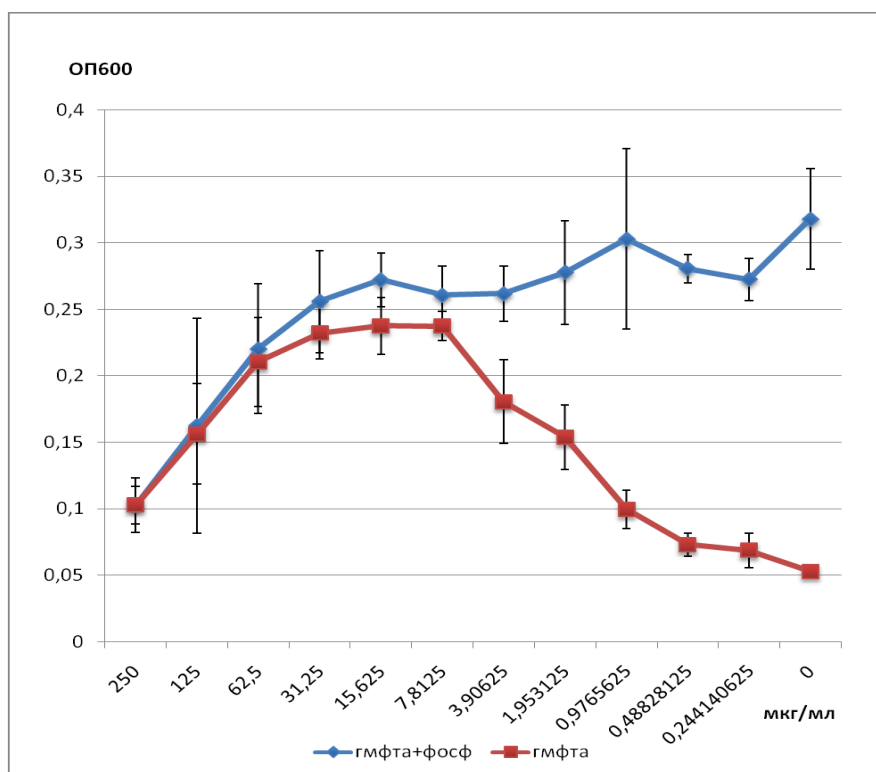


Рис. 1. Рост штамма *A. niger* AM1 при разных концентрациях гексаметилфосфортриамида, в присутствии и в отсутствие фосфата, на 2 сутки

Диметилфосфиновая кислота оказалась высокотоксичным соединением, рост на ней возможен только в присутствии фосфата.

Способность аспергилла расти на сернистых соединениях фосфора мы изучали на примере соединения ТИМ-7.12.18, исследуемого на предмет антимикробной активности и представляющего собой соль эфира дитиофосфорной кислоты с 1-метилпропандиолом-1,3 и алкалоида цинхонина [5]. Вещество нерастворимо в воде, вносилось в среды в спиртовом (этанол) растворе. Судя по диаграммам, оно поддерживает рост аспергилла в средних концентрациях, графики роста на 7 и 8 сутки имеют форму гауссовых кривых. Графики, построенные сразу после посева (0 сутки), представляют собой контроли, нулевые линии. Поскольку растворимость ТИМ-7.12.18 в воде низкая, в высоких концентрациях вещество выпадает в осадок, и создающееся замутнение сред вызывает усиление светорассеяния даже в отсутствии роста мицелия (своеобразные загибы графиков вверх на диаграммах). При оценке роста на этот эффект следует делать поправку.

Прямое наблюдение за лунками планшета (рис. 2) демонстрирует появление спор (и, соответственно, рост аспергилла) во всех лунках. Особенно интенсивный рост наблюдается в средних рядах, где концентрация фосфора сравнительно высокая, а токсические свойства вещества проявляются слабо.



Рис. 2. Рост *A. niger* AM1 в среде с ТИМ-7.12.18. Черные споры видны во всех лунках! Особенно много их в средних рядах

В отличие от использованных ранее органических растворителей – дизельного топлива и ДМСО – оливковое масло, состав которого подробно представлен в монографии [6] не оказывает на *A. niger* AM1 токсическое действие. Гриб растет в среде, содержащей оливковое масло в качестве единственного источника углерода, хотя медленнее, чем в среде с глюкозой.

Однако, токсичность белого фосфора в виде масляного раствора оказалась намного выше, чем в виде водной эмульсии. Как видно на рисунке 3, все три исследованных штамма даже спустя 32 суток после посева не растут в ряду лунок с 5% масляного раствора (0,0875% в пересчете на P₄). Эта концентрация, по всей видимости, представляет собой МИК белого фосфора. Как показывали наши предыдущие исследования, в случае водной эмульсии P₄ аспергиллы росли даже при его концентрации 1%, т. е. как минимум в 11 раз выше. Возможно, такая разница объясняется крайне низкой растворимостью белого фосфора в воде: он выпадает в осадок. Соответственно, только незначительная его часть проникает в клетки гриба и оказывает токсическое действие. В оливковом масле его растворимость выше, чем в воде, почти в 6000 раз, что значительно увеличивает эффективность проникновения белого фосфора внутрь живых клеток.



Рис. 3. 1 – штамм *A. niger* AM1, 3 – FW2731, 4 – FW2664. К – контроль, 1.2, 2.5 и 5% – содержание оливкового масла с растворенным белым фосфором.

Снимок сделан через 32 суток после посева.

В ряду лунок с 5% масла рост так и не начался

До недавнего времени единственным веществом, биодegradацию которого мы исследовали, был белый фосфор. Логичным шагом является расширение спектра классов веществ, в первую очередь содержащих фосфор, для наблюдения роста исследуемого штамма черного аспергилла и их биодegradации. В представленной работе мы продолжили исследования с другими классами соединений фосфора. Выяснилось, что аспергилл успешно метаболизирует замещенные фосфаты, но фосфинат является для него токсичным и труднодоступным веществом. Вызывает удивление способность аспергилла расти в среде с замещенным дитиофосфатом, созданным специально для исследования его противомикробной активности.

Библиографический список

1. The possibility of neutralizing white phosphorus using microbial cultures / A. Z. Mindubaev, E. V. Babynin, A. D. Voloshina, K. A. Saparmyradov, Y. A. Akosah, E. K. Badeeva, S. T. Minzanova, L. G. Mironova // News of NAS RK. Series of geology and technical sciences. 2019. Vol. 5. No. 437. P. 122–128. doi: 10.32014/2019.2518-1491.63
2. Влияние белого фосфора на выживаемость, протеом и клеточную морфологию *Aspergillus niger* / А. З. Миндубаев, С. В. Кузнецова, В. Г. Евтюгин, А. Г. Даминова, Т. В. Григорьева, Ю. Д. Романова, В. А. Романова, В. М. Бабаев, Д. Н. Бузюрова, Э. В. Бабынин, Е. К. Бадеева, С. Т. Минзанова, Л. Г. Миронова // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56, № 2. С. 156–164. doi 10.31857/S0555109920020117
3. Биодegradация соединений фосфора культурой черного аспергилла / А. З. Миндубаев, Э. В. Бабынин, Е. К. Бадеева, С. Т. Минзанова, Л. Г. Миронова, И. С. Низамов, Н. Р. Хасиятуллина, Л. М. Пирут, Е. Е. Барская, Й. А. Акосах // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 60, № 12. С. 1–24. doi: jbc-01/19-60-12-1
4. Rivera Y. B., Olin T., Bricka R. M. Summary and Evaluation for White Phosphorus. A Literature Remediation: Review // US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station. Technical Report IRRP-96-7. 1996. P. 61.
5. Quinine, an old anti-malarial drug in a modern world: role in the treatment of malaria / J. Achan, A. O. Talisuna, A. Erhart, A. Yeka, J.K. Tibenderana, F.N. Baliraine, P.J. Rosenthal, U. D'Alessandro // Malaria Journal. 2011. Vol. 10, No. 144. P. 1–12. doi: 10.1186/1475-2875-10-144
6. Boskou D. Olive Oil. Chemistry and Technology. Academic Press. 2006. 282 p.

СРАВНЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СТРЕПТОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПРИРОДНЫХ СУБСТРАТОВ

Н. А. Боков¹, Я. И. Назарова², И. Г. Широких^{1,2}

¹ Вятский государственный университет, nikita-bokov@mail.ru

² Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, irgenal@mail.ru

Сравнивали уровень целлюлозолитической активности природных изолятов, выделенных из разных почв на территории Кировской области. Выявлены активные штаммы *Streptomyces* sp. 1.1, *Streptomyces* sp. К 7.5, *Streptomyces* sp.1.10, *Streptomyces* sp. ЛОС 2-8 с величиной зон деструкции карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) более 59 мм в тесте с конго красным. При количественном определении активности фермента с реактивом на основе динитросалициловой

кислоты (ДНС) наиболее активными оказались штаммы *Streptomyces* sp. Т2а-4 (346,75±52,01 ед./10 мин/г) и *Streptomyces* sp. М64-2 (105,96±15,89 ед./10 мин/г).

Ключевые слова: целлюлоза, стрептомицеты, микроорганизмы-целлюлозолитики, целлюлаза

Несмотря на массовое использование материалов из целлюлозы, все еще имеется достаточное количество целлюлозосодержащего сырья и отходов, которые не перерабатываются должным образом или могут быть использованы более эффективно. Основная проблема заключается в разработке процессов переработки целлюлозы, которые являются экономически выгодными. Биологическая деградация по экономическим и экологическим причинам становится все более популярной альтернативой для переработки сельскохозяйственных, промышленных и бытовых отходов [1]. Биологическая деградация целлюлозной биомассы требует небольших объемов химикатов и проводится в мягких условиях по сравнению с химическим гидролизом [2]. Стрептомицеты являются при этом недостаточно изученными продуцентами целлюлаз, которые могут быть использованы в процессах биodeградации отходов, содержащих целлюлозу. Разрушение целлюлозы обеспечивает целлюлаза – фермент, принадлежащий к классу гидролаз, катализирующий гидролиз $\beta(1,4)$ -гликозидных связей в целлюлозе с образованием глюкозы или дисахарида целлобиозы. Различают три основных типа целлюлаз: эндоглюканазы, экзоглюканазы и β -глюкозидазы, отличающиеся по характеру действия на молекулы целлюлозы и, как правило, действующие совместно [3, 4].

Цель работы – сравнительный анализ целлюлозолитической активности стрептомицетов, выделенных из разных природных источников.

Объектами исследования являлись природные изоляты стрептомицетов из почв Кировской области: 1) подзол песчаный мелкий на древнеаллювиальных песках (памятник природы регионального значения Медведский бор), 2) подзол на моренных и покровных суглинках участок (Тулашор ГПЗ «Нургуш»), 3) выработанный торфяник низинного типа Лугоболотной опытной станции (Оричевский район), дерново-подзолистая почва из ризосферы табака (*Nicotiana tabacum*), выращенного в условиях искусственного климата.

Для выделения стрептомицетов использовали питательные среды различного состава: агар Гетчинсона, крахмало-аммиачный агар, казеин-глицериновый агар [5]. Высев на среды осуществляли из разведений 10^{-3} и 10^{-4} . Для ограничения роста посторонней микрофлоры почву прогревали в течение 1 часа при 100°C. Выросшие колонии стрептомицетов выделяли в чистые культуры для дальнейшего изучения. Целлюлазную активность определяли на среде Гетчинсона с 1% карбоксиметилцеллюлозой (КМЦ). Микроорганизмы засекали «полоской» и выращивали при 27 °С, в течение 10 суток. Затем поверхность чашек с выросшими микроорганизмами заливали 0,1% водным раствором конго красного инкубировали 15 минут при комнатной температуре, затем сливали и добавляли 1М раствор NaCl и экспонировали еще 10 мин. По величине зон

деструкции КМЦ (мм) оценивали предварительную целлюлазную активность культуры [6].

У штаммов, выделенных по активности разрушения КМЦ в тесте с конго красным, провели количественное определение фермента с реактивом на основе динитросалициловой кислоты (ДНС). Для анализа использовали культуру после 15 суток культивирования при температуре 28 и 37 °С. Биомассу отделяли центрифугированием в течение 10 минут при 7000 об./мин и определяли сухую биомассу. Исследовали ферментативную активность супернатанта. В 3 пробирки вносили 1 мл КМЦ в качестве субстрата и термостатировали при 50°С в течение 10 минут. В две опытные пробирки вносили 3 мл ДНС, в контрольную пробирку добавляли 3 мл ДНС реактива и 1мл супернатанта. Смесь помещали в кипящую водяную баню на 5 минут, затем охлаждали и измеряли оптическую плотность при длине волны 540 нм. Активность фермента выражали в ед./10 мин/г биомассы бактерий [7].

По величине зоны деструкции КМЦ на питательной среде исследуемые штаммы были разделены на группы со слабой (тест-зона не более 35 мм), умеренной (тест-зона от 35 до 50 мм) и сильной (тест-зона более 51 мм) целлюлазной активностью.

Всего проанализировали 12 штаммов из почв Медведского бора, 16 – из почв Тулашора, 37 – из выработанного торфяника и 40 – из ризосферы табака. Статистическую обработку результатов провели, используя пакет программ Microsoft Excel.

На основе полученных данных построили диаграмму, отражающую доле-вое соотношение штаммов стрептомицетов с различным уровнем целлюлозоли-тической активности (рис. 1).

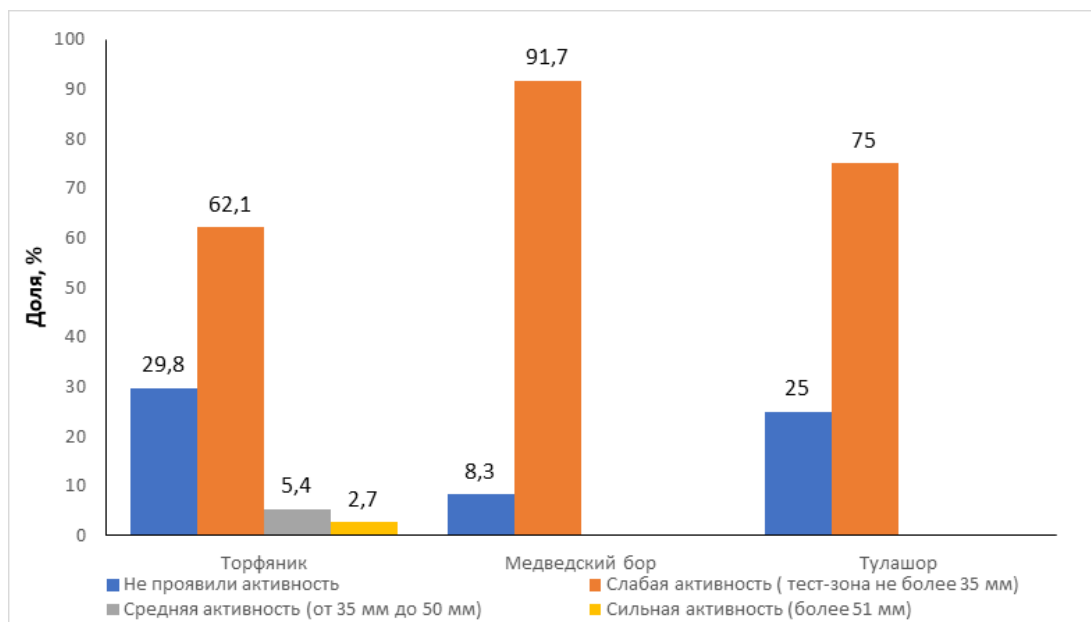


Рис. 1. Долевое соотношение штаммов стрептомицетов, выделенных из разных природных источников, с различной целлюлазной активностью

Сравнивая целлюлазную активность штаммов из почв разного генезиса, можно говорить о том, что наиболее активны стрептомицеты из выработанного

торфяника низинного типа. Суммарная доля высоко- и среднеактивных штаммов составила среди них 8,1%. Ширина зоны деструкции КМЦ в тесте с конго красным составила в среднем $16,30 \pm 14,20$ мм. Максимальную активность проявил штамм *Streptomyces* sp. ЛОС 2-8: ширина зоны деструкции КМЦ составила у него 60 мм.

Штаммы, выделенные из подзолов на территории особо охраняемых территорий «Медведский бор» и «Тулашор», оказались гораздо менее активными, чем изоляты из торфяника. Высоко- и среднеактивных стрептомицетов среди них обнаружено не было, также значительная доля (8,3–25%) штаммов вовсе не проявила целлюлазную активность.

Еще одним местом обитания, откуда выделяли стрептомицеты, была ризосфера модельного растения табак (*Nicotiana tabacum*), выращенного в условиях искусственного климата на дерново-подзолистой почве. Данные по активности изученных штаммов представлены на диаграмме (рис. 2). Целлюлазная активность штаммов из ризосферы табака превосходит все остальные, ширина зоны разрушения целлюлозного полимера составила в среднем $40,68 \pm 13,04$ мм. Доля высокоактивных штаммов (15%) в 5,5 раз выше, чем доля таковых в торфянике, а среднеактивных (67,5%) – в 12,4 раза выше, чем в том же торфянике (рис. 1).

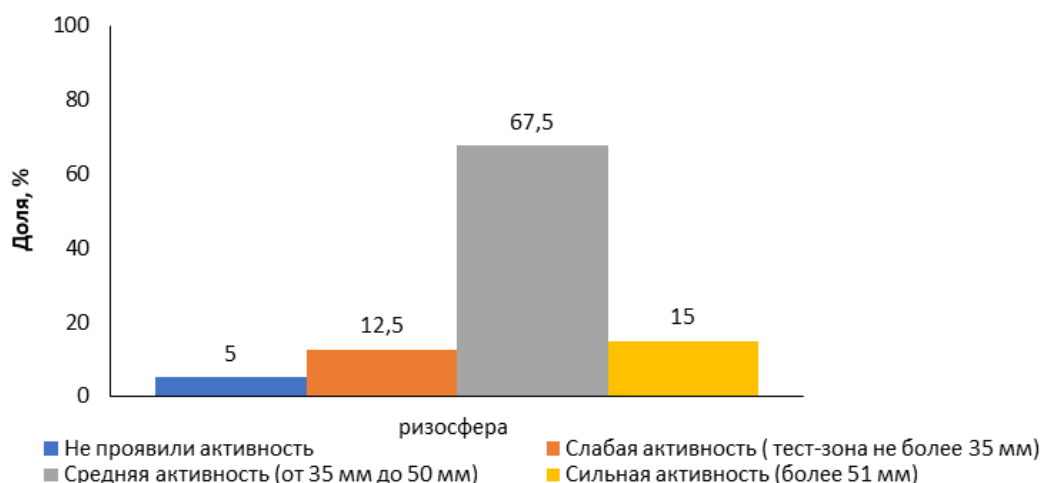


Рис. 2. Долевое соотношение штаммов с различной целлюлазной активностью из ризосферы табака

Для самых активных в разрушении КМЦ штаммов провели количественное определение фермента с реактивом ДНС, результаты представлены ниже (табл.).

Таблица

Активность целлюлазы, продуцируемой разными штаммами стрептомицетов при различных температурах

Штамм	ЦлА, ед./10 мин/г		Биомасса сух, г	
	27 °С	37 °С	27 °С	37 °С
1	2	3	4	5
<i>Streptomyces</i> sp. К 7.5	41,43±3,25	63,01±16,88	0,487±0,017	0,475±0,115
<i>Streptomyces</i> sp. 1.5	30,76±0,16	29,88±16,85	0,508±0,042	0,453±0,009
<i>Streptomyces</i> sp. T2a-4	346,75±52,01	94,35±14,15	0,511±0,077	0,497±0,075

1	2	3	4	5
<i>Streptomyces</i> sp. Мб2-3	75,19±11,28	70,12±10,52	0,532±0,080	0,517±0,078
<i>Streptomyces</i> sp. Мб4-2	86,80±13,02	105,96±15,89	0,522±0,078	0,525±0,079

Штамм *Streptomyces* sp. Т2а-4 продемонстрировал наибольшую целлюлазную активность при 27°C среди всех протестированных штаммов, при 37 °С лучше себя показал штамм *Streptomyces* sp. Мб4-2. Общих закономерностей зависимости целлюлазной активности от температуры выявлено не было, индивидуальная же зависимость для штаммов прослеживается. Например, штаммы *Streptomyces* sp. К 7.5 и *Streptomyces* sp. Мб4-2 можно отнести к термофильным, так как их целлюлазная активность выше при 37°C, к мезофильным можно отнести штамм *Streptomyces* sp. Т2а-4. Штаммы *Streptomyces* sp. 1.5 и *Streptomyces* sp. Мб2-3 индифферентны к изменению температуры. Также стоит отметить, что результаты, полученные в тесте с конго красным, слабо соотносятся с количественным определением фермента с реактивом ДНС. Так, например ширина зоны деструкции КМЦ у штамма *Streptomyces* sp. К 7.5–65 мм, а у *Streptomyces* sp. Т2а-4 всего 19 мм. Однако, активность целлюлазы у *Streptomyces* sp. Т2а-4 в 8,4 раза выше, чем у *Streptomyces* sp. 1.5 при одинаковой температуре культивирования. Такие различия могут говорить о неодинаковом соотношении целлюлаз разных типов в целлюлозолитическом комплексе этих двух штаммов. Одни лучше работают на плотной питательной среде, а другие – в жидкой. Кроме того, метод определения целлюлазной активности с конго красным является лишь ориентировочным и не может дать точных значений активности фермента. Продукция биомассы у разных штаммов отличается незначительно, зависимости от температуры выявлено не было.

В результате проведенных исследований получены данные о целлюлазной активности природных изолятов стрептомицетов из почв Медведского бора, Тулашора, низинного выработанного торфяника и ризосферы табака. Наиболее предпочтительным природным субстратом для выделения активных штаммов целлюлозолитиков, по нашим данным, является ризосферная дерново-подзолистая почва, так как встречаемость в этом местообитании штаммов с высокой и средней активностью разрушения КМЦ в тесте с конго красным в нем наиболее высокая (80–100%). С меньшей частотой встречались целлюлозолитики, выделенные из выработанного торфяника. Доля высоко- и среднеактивных штаммов составила среди них 8,1%. Однако при количественном определении активности целлюлазы в тесте с ДНС наиболее активными штаммами оказались *Streptomyces* sp. Т2а-4 и *Streptomyces* sp. Мб4-2 из Тулашора и Медведского бора, что говорит о необходимости проверять даже штаммы, показавшие низкую целлюлазную активность в предварительном тесте с конго красным. Выявленные штаммы с высокой целлюлазной активностью, могут быть использованы в дальнейшем для биodeградации целлюлозосодержащих отходов.

Библиографический список

1. Substrate pretreatment: the key to effective enzymatic hydrolysis of lignocellulosics? / R. P. Chandra, R. Bura, W. E. Mabee, A. Berlin, X. Pan, J. N. Saddler // *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. 2007. Vol. 108. P. 67–93. doi: 10.1007/10_2007_064
2. Enzymatic hydrolysis of sorghum straw using native cellulase produced by *T. reesei* NCIM 992 under solid state fermentation using rice straw / A. V. Rodhe, L. Sateesh, J. Sridevi, B. Venkateswarlu, L. Venkateswar Rao // *3 Biotech*. 2011. Vol. 1. P. 207–215. doi: 10.1007/s13205-011-0024-6
3. Биотехнология ферментативного превращения целлюлозы. Итоги науки и техники. Серия Биотехнология, том 12 / А. П. Сеницын, А. А. Клесов, М. Л. Рабинович, А. В. Гусаков. М. : ВИНТИ, 1988. 154 с.
4. Actinomycetes: A Source of Lignocellulolytic Enzymes. / A. Saini, N. K. Aggarwal, A. Sharma, A. Yadav // *Enzyme Research*. 2015. Vol. 2015. P. 1–15. doi:10.1155/2015/279381
5. Нетрусов А. И., Егоров М. А., Захарчук Л. М. Практикум по микробиологии. М. : Академия, 2005. 608 с.
6. Teather R. M., Wood P. J. Use of congo-red polysaccharide interaction in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria the bovine rumen // *Appl. Environ Microbiol*. 1982. Vol. 43. P. 777–780.
7. Антропова А. Б., Белозерская Т. А., Белозерский М. А. Практикум по физиологии и биохимии грибов. М. : МГУ, 2017. 215 с.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К АНТИБИОТИКАМ СРЕДИ ПОЧВЕННЫХ СТРЕПТОМИЦЕТОВ В г. КИРОВЕ

*Е. В. Андреева*¹, *И. Г. Широких*^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, Nyusha0698@yandex.ru*

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

Из почв двух функциональных зон города, различающихся природой загрязняющих факторов, выделены культуры рода *Streptomyces*. Проведена оценка устойчивости стрептомицетных изолятов к антибиотикам из разных классов и разного механизма действия. Выявлены специфические спектры антибиотикорезистентности в комплексах стрептомицетов из селитебных и промышленных почв.

Ключевые слова: стрептомицеты, антибиотикорезистентность, почвы.

В связи с широким использованием антибиотиков не только в клинической практике, но и в сельском хозяйстве, все больше обостряется проблема приобретенной антибиотикорезистентности (АР) микроорганизмов. На селитебных территориях она часто сопряжена с ненадлежащим управлением коммунальными и промышленными отходами. Также имеются данные об увеличении количества антибиотикорезистентных микроорганизмов в среде, загрязненной тяжелыми металлами, по сравнению с биотопами, не подвергшимися загрязнению [1]. Ключевая роль загрязняющих веществ в возникновении АР у клинически значимых штаммов стала в настоящее время очевидной.

Передача генов АР природных сапротрофных бактерий и бактерий-комменсалов к патогенам происходит при помощи мобильных генетических

элементов, таких как плазмиды, транспозоны и пр. [2, 3]. Гены устойчивости к биоцидам или тяжелым металлам могут присутствовать на тех же генетических элементах, что и гены устойчивости к антибиотикам, вызывая перекрестную резистентность. Кроме того, обусловленный загрязнителями стресс вызывает в клетках процессы, которые увеличивают вероятность приобретения и активации генов АР любой клеткой, вне зависимости от присутствия в среде антибиотиков, только за счет активации горизонтальной передачи генов [4]. Таким образом, вероятность появления устойчивости к антибиотикам у бактерий увеличивается в загрязненных экотопах. Поэтому городские почвы, подверженные действию различного типа загрязнений, представляют собой места с повышенным потенциалом для обмена генами между микроорганизмами.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью определения уровня АР среди почвенных бактерий для оценки рисков, связанных с передачей генов устойчивости из окружающей среды патогенам.

Цель работы – изучить устойчивость природных изолятов стрептомицетов из почв селитебной и промышленной зон города к антибиотикам из разных классов и разного механизма действия.

В качестве объектов исследования служили культуры стрептомицетов, выделенные в разное время из почв промышленных и селитебных районов г. Кирова. Отбор образцов осуществляли методом конверта с площади 100 м² на глубину 10–12 см. С каждой площадки отбора брали по 5 проб, массой приблизительно 100 г. Образцы почвы, для ограничения роста посторонней микрофлоры, перед посевом прогревали в сушильном шкафу при 100 °С в течение 1 часа. Почвенную суспензию высевали на чашки с казеин-глицериновым агаром (КГА) и культивировали при 28 °С в течение 5–10 суток. Вырастающие на КГА колонии стрептомицетов пересеивали в пробирки с косым овсяным агаром для получения чистых культур.

Для проверки антибиотикорезистентности выделенных изолятов был использован метод дисков. Применяли диски индикаторные ДИ-ПЛС-50-01 по ТУ 9398-001-39484474-2000 (НИЦФ, Россия, СПб) с антибиотиками различного действия в следующих концентрациях: тетрациклин 30 мкг (ТЕТ), триметоприм/сульфаметоксазол 1,25/23,75 мкг (ТС), налидиксовая кислота 30 мкг (НК), амоксициллин/клавулановая кислота 20/10 мкг (АКК), линкомицин 15 мкг (ЛНК), рифампицин 5 мкг (РФМ), полимиксин 300 ЕД (ПМ), стрептомицин 300 мкг (СТР). В качестве питательной среды использовали овсяный агар.

Выбор антибиотиков был обусловлен различными мишенями их действия: действующие на 30S – субъединицу рибосом (СТР, ТЕТ), действующие на 50S – субъединицу рибосом (ЛНК), на бета-субъединицу РНК-полимеразы (РФМ), ингибирующий синтез клеточной стенки (АКК), блокирующий синтез ДНК (НК) и антиметаболит фолиевой кислоты (ТС), а также ингибитор цитоплазматической мембраны (ПМ).

При сравнении спектров резистентности к антибиотикам у стрептомицетов, выделенных из почв двух разных функциональных зон города, можно отметить следующие особенности. Изоляты стрептомицетов, выделенные из почв селитебной зоны, проявили при тестировании высокую устойчивость к НК

(73,3%) и ТС (66,7%), в то время, как изоляты из промышленной зоны – к НК (100%) и ЛНК (57,1%) (табл. 1). Общим для комплексов стрептомицетов из почв обеих функциональных зон является отсутствие резистентных к СТР культур. Значительная доля штаммов из почв промышленной зоны имела устойчивость к ТС (43%) и ТЕТ (43%). Встречались в этом экотопе также культуры, устойчивые к РФМ (16,7%), тогда как среди изолятов из селитебных почв таковые не выявлены.

Таблица 1

**Резистентность к антибиотикам изолятов стрептомицетов
из почв селитебной и промышленной зоны**

Район отбора образца почвы	Изоляты	Зона чувствительности к антибиотику, мм							
		СТР	ТЕТ	ТС	НК	АКК	ЛНК	РФМ	ПМ
Селитебная зона									
Северная больница	У-56	47	9	11	0	38	28	29	11
Центральный рынок	У-57	31	9	11	0	18	25	31	13
Октябрьский проспект, 87	С5в	66	18	0	0	36	10	24	16
	С5г	42	32	0	0	36	25	34	14
	С5д	52	н.д	н.д	0	41	н.д	н.д	н.д
	С5б	56	0	18	0	0	20	н.д	17
	С5а	48	30	46	0	13	30	н.д	13
	М5б3	50	36	56	0	56	н.д	н.д	н.д
	М5б1	48	35	н.д	0	н.д	н.д	н.д	н.д
	М5б2	62	36	46	48	9	н.д	н.д	н.д
Парк Гагарина	Н3а	43	7	0	0	22	0	33	13
Сквер на Театральной площади	М2б1	48	20	0	0	30	н.д	н.д	н.д
Ул. Ленина, 104	М4б1	46	26	0	22	н.д	н.д	н.д	н.д
	М4б2	40	н.д	н.д	20	38	н.д	н.д	н.д
	М4б3	44	0	0	38	38	н.д	н.д	н.д
Доля устойчивых, %		0	38,5	66,7	73,3	23,1	28,6	0	14,3
Доля промежуточных, %		0	15,4	0	0	0	14,3	0	57,1
Доля чувствительных, %		100	46,1	33,3	26,7	76,9	57,1	100	28,6
Промышленная зона									
Шинный завод	У-53	43	0	0	9	26	0	25	12
ОЦМ	У-51	38	12	0	0	30	11	28	12
	У-21	54	25	42	10	0	18	19	15
ОАО «Лепсе»	У-52	58	25	42	12	24	25	36	13
Искож	Н6б	30	14	9	0	15	0	23	14
	Н6а	66	20	58	7	16	26	н.д	15
	С6а	56	20	16	7	32	30	9	11
Доля устойчивых, %		0	42,8	42,9	100	14,3	57,1	16,7	14,3
Доля промежуточных, %		0	28,6	0	0	28,6	0	0	57,1
Доля чувствительных, %		100	28,6	57,1	0	57,1	42,9	83,3	28,6

Примечание: н.д – нет данных.

Различия в спектре резистентности стрептомицетов, выделенных из двух различных функциональных зон города, можно объяснить различной природой доминирующих в этих почвах загрязнителей. Так, в промышленной зоне, это,

скорее всего, – тяжелые металлы, тогда как в селитебной – органические и минеральные соединения азота.

В зависимости от давности выделения культур стрептомицетов наблюдали также некоторые различия в спектрах их АР (табл. 2). Так, у свежих изолятов (2019 г. выделения), по сравнению с изолятами, выделенными в период до 2015 г., отмечено снижение доли штаммов, резистентных к ТЕТ, НК, АКК, РФМ и ПМ. Среди изолятов 2019 г. полностью отсутствует резистентность к РФМ. Доля устойчивых к ТС и ЛНК культур, наоборот, по сравнению с предыдущим периодом времени увеличилась. Вне зависимости от года выделения, у всех изолятов полностью отсутствует устойчивость к СТР.

Таблица 2

Резистентность к антибиотикам стрептомицетов, изолированных из почв г. Кирова в различное время

Изоляты	Зона чувствительности к антибиотику, мм							
	СТР	ТЕТ	ТС	НК	АКК	ЛНК	РФМ	ПМ
Изоляты до 2015 г.								
У-56	47	9	11	0	38	28	29	11
У-57	31	9	11	0	18	25	31	13
У-53	43	0	0	9	26	0	25	12
У-51	38	12	0	0	30	11	28	12
У-21	54	25	42	10	0	18	19	15
У-52	58	25	42	12	24	25	36	13
С5в	66	18	0	0	36	10	24	16
С5г	42	32	0	0	36	25	34	14
С5д	52	н.д	н.д	0	41	н.д	н.д	н.д
С5б	56	0	18	0	0	20	н.д	17
С5а	48	30	46	0	13	30	н.д	13
С6а	56	20	16	7	32	30	9	11
Доля устойчивых, %	0	45,4	54,5	100	25	36,4	11,1	18,2
Доля промежуточных, %	0	18,2	0	0	0	9,1	0	54,5
Доля чувствительных, %	100	36,4	45,5	0	75	54,5	88,9	27,3
Изоляты 2019 г.								
Н6б	30	14	9	0	15	0	23	14
Н6а	66	20	58	7	16	26	н.д	15
Н3а	43	7	0	0	22	0	33	13
М2б1	48	20	0	0	30	н.д	н.д	н.д
М4б1	46	26	0	22	н.д	н.д	н.д	н.д
М5б3	50	36	56	0	56	н.д	н.д	н.д
М5б1	48	35	н.д	0	н.д	н.д	н.д	н.д
М5б2	62	36	46	48	9	н.д	н.д	н.д
М4б3	44	0	0	38	38	н.д	н.д	н.д
М4б2	40	н.д	н.д	20	38	н.д	н.д	н.д
Доля устойчивых, %	0	33,3	62,5	60	12,5	66,7	0	0
Доля промежуточных, %	0	22,2	0	0	25	0	0	66,7
Доля чувствительных, %	100	44,5	37,5	40	62,5	33,3	100	33,3

Примечание: н.д – нет данных.

Ограниченное на данный момент количество данных для некоторых изолятов не позволяет пока сделать однозначные выводы о направленности процессов распространения АР в городских почвах. Работа будет продолжена с использованием питательных сред, имитирующих влияние ионов тяжелых металлов и аммония, как одних из распространенных в городских почвах факторов загрязнения.

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

Библиографический список

1. Кожевин П. А., Виноградова К. А., Булгакова В. Г. Почвенная антибиотическая резистенция // Вестн. Моск. ун-та сер. 17. 2013. № 2. С. 3–10.
2. Супотницкий М. В. Механизмы развития резистентности к антибиотикам у бактерий // Биопрепараты. 2011. № 2. С. 4–11.
3. Ковалевская Н. П. Интегративные конъюгативные элементы: эволюция микробной резистентности к антибиотикам // Фундаментальные исследования. 2015. Т. 2. №. 1. С. 284–289.
4. The evolution of class 1 integrons and the rise of antibiotic resistance / M. Gillings, Y. Boucher, M. Labbate, A. Holmes, S. Krishnan, M. Holley, H. W. Stokes // Journal of bacteriology. 2008. Vol. 190(14). P. 5095–5100.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ И РЕЖИМА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СТРЕПТОМИЦЕТОВ-АНТАГОНИСТОВ

К. С. Устюгова¹, И. Г. Широких²

¹ *Вятский государственный университет, ksyusha.ust8@mail.ru*

² *ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, irgenal@mail.ru*

Проведено сравнение выхода биомассы и фунгицидной активности культуральной жидкости штаммов *Streptomyces alfalfae* 6-Из-12 и *S. castelarensis* 8A1-3 в зависимости от времени культивирования в качалочной и стационарной культуре. В результате определены наиболее благоприятный режим и продолжительность культивирования для накопления биомассы и антифунгальных метаболитов.

Ключевые слова: стрептомицеты, культивирование, биофунгициды, фитопатогены.

В настоящее время существует интерес к биопрепаратам как возможной альтернативе химическим средствам борьбы с фитопатогенными грибами. Перспективным вариантом среди продуцентов биофунгицидов являются стрептомицеты. Пока данные микроорганизмы в качестве продуцентов антифунгальных метаболитов не имеют широкого использования, но, благодаря своей ис-

ключительной способности продуцировать огромное количество самых разнообразных биологически активных веществ, привлекают внимание как потенциальные продуценты [1].

Цель данной работы – определить оптимальные режим и продолжительность культивирования для стрептомицетов, продуцирующих биофунгициды.

Объектом исследования служили штаммы *Streptomyces castelarensis* 8A1-3 и *S. alfalfae* 6-Из-12 из коллекции ФАНЦ Северо-Востока. Фитопатогенные микромицеты *Fusarium proliferatum*, *Alternaria* sp. и *F. culmorum* использовали в качестве тест-культур. Культивирование исследуемых штаммов стрептомицетов проводили в колбах с жидкой овсяной средой [2]. Питательную среду инокулировали двумя агаровыми блоками, вырезанными из газонных культур стрептомицетов. В первом опыте микроорганизмы культивировали на качалке при 120 об/мин в течение 6, 9 и 12 суток. Во втором опыте культивирование проводили 6, 9 и 12 суток, но в режиме стационара. В каждой колбе учитывали накопление мицелиальной биомассы бактерий и антифунгальную активность культуральной жидкости (КЖ). Биомассу стрептомицетов отделяли от КЖ фильтрацией через бумажный фильтр. По разнице масс фильтра с биомассой бактерий и фильтра без нее вычисляли значение биомассы бактерий.

Определение антифунгальной активности исследуемых штаммов проводили методом диффузии в агар [3]. Статистическую обработку проводили стандартными методами.

Результаты определения биомассы *S. castelarensis* 8A1-3 и *S. alfalfae* 6-Из-12 за различные по продолжительности периоды роста – 6, 9 и 12 суток показали, что основное накопление биомассы в качалочной культуре происходит за 6 суток, после чего значительного увеличения биомассы не наблюдается, хотя биомасса *S. alfalfae* 6-Из-12 характеризовалась небольшим увеличением за период от 9 до 12 суток. Данные результаты представлены на рисунке 1.

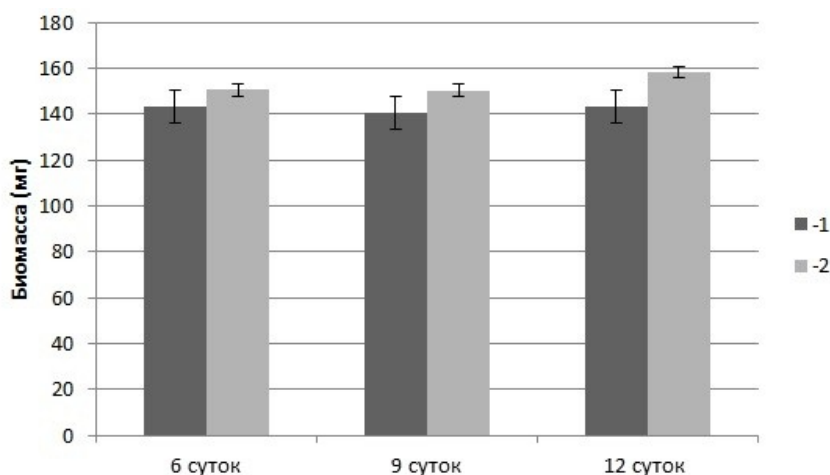


Рис. 1. Накопление биомассы (мг) стрептомицетами в зависимости от времени культивирования в жидкой овсяной среде на качалке (120 об./мин).

1. – *S. castelarensis* 8A1-3, 2. – *S. alfalfae* 6-Из-12

Результаты фунгицидной активности КЖ *S. castelarensis* 8A1-3: наибольшая фунгицидная активность по отношению ко всем тест-культурам грибов

проявилась в период с 9 по 12 сутки (3 условных единицы – 3 ус. ед.). На 6 сутки сильное подавление роста (3 ус. ед.) было обнаружено только в отношении *Alternaria* sp., тогда как в отношении *F. culmorum* и *F. proliferatum* активность составила 1-2 ус. ед. (рис. 2).

Антифунгальное действие метаболитов *S. alfalfae* 6-Из-12 в отношении *Alternaria* sp. составило 3 ус. ед. уже на 6 сутки культивирования. Подавление роста *F. proliferatum* в течение всего времени культивирования составило только 2 ус. ед. На 6 сутки подавление роста *F. culmorum* не было обнаружено, на 9 сутки наблюдали умеренное угнетение роста фитопатогена (2 ус. ед.), максимальный фунгицидный эффект (3 ус. ед.) был получен на 12 сутки (рис. 3).

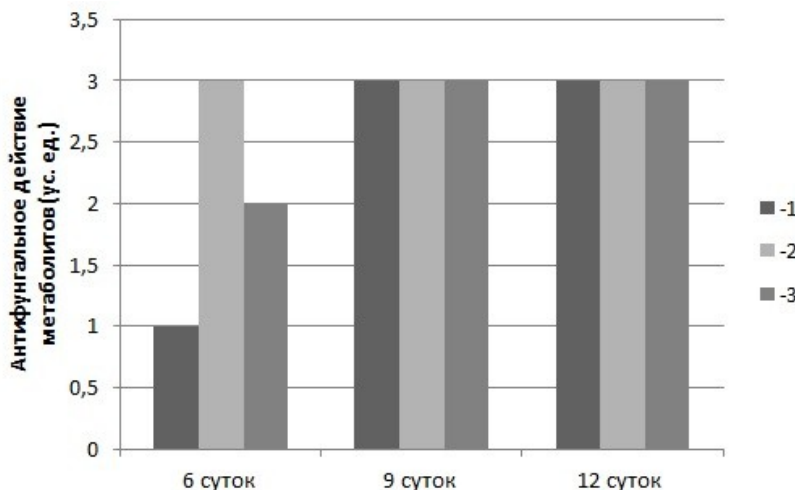


Рис. 2 Антифунгальное действие водорастворимых метаболитов *S. castelarensis* 8A1-3 в зависимости от времени культивирования на качалке (120 об./мин). 1. – *F. culmorum*, 2. – *Alternaria* sp., 3. – *F. proliferatum*

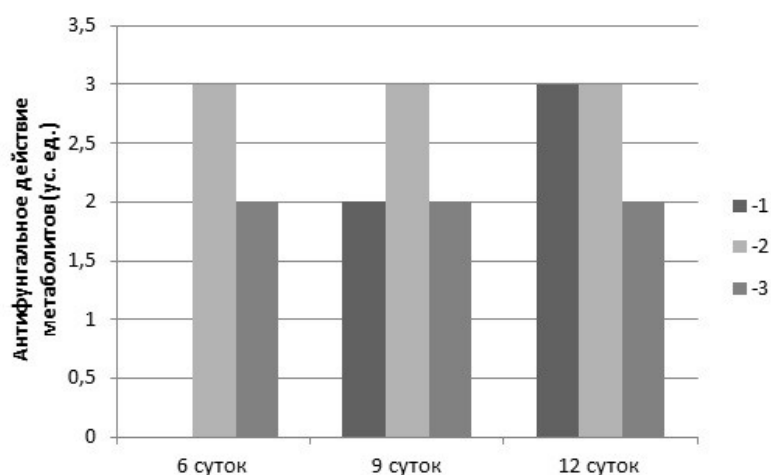


Рис. 3 Антифунгальное действие водорастворимых метаболитов *S. alfalfae* 6-Из-12 в зависимости от времени культивирования на качалке (120 об./мин). 1 – *F. culmorum*, 2 – *Alternaria* sp., 3 – *F. proliferatum*

Результаты определения биомассы в стационарных условиях показали, что основное накопление биомассы штаммом *S. alfalfae* 6-Из-12 происходит к 9 суткам, после чего количество биомассы не увеличивалось. Для *S.*

castelarensis 8A1-3 большее значение биомассы получали на 12 сутки культивирования (рис. 4).

Культуральная жидкость *S. alfalfae* 6-Из-12, при росте в стационарных условиях в течение 9 и 12 суток, сильно подавляла (3 ус. ед.) рост *Alternaria* sp. и *F. proliferatum*. В отношении тест-культуры *F. culmorum* фунгицидный эффект оценивался только в 2 ус. ед. на протяжении всего времени наблюдения (рис. 5).

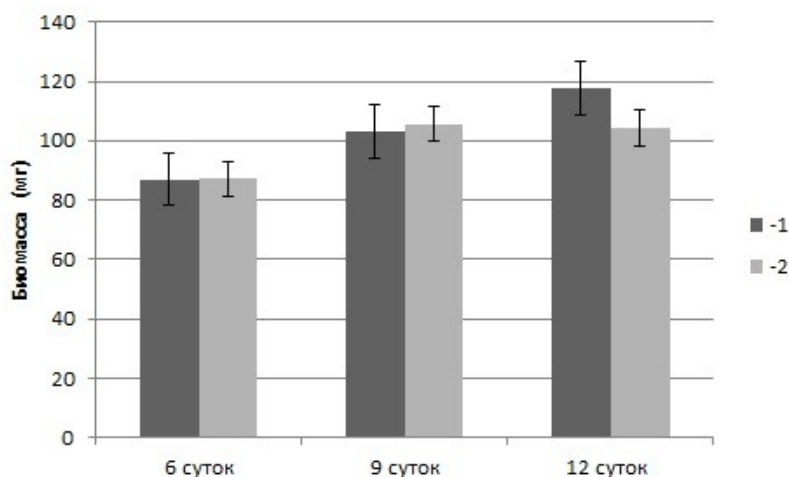


Рис. 4. Накопление биомассы (мг) стрептомицетами в зависимости от времени культивирования в жидкой овсяной среде в стационарных условиях. 1 – *S. castelarensis* 8A1-3, 2 – *S. alfalfae* 6-Из-12

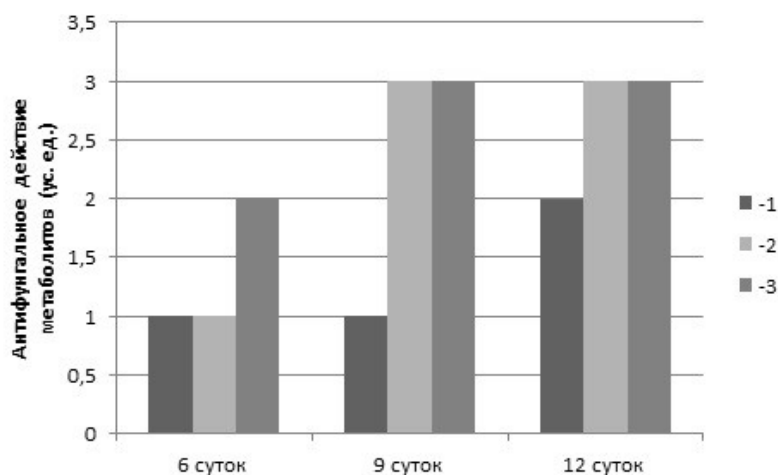


Рис. 5. Антифунгальное действие водорастворимых метаболитов *S. alfalfae* 6-Из-12 в зависимости от времени культивирования в овсяной жидкой среде в стационарных условиях. 1 – *F. culmorum*, 2 – *Alternaria* sp., 3 – *F. proliferatum*

Результаты определения фунгицидной активности КЖ *S. castelarensis* 8A1-3, при стационарном росте в течение 12 суток: антагонистическая активность к грибам *Alternaria* sp. и *F. proliferatum* составила 3 ус. ед., тогда как подавление роста *F. culmorum*, напротив, за этот же период снизилось с 3 ус. ед. у 6-сут. культуры до 1 ус. ед. у 12 сут. культуры. минимальное (1 ус. ед.). Куль-

тивирование в течение 9 суток дало хорошие результаты (3 ус. ед.) в отношении *F. proliferatum* и *F. culmorum* составило (2 ус. ед.). в то время, как фунгицидный эффект в отношении *Alternaria* sp. отсутствовал (рис. 6).

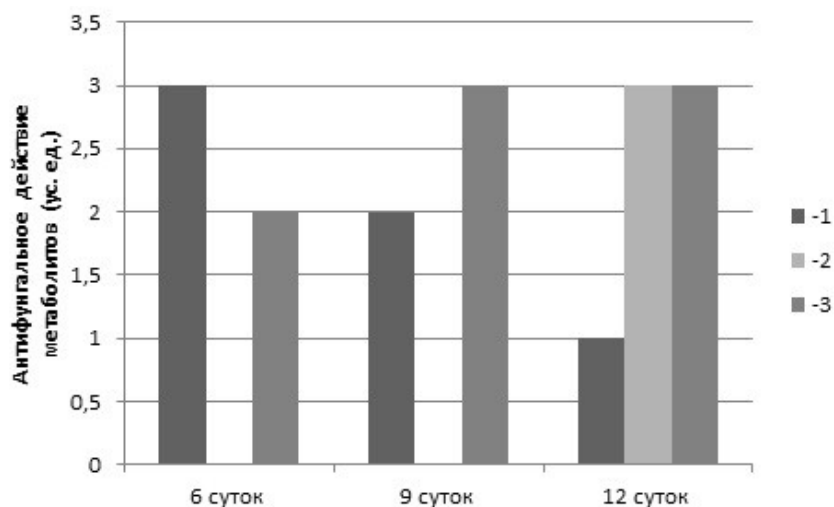


Рис. 6. Антифунгальное действие водорастворимых метаболитов *S. alfalfae* 6-Из-12 в зависимости от времени культивирования в овсяной жидкой среде в стационарных условиях. 1 – *F. culmorum*, 2 – *Alternaria* sp., 3 – *F. proliferatum*

В результате исследования установлено, что для накопления биомассы обоими штаммами стрептомицетов наиболее благоприятен качалочный режим культивирования. Культуральная жидкость микроорганизмов, выращенных на качалке, показала также более высокие результаты фунгицидного действия в отношении фитопатогенных грибов. Следовательно, для продукции антифунгальных метаболитов стрептомицетами оптимальным является качалочный режим. Исследование продолжительности роста стрептомицетов в разных режимах показало, что хороший фунгицидный (3 ус. ед.) эффект можно получить за 9 суток культивирования при обоих режимах. Так как в стационарных условиях антифунгальное действие КЖ было выявлено не ко всем тест-культурам фитопатогенных грибов по сравнению с качалочной культурой, можно предположить, что данные условия менее благоприятны для продукции биофунгицидов. Таким образом, на основании этих данных можно считать, что оптимальный вариант для культивирования стрептомицетов – продуцентов биофунгицидов – выращивание на качалке (120 об./мин) в течение 9 суток.

Библиографический список

1. Виноградова К. А., Филиппова С. Н., Полин А. Н. Морфогенез, программируемая клеточная смерть и антибиотикообразование у стрептомицетов в условиях погруженного роста // Антибиотики и химиотерапия. 2017. Т. 62, № 7 (8). С. 56–68. doi: 10.24411/0235-2990-2017-00010
2. Нетрусов А. И., Егорова М. А., Захарчук Л. М. Практикум по микробиологии. М. : Академия, 2005. 608 с.
3. Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках. М. : Наука, 2004. 528 с.

ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУРАЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРЕПТОМИЦЕТОВ-АНТАГОНИСТОВ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ

А. Л. Блинова, И. Г. Широких

*Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,
anastasiyalyukina@mail.ru*

Проблема борьбы с фитопатогенными грибами в настоящее время не теряет своей актуальности. Важная роль в интегрированной системе защиты растений отводится практическому использованию микробного антагонизма. Разработка биологических препаратов, основанных на живых клетках или продуктах метаболизма микроорганизмов, базируется на выделении антагонистически активных штаммов и изучении их свойств. Характеристика культурально-морфологических признаков ряда перспективных культур рода *Streptomyces* представлена в данной работе.

Ключевые слова: антагонист, *Streptomyces*, фитопатогены, культурально-морфологические свойства

Многие грибы и бактерии являются причиной заболевания хозяйственно ценных сельскохозяйственных культур [1]. Поэтому необходим контроль численности фитопатогенных микроорганизмов в целях защиты растений и сокращения потерь урожайности. К методам биологической защиты можно отнести биофунгициды – препараты, действие которых основано на живых клетках или продуктах метаболизма микроорганизмов с антифунгальной активностью [2]. Для создания биофунгицидов можно использовать бактерии рода *Streptomyces*, в популяциях которых широко распространена способность к синтезу антифунгальных антибиотиков [3]. Стрептомицетам свойственна высокая активность в заселении растительных тканей (10^6 - 10^8 КОЕ/г) [4] и большое метаболическое разнообразие [5]. Таким образом, поиск, выделение и изучение свойств представителей данного рода представляет особый интерес, с точки зрения формирования ресурсной основы к производству биофунгицидов [2].

Целью работы было изучение и описание культуральных и морфологических свойств шести штаммов стрептомицетов, проявивших антагонистическую активность в отношении фитопатогенных грибов в предыдущих исследованиях.

Объектами исследования служили коллекционные культуры штаммов стрептомицетов: *S. flavogriseus* / *griseolus* 3-ИЗ-7, *S. alfalfae* 6-ИЗ-12, *S. antimycoticus* 8А1-3, *S. castelarensis* А4, *S. anulatus* Т-2-20, *S. flavogriseus* ТК5.

Идентификация культур проведена на основе анализа нуклеотидной последовательности гена 16S рРНК (Синтол, Москва).

Изучение культурально-морфологических признаков проводили, выращивая штаммы на плотных питательных средах: минеральный агар Гаузе1 (Г1), органический агар Гаузе2 (Г2), глицерин-нитратный агар (Г-Н), овсяный агар, пептонно-дрожжевой агар с железом (ПДА) [6]. Чашки с посевами инкубировали

ли при температуре 27°C. Первичное описание свойств выполняли на 8 сутки роста, далее – на 13 и 18 сутки. Описание морфологии цепочек спор проводили с использованием микроскопа Leica DM 2500. Характер поверхности спор определяли с помощью электронной микроскопии (JSM - 6510 LV, ВятГУ).

Штамм *S. castelarensis* A4 выделен из ризосферы овса Аргатак на дерново-подзолистой почве опытного поля ФАНЦ Северо-Востока [7]. Штамм A4 обладает антагонистической активностью в отношении таких фитопатогенных грибов, как *Alternaria* sp. Я-19/з; *Fusarium culmorum* P-з/16; *F. proliferatum*; *Sphacelia segetum* 19. м.р.

Описание культуральных свойств антагониста на 18 сутки роста представлено в таблице 1.

Таблица 1

Культуральные свойства штамма *S. castelarensis* A4

Среда	Воздушный мицелий	Субстратный мицелий	РП
Г1	Бело-желтый	Кремовый	Нет
Г2	Желтоватый до палево-серого	Палево-серый	
Г-Н	Белый	Кремово-палевый	
Овсяный агар	Бело-серый	Белый	

Штамм отличается медленным формированием воздушного мицелия на минеральном (Г1), Г-Н и овсяном агаре, скудным ростом на органическом агаре (Г2). В поздние сроки на овсяном агаре и Г1 ВМ склонен к автолизу. На воздушном мицелии образует цепочки спор прямые или извитые – RF (б) (рис., а).

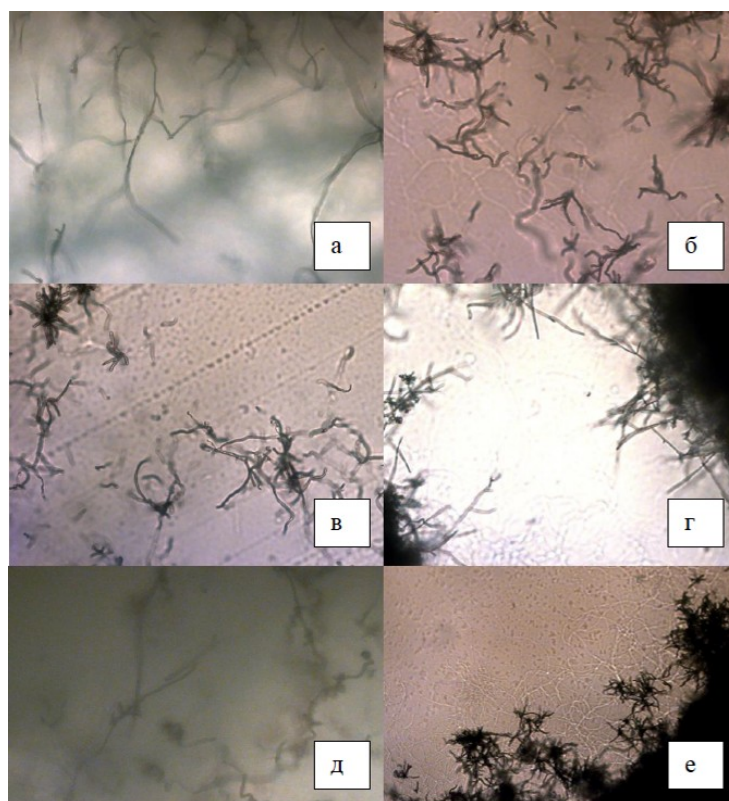


Рис. Морфология цепочек спор стрептомицетов а – *S. antimycoticus* 8-A1-3; б – *S. anulatus* T-2-20; в – *S. flavogriseus* TK5; г – *S. alfalfae* 6-ИЗ-12; д – *S. castelarensis* A4; е – *S. flavogriseus* / *griseolus* 3-ИЗ-7

Поверхность спор гладкая. Меланоидных пигментов на ПДА и растворимых пигментов на других средах не образует.

Штамм *S. flavogriseus* / *griseolus* ТК5 выделен из ризосферы томата (*Solanum lycopersicum* L.), выращенного в горшечной культуре. При тестировании проявил антифунгальное (против *F. culmorum*) и антибактериальное (против *Pseudomonas putida*) действие. Обладает фиторегуляторной активностью и высокой колонизирующей способностью [4]. Характеристика культуральных свойств штамма приведена ниже (табл. 2).

Таблица 2

Культуральные свойства штамма *S. flavogriseus* / *griseolus* ТК5

Среда	Воздушный мицелий	Субстратный мицелий	РП
Г1	Серый	Черный	Буроватый
Г2	Бело-серый	Зелено-бурый	Нет
Г-Н	Серый	Серый с черными точками	
Овсяный агар	Серый	Бурый	Желтоватый

В начале роста на минеральном Г1 и овсяном агаре ВМ белый, с возрастом становится серым, СМ различного цвета в зависимости от возраста и состава среды – от бесцветного до зеленовато-черного. Растворимый пигмент от желтоватого до бурого. Цепочки спор прямые или же в форме крючков – RF (б), RA (в) (рис., б). Меланоидные пигменты не образуются.

Штамм *S. anulatus* Т-2-20 выделен из ризосферы табака (*Nicotiana tabacum* L.), выращенного в горшечной культуре [8]. Штамм Т-2-20 обладает антагонистической активностью в отношении таких фитопатогенов, как *F. culmorum*, *Bipolaris sorokiniana*, *Erwinia herbicola* [4].

Таблица 3

Культуральные свойства штамма *S. anulatus* Т-2-20

Среда	Воздушный мицелий	Субстратный мицелий	РП
Г1	Бело-серый	Серо-черный	Нет
Г2	Бело-серый	Желто-бурый	Нет
Г-Н	Кремовый	Кремово-палевый	
Овсяный агар	Серый	Сине-зеленый с желтыми пятнами	Зеленовато-желтый

Рост на Г-Н агаре скудный, на других диагностических средах – умеренный. СМ у молодой культуры бесцветный, с возрастом – темно-серый до черного. ВМ желто-серый до темно-серого. На овсяном агаре образует зеленовато-желтый РП. Цепочки спор прямые, а также в форме крючков с 1-2 оборотами спирали – RF (б), RA (б) (рис., в). Меланоидные пигменты не образует.

Штамм *S. antimycoticus* 8A1-3 выделен из ризосферы табака (*N. tabacum* L) на кислой дерново-подзолистой почве с высоким содержанием подвижного алюминия. Антагонист грибов *Alternaria* sp. Я-19/з; *F. culmorum* Р-з/16; *F. proliferatum*; *S. segetum* 19. м.р. Характерные признаки культуры приведены в таблице 4.

Таблица 4

Культуральные свойства штамма *S. antimycoticus* 8A1-3

Среда	Воздушный мицелий	Субстратный мицелий	РП
Г1	Бело-серый	Темно-серый	Нет
Г2	Белый с серыми пятнами	Желтый до коричневого	
Г-Н	Молочно-белый	Кремово-палевый	
Овсяный агар	Бело-серый	Кремовый	

Субстратный мицелий в начале бесцветный, с возрастом темнеет. ВМ на минеральном и овсяном агаре в начале белый, позднее – белый до серого, на органическом агаре – желтовато-коричневый. На Г-Н агаре рост обильный, на овсяном агаре ВМ – порошистый. Цепочки спор имеют форму короткой спирали – RA (в) (рис., г). Поверхность спор гладкая. Меланоидные и растворимые пигменты не образует.

Штамм *S. alfafae* 6-Из-12 выделен из почвы Иудейской пустыни (район Ейн-Геди). Активен в отношении грибов *Trichoderma harzianum*, *Fusarium* sp., *F. oxysporum* и *A. alternata*. Характеристика культуральных свойств штамма приведена в таблице 5.

Таблица 5

Культуральные свойства штамма *S. alfafae* 6-Из-12

Среда	Воздушный мицелий	Субстратный мицелий	РП
Г1	От кремового до темно-желтого	Кремовый до желтого	Нет
Г2	Белый	Темно-желтый	Нет
Г-Н	Кремовый	Бесцветный	
Овсяный агар	Белый	Желтый	Желтоватый

Меланоидных пигментов не образует. На органическом Г2, Г-Н и овсяном агаре рост скудный. ВМ бело-кремовый, с возрастом на Г1 палево-желтый. СМ, за исключением Г-Н агара, желтый. Цепочки спор имеют форму правильной спирали – S (д) (рис., д), споры с гладкой поверхностью. Меланоидные и растворимые пигменты на большинстве сред не образует.

Штамм *S. flavogriseus* 3-Из-7 выделен из краснозема на берегу озера Кинерет (Израиль). Антагонист грибов *T. harzianum*, *Fusarium* sp., *F. oxysporum* и *A. alternata*.

Таблица 6

Культуральные свойства штамма *S. flavogriseus* 3-Из-7

Среда	Воздушный мицелий	Субстратный мицелий	РП
Г1	Серый	Зеленовато-бурый до черного	Бурый
Г2	Темно-серый	Коричневый	Нет
Г-Н	Буровато-серый	Серый	
Овсяный агар	Темно-серый	Буро-желтый	Зеленовато-желтый

На всех диагностических средах ВМ серый с различными оттенками, бархатистый. СМ бурый с желтыми и зелеными пятнами. Меланоидные пигменты не образует. Цепочки спор прямые или извитые, длинные – RF (б) (рис., е).

Таким образом, описание культуральных и морфологических свойств перспективных культур стрептомицетов позволило выявить характерные для каждого штамма особенности и признаки. Культурально-морфологические характеристики штаммов будут использованы в дальнейшей работе, связанной с коллекционным хранением микробных культур, представляющих интерес в качестве потенциальных продуцентов биофунгицидов для нужд сельского хозяйства. Стабильность описанных свойств в дальнейшем планируется проверить при длительном хранении культур в условиях температур электрических морозильников (-80 °С).

Библиографический список

1. Бурцева С., Сырбу Т. Поиск антагонистов, перспективных в борьбе с грибами-возбудителями заболеваний сельскохозяйственных культур // *Stiinta agricola*. 2017. № 1. С. 44–49.
2. Почвенные актиномицеты как потенциальные биофунгициды / Е. А. Дегтярева, К. А. Виноградова, А. В. Александрова, В. А. Филоненко, П. А. Кожевин // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2009. № 2. С. 22–26.
3. Chitinolytic actinomycetes from a Brazilian tropical soil active against phytopathogenic fungi / R. C. Gomes, L. T. A. S. Semedo, R. M. A. Soares, C. . Alviano, L. F. Linhares, R. R. R. Coelho // *World J. Microbiol. and Biotechnol.* 2000. Vol. 16. P. 109–110.
4. Идентификация двух ризосферных изолятов стрептомицетов и изучение *in vitro* их колонизирующей активности / Я. И. Назарова, И. Г. Широких, А. В. Бакулина, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 72–79. doi: 10.25750/1995-4301-2019-3-072-079
5. Vurukonda S. S. K. P., Giovanardi D., Stefani E. Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes // *International journal of molecular sciences*. 2018. Vol. 19. № 4. P. 952–960.
6. Определитель актиномицетов / Д. Ф. Гаузе, Т. П. Преображенская, М. А. Свешникова, Л. П. Терехова, Т. С. Максимова. М. : Наука, 1983. 258 с.
7. Sysuev V. A., Shirokikh I. G., Merzaeva O. V. Biological efficiency of *Streptomyces hygrosopicus* A-4 against phytopathogenic fungus *Fusarium avenaceum* 7/2 in the rhizosphere // *Journal of Fungal Research*. 2008. Vol. 6. № 2. P. 83–87.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ *FISCHERELLA MUSCICOLA* НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ФУЗАРИОТОКСИНОВ *FUSARIUM CULMORUM* В СРЕДЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ ЯЧМЕНЯ СОРТА ИЗУМРУД

П. А. Трушников, Я. Ю. Благодатских, М. А. Загоскин, А. И. Фокина
Вятский государственный университет, annushka-fokina@mail.ru

Исследованы количественные характеристики фузариотоксинов микромицета *Fusarium culmorum* в жидкой среде произрастания ячменя сорта Изумруд в присутствии различных концентраций экзометаболитов цианобактерии *Fischerella muscicola*. Наибольший эффект снижения концентрации токсинов выявлен в условиях разбавления культуральной жидкости цианобактерий равного 1:100.

Ключевые слова: фузариотоксины, цианобактерии, микромицеты, экзометаболиты.

Грибы рода *Fusarium* широко распространены среди основных зерносеющих регионов России [1]. Важно то, что поражение зерновых культур микромицетами сказывается отрицательно не только на развитии растений, но и на безопасности продуктов питания, получаемых из них. В процессе жизнедеятельности микроскопические грибы рода *Fusarium* выделяют токсины, опасные для здоровья людей и животных: сесквитерпеноиды и биолины, которые приводят к ингибированию синтеза белка, активации JNK / p38 киназы и апоптозу за счет боковых заместителей в положениях C7 и C8 трихотеценового ядра [2]. Именно поэтому поиск методов подавления фузариотоксичности является крайне актуальной задачей научных исследований. Одним из возможных путей подавления фузариотоксикоза считается использование представителей естественной для почв микрофлоры, в том числе почвенных цианобактерий (ЦБ). Цианобактерии способны вырабатывать спектр веществ, в который входят соединения, способные угнетать развитие микромицетов.

Целью работы было исследовать возможность веществ почвенной ЦБ *Fischerella muscicola* подавлять синтез микотоксинов у грибов рода *Fusarium*.

Для исследований использована 4-х месячная культура ЦБ *Fischerella muscicola*, выращенная на среде Громова № 6 без азота, и 2-х месячная культура микромицета *Fusarium culmorum*, выращенная на жидкой среде Чапека. На средах, приготовленных из культуральной жидкости (КЖ) ЦБ и КЖ с разведениями ключевой водой 1:10 и 1:100, а также с добавлением к каждому варианту культуры микромицетов (титр микромицетов в смесях с добавлением микромицета равен 800 тыс. пропагул/см³; титр неразбавленной культуры ЦБ равен 1,8·10⁸ кл/см³), в течение 7 суток выращивали ячмень сорта Изумруд. Через неделю методом ВЭЖХ на хроматографе Shimadzu LC-20, серия Prominence с диодноматричным детектором и газовой хроматографии на хроматографе GC-2014 Shimadzu с детектором TCD-2014 (Япония) в жидких средах произрастания растений были определены концентрации фузариотоксинов: ликомаразмина, фузариевой кислоты, Т-2 токсина, ниваленола, дезоксиниваленола, зеараленона (табл. 1).

Таблица 1

Концентрации фузариотоксинов в жидких средах выращивания ячменя сорта Изумруд

Токсин	Варианты				
	До эксперимента	После выращивания растений			
	<i>F. culmorum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. culmorum</i> + ЦБ	<i>F. culmorum</i> + ЦБ 1:10	<i>F. culmorum</i> + ЦБ 1:100
1	2	3	4	5	6
Ликомаразмин	0,47	0,29	0,33	0,30	0,08
Фузариевая кислота	0,07	0,06	0,07	0,07	н/о
Руброфузарин	0,07	0,10	0,11	0,12	0,29

1	2	3	4	5	6
Т-2 токсин	0,02	0,08	0,09	0,07	0,004
Фузаренон-Х	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Ниваленол	0,07	0,08	0,08	0,05	0,08
Дезоксиниваленол	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06
Зеараленон	н/о	н/о	0,02	0,01	н/о

Примечание: «н/о» – не обнаружено.

В результате эксперимента было установлено, что в течение 7 суток выращивания ячменя на среде, содержащей ликомаразмин, концентрация последнего снизилась в 1,5 раза, а в варианте с добавлением КЖ ЦБ, разбавленной 1:100 – в 6 раз. В этом же варианте не обнаружено по окончании эксперимента фузариевой кислоты и зеараленона, произошло резкое снижение концентрации Т-2 токсина. Однако, увеличилась концентрация пигмента руброфузарина.

Следует отметить, что появление в среде экзометаболитов ЦБ, обусловленных КЖ ЦБ, неразбавленной и разбавленной 1:10 и 1:100, приводит к увеличению в среде концентрации Т-2 токсина, что может быть ответной антагонистической реакцией микромицета на действие экзометаболитов ЦБ. Достоверно увеличивается концентрация Т-2 токсина во всех вариантах в ходе эксперимента, кроме того, где КЖ ЦБ разбавлена 1:100.

В целом следует отметить, что наибольший эффект снижения концентрации токсинов выявлен в условиях разбавления КЖ ЦБ, равного 1:100. Неразбавленная КЖ и ее разбавленные варианты в соотношении 1:10 приводят к выработке у микромицетов зеараленона и Т-2 токсина, как ответной реакции на действие цианобактериальных метаболитов.

Библиографический список

1. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Левитин М. М. Биоразнообразие и ареалы основных токсинопродуцирующих грибов рода *Fusarium* // Биосфера : междисциплинарный научный и прикладной журнал. 2014. Т. 6, № 1. С. 36–45.
2. Shifrin V. I., Anderson P. Trichothecene mycotoxins trigger a ribotoxic stress response that activates c-Jun N-terminal kinase and p38 mitogen-activated protein kinase and induces apoptosis // J. Biol. Chem. 1999. Vol. 274. No. 20. P. 13985–13992.

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ МИКРОМИЦЕТОВ *FUSARIUM CULMORUM* И ЦИАНОБАКТЕРИИ *FISCHERELLA MUSCICOLA* В СРЕДЕ ИХ СОВМЕСТНОГО ПРЕБЫВАНИЯ

М. А. Загоскин, А. И. Фокина

Вятский государственный университет, zagoskin.19.99@gmail.com

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) были исследованы жидкие среды, в которых в течение шести суток высечки из плотной среды Чапека с культурой микромицетов *Fusarium culmorum* находились в

суспензии цианобактерии *Fischerella muscicola*, неразбавленной и разбавленной ключевой водой 1:10 и 1:100. Установлено, что цианобактерия *Fischerella muscicola* способна ингибировать Т-2 токсин, синтезируемый *Fusarium culmorum*.

Ключевые слова: микромицеты, цианобактерии, хроматография, экзометаболиты, биологически активные вещества.

Fusarium culmorum – микромицет, поражающий преимущественно злаковые культуры, такие как пшеница, ячмень, овес, рожь, кукуруза и различные травы. В ходе жизнедеятельности, он выделяет опасные для человека токсины. К ним относятся ликомаразмин, фузариевая кислота, Т-2 токсин, зеараленон, фузаренон-Х, дезоксиниваленол, ниваленол и другие [1]. Известно два хемотипа *Fusarium culmorum* [2]: хемотип I, продуцирующий дезоксиниваленол и/или его ацетилированные производные и хемотип II, продуцирующий ниваленол и/или фузаренон-Х. Выяснено, что склонность к воспроизведению дезоксиниваленола и его ацетилированных производных кодируется белком Tri8, а точнее положением диацетилированного трихотеценового промежуточного биосинтетического 3, 15-диацетилдезоксиниваленола у 3 или 15 углерода соответственно.

Токсическое действие *дезоксиниваленола* обусловлено свободными ОН-группами и эпоксидным кольцом. Он подавляет синтез белка и функции митохондрий, а также угнетает иммунную систему. Реакционная способность *ниваленола* также обуславливается эпоксидной группой, помимо этого присутствует активная кето-группа. Ниваленол токсичнее дезоксиниваленола, он изменяет экспрессию белков-цитокинов, являющихся важными переносчиками сигналов в иммунной системе, вызывает повреждение ДНК и апоптоз. *Ликомаразмин* представляет собой пептидоподобное соединение, значительно изменяющее проницаемость протоплазмы мембран клеток. В результате чего нарушается осмотическое давление и ряд, производимых ими веществ, выделяется в окружающее пространство. За счет этого микромицет паразитирует на растениях. Аналогичный механизм проявляет и фузариевая кислота. *Зеараленон* по своей химической структуре напоминает структуру встречающихся в природе эстрогенов. Это приводит к нарушениям гормонального баланса организма, что впоследствии может привести к многочисленным заболеваниям репродуктивной системы. *Т-2 токсин* представляет собой трихотецен типа А, он ингибирует синтез белка с последующим нарушением синтеза ДНК и РНК, что препятствует метаболизму мембранных фосфолипидов [3–4].

Существует несколько способов подавлять активность фузариотоксинов в организме растений. Основные из них – это выработка активных форм кислорода, например, H_2O_2 , и вторичных метаболитов, ингибирующих рост грибков или синтезируемых микотоксинов. К последним относятся фенольные и полифенольные соединения, относящиеся к бензойной и коричной кислотам, фуранокумаринам, фенилпропаноидам, хроменам и флавонам [2]. Но естественных механизмов не хватает для защиты посевов от микромицета. Поэтому важно исследовать различные способы искусственного подавления токсинообразования.

Почвенные ЦБ представляют интерес в качестве продуцентов ингибирующих и стимулирующих веществ [5]. В составе экзаметаболитов *Fischerella muscicola* обнаружены токсины цианобактерий, такие как микроцистин, сакситоксин и гомоанатоксин и некоторые другие [6]. *Микроцистин* связывается с молекулами белка и ингибирует активность протеинфосфатазы. *Сакситоксин* парализует нервную проводимость. *Гомоанатоксин* блокирует ацетилхолинстеразу. Несмотря на токсичность для животных и человека, ЦБ обладают потенциалом для использования в качестве источника биологических фунгицидов при борьбе с микромицетами рода *Fusarium*, так как среди их экзометаболитов присутствуют соединения, обладающие антифунгальной активностью.

Установить характер и степень влияния ЦБ на *Fusarium culmorum* позволяет изучение химического состава жидкости, в которой они пребывали совместно в течение некоторого времени. По характеру и степени изменения концентраций микотоксинов и экзаметаболитов *Fischerella muscicola*, можно судить о типе их отношений и возможности дальнейшей работы по применению ЦБ, как биологического средства против поражения растений токсинами микромицетов рода *Fusarium*.

Цель работы – изучить состав среды, в которой одновременно находились микромицет *Fusarium culmorum* и цианобактерия *Fischerella muscicola*.

Готовили суспензии 4-х месячной культуры ЦБ *F. muscicola* разбавлением суспензии ЦБ родниковой водой 1:10 и 1:100. В неразбавленную суспензию и разбавленные варианты помещали высечки ($d = 7$ мм) из газона микромицета на среде Чапека. Высечки помещали в суспензии ЦБ, далее системы ставили в климатостат на шесть суток (режим – 24 °С, день/ночь = 16/8 ч). Через шесть суток в фильтрате методом ВЭЖХ определяли токсины ЦБ и *F. culmorum*. Исследование проводили на хроматографе Shimadzu LC-20, серия Prominence с диоднолучным детектором и газовом хроматографе GC-2014 Shimadzu с детектором TCD-2014 (Япония). Значения концентраций определяемых веществ приведены в таблице.

Таблица

**Концентрация биологически активных экзометаболитов
в исследуемых средах**

Вариант Вещество	Контроль: вы- сечка <i>F. с.</i> + ключевая вода	КЖ ЦБ без раз- ведения + вы- сечка <i>F. с.</i>	КЖ с разведе- нием 1:10 + вы- сечка <i>F. с.</i>	КЖ с разведе- нием 1:100 + высечка <i>F. с.</i>
1	2	3	4	5
Биологически активные вещества <i>F. с.</i> , мкг/см ³				
Дезоксиниваленол	0,083	0,069	0,119	0,149
Ниваленол	0,106	0,082	0,223	0,185
Зеараленон	Не обнаружен	0,022	0,036	0,096
Ликомаразмин	0,315	0,152	0,402	0,139
Фузариевая ки- слота	0,073	0,090	0,098	0,302
T2-токсин	0,091	0,098	0,081	0,012
Фузаренон-Х	Не обнаружен	Не обнаружен	0,029	Не обнаружен

1	2	3	4	5
Биологически активные вещества F. m., мкг/см ³				
Микроцистин	Не обнаружен	0,193	0,180	0,067
Сакситоксин	Не обнаружен	0,131	0,133	0,069
Гомоанотоксин	Не обнаружен	Не обнаружен	0,093	0,084
Сципролин	Не обнаружен	0,376	0,074	0,053
Сцитонемин	Не обнаружен	0,249	0,180	0,014

Ввиду того, что фухаренон-Х отсутствует в контрольной пробе и обнаруживается только в одном образце с ЦБ из трех, исследуемую культуру *Fusarium culmorum* можно отнести к хемотипу I.

Из таблицы видно, что значения концентраций как микотоксинов, так и токсинов ЦБ изменяются не пропорционально разбавлению суспензии последних. Разведение суспензии ЦБ, несомненно, повлияло на конечную в эксперименте концентрацию их БАВ, однако за счет жизнедеятельности микроорганизмов пропорциональность разведению нарушилась. Кроме того, на величину концентраций БАВ обоих видов микроорганизмов повлияло их биолого-химическое взаимодействие.

В присутствии *F. muscicola* в варианте без разведения цианобактериальной суспензии уменьшается содержание дезоксиниваленола, ниваленола и ликомаразмина, но с разведением наблюдается увеличение их концентрации, превышающее значения в контрольной пробе. Соответственно, вероятность подавления их образования микромицетами в данных условиях выше у неразбавленной культуры ЦБ. Так как ликомаразмин и фузариевая кислота разрушают клеточные стенки для питания микромицета, уменьшение концентрации первого говорит о существовании естественного механизма защиты у ЦБ. Отметим, что концентрация Т-2 токсина немного увеличивается в присутствии неразбавленной суспензии ЦБ, но уменьшается почти в 8 раз при разведении суспензии фототрофа 1:100. Подробное изучение механизма взаимодействия ЦБ с индивидуальным Т-2 токсином и нахождение зависимости его от разбавления, может предоставить новый селективный способ устранения последствий загрязнения растений данным токсином.

Зависимость содержания экзометаболитов *F. muscicola* и *F. culmorum* дает основания полагать, что между микроорганизмами существуют отношения антагонистического, паразитического и/или конкурентного типа, что определяет химический состав среды их взаимного существования.

Библиографический список

1. Ворончихина И. Н., Рубец В. С. Влияние концентрации токсинов *Fusarium culmorum* на морфологические признаки проростков тритикале (*Xtriticosecale wittm*) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. Вып. 3. С. 17–32.
2. *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat / B. Scherm, V. Balmas, F. Spanu, G. Pani, G. Delogu, M. Pasquali, Q. Mighelicoresponding // J. PubMed Central. 2013. Vol. 14. No. 4. P. 323–341.

3. «Monocyte Chemoattractant Protein-1 (MCP-1): An Overview» / S. L. Deshmanand, S. Kremlev, S. Amini, B. E. Sawaya // Journal of Interferon & Cytokine Research. 2009. Vol. 29. No. 6. P. 313–326.

4. Zearalenone and its metabolites: Effect on human health, metabolism and neutralisation methods / A. Rogowskaab, P. Pomastowskia, G. Sagandykovaa, B. Buszewskiab // Toxicon. 2019. Vol. 162. No. 15. P. 46–56.

5. Биотехнологический потенциал почвенных цианобактерий (обзор) / С. В. Дидович, С. В. Москаленко, А. Д. Темралеева, С. А. Хапчаева // Вопросы современной альгологии. 2017. № 2. URL: <http://algology.ru/1170>.

6. Биологически активные, выделенные из морских организмов циклические полипептиды с фрагментами производных β-аминокислот / Н. Н. Романова, Т. Г. Таллоа, И. И. Рыбалко, Н. В. Зык, В. К. Швядасб // Химия гетероциклических соединений. 2011. № 4. С. 483–512.

ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫЕ КОНСОРЦИУМЫ КАК ОСНОВА НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРОТИВ ФИТОПАТОГЕНОВ

*А. И. Коротких¹, Л. И. Домрачева^{1,2}, А. Л. Ковина¹,
С. А. Вахмянина¹, А. И. Фокина³*

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
nm-flora@rambler.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, dli-alga@mail.ru*

³ *Вятский государственный университет, annushka-fokina@mail.ru*

Показано, что происходит более активное размножение цианобактерий при искусственном формировании биопленок при создании микрокосмов из бинарных и тройных смесей, по сравнению с монокультурами. Многовидовые цианобактериальные биопленки оказались эффективными для подавления развития фитопатогенного гриба *Fusarium culmorum*, что позволяет в дальнейшем рассматривать их как перспективные биотехнологические агенты, направленные на снижение грибного инфекционного фона.

Ключевые слова: цианобактериальные биопленки, консорциум, фузариоз, антагонистическая активность.

Формирование биопленок – составная часть жизненного цикла большинства микроорганизмов, обеспечивающая совместное освоение экологических ниш. Под биопленками понимают физические пространственно и метаболически структурированные сообщества микроорганизмов на границе раздела фаз, заключенные во внеклеточный полимерный матрикс. Биопленки могут формироваться бактериями одного вида или образуют сообщества, развивающиеся из многих видов бактерий, а также могут включать и эукариотные микроорганизмы [1]. Исследования показали, что природным популяциям бактерий характерно «чувство кворума» (quorum sensing), которое обеспечивает межклеточную коммуникацию бактерий посредством химических сигналов [2].

Изучение состава, структуры и межпопуляционных связей в цианобактериальных биопленках – перспективное направление в растениеводстве способное использоваться для ограничения численности фитопатогенов. Среди фито-

патогенных микромицетов лидирующее место занимают грибы рода *Fusarium*. Благодаря своим экологическим особенностям (переход от паразитизма к сапротрофии, множественные механизмы размножения, синтез соединений, ограничивающих размножение других организмов) фузариозы способны заразить широкий круг растений в течение короткого промежутка времени [3]. Поэтому изучение возможности создания новых эффективных биопрепаратов на основе цианобактериальных биопленок, обладающих антагонистической активностью против фузариозов, является актуальной задачей.

Целью исследования стало изучение особенностей формирования цианобактериальных биопленок в моно-, бинарных и тройных культурах, а также характер действия многовидовых биопленок на развитие гриба *Fusarium culmorum*.

Культуры цианобактерий (ЦБ) гомогенизировали и определяли титр клеток, который составлял (кл./мл·10⁷) для *Fischerella muscicola* – 8,4±0,28, *Nostoc muscorum* – 1,8±0,21, *Nostoc paludosum* – 2,0±0,60. Титр *Fusarium culmorum* составил 10⁶ макроконидий/мл.

При постановке опыта по созданию экспериментальных микрокосмов в стерильные чашки Петри помещали кварцевый песок, прокаливали в течение 1,5 часа при температуре 120°C. В чашки вносили по 30 мл жидкости в равных количествах для всех вариантов. В монокультурах 10 мл суспензии ЦБ и 20 мл среды Громова №6 без азота. В бинарных культурах по 10 мл суспензии ЦБ каждого вида и 10 мл среды Громова. В тройных культурах по 10 мл суспензии каждого вида ЦБ. В вариантах с *F. culmorum* добавляли жидкую питательную среду Чапека.

Учет результатов проводили при достижении в одном из вариантов 100% покрытия песка пленками ЦБ. Методом прямого счета на мазках определяли численность ЦБ и грибных пропагул (в 9-кратной повторности).

Наибольшую численность клеток ЦБ наблюдали в варианте с бинарной культурой *Fischerella muscicola*+*Nostoc muscorum* (18,31±1,46)·10⁷кл/см², затем, в порядке уменьшения численности следуют варианты тройной культуры ЦБ + *Fusarium culmorum* (16,70±0,57)·10⁷кл/см², *Fischerella muscicola* +*Nostoc muscorum*+ *Nostoc paludosum* (16,25±4,20)·10⁷кл/см², *Fischerella muscicola* + *Nostoc paludosum* (10,73±1,48)·10⁷кл/см². Самые низкие значения наблюдали в варианте бинарных биопленок *Nostoc muscorum* + *Nostoc paludosum* и монокультуре *Fischerella muscicola*, где количественные показатели численности составили (6,35±1,01)·10⁷кл/см² и (4,05±0,69) 10⁷кл/см² соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Интенсивность развития цианобактерий в биопленках

Вариант	Численность, 10 ⁷ кл/см ²	Длина нитей, м/см ²
<i>Fischerella muscicola</i>	4,05±0,69	283,5
<i>Fischerella muscicola</i> + <i>Nostoc muscorum</i>	18,31±1,46	732,4±58,4
<i>Fischerella muscicola</i> + <i>Nostoc paludosum</i>	10,73±1,48	429,2±59,2
<i>Nostoc muscorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i>	6,35±1,01	254,0±40,4
<i>Fischerella muscicola</i> + <i>Nostoc muscorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i>	16,25±4,20	650,0±16,8
Тройная культура ЦБ + <i>Fusarium culmorum</i>	16,70±0,57	668,0

При совместном развитии тройной культуры ЦБ с *Fusarium culmorum* было установлено, что антифузариозная активность смеси ЦБ достаточно велика, так в варианте с использованием чистой культуры *F. culmorum* количество пропагул/см² составило $(0,41 \pm 0,04) \cdot 10^7$, а при совместном их культивировании снизилось до $(0,11 \pm 0,10) \cdot 10^7$ пропагул/см². Длина мицелия *F. culmorum* также уменьшилась при выращивании в тройной смеси с $(787,2 \pm 99,0)$ м/см² до $(62,0 \pm 7,0)$ м/см² (табл. 2).

Таблица 2

Влияние цианобактерий на развитие *Fusarium culmorum*

Вариант	Количество пропагул/см ² , $\cdot 10^7$	Длина мицелия, м/см ²
<i>Fusarium culmorum</i>	0,41±0,04	787,2±99,0
Тройная культура ЦБ + <i>Fusarium culmorum</i>	0,11±0,10	62,0±7,0

Выраженное подавление развития *F. culmorum* можно объяснить тем, что ЦБ в процессе жизнедеятельности синтезируют разнообразные биологически активные вещества, обладающие антибактериальным и антифунгальным эффектом [4–6], синергизм которых усиливается в составе биопленок. Это подтверждается результатами, полученными при оценке интенсивности развития ЦБ в биопленках, так как наибольшая численность и длина нитей ЦБ была показана именно в бинарных и тройных смесях.

Таким образом, изучение формирования многовидовых цианобактериальных биопленок показало, что ЦБ в консорциумах существенно влияют на структуру популяции фитопатогенного гриба *F. culmorum*, уменьшая количество пропагул и угнетая развитие мицелия, в сравнении с контрольным вариантом, в котором отсутствовали ЦБ.

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

Библиографический список

1. Формирование и оценка фиторегуляторного потенциала мультивидовых биопленок на основе *Fischerella muscicola* / Л. И. Домрачева, И. Г. Широких, Е. В. Товстик, С. Г. Скугорева, Е. Н. Резник // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 2. С. 117–124. doi: 10.25750/1995-4301-2018-1-117-124
2. Miller M. B., Bassler B. L. Quorum sensing in bacteria // Annu Rev Microbiol. 2001. Vol. 55. P. 165–199.
3. Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Фокина А. И. Фузари: биологический контроль, сорбционные возможности. LAPLAMBERT Academic Publishing. Германия, 2013. 182 с.
4. Биоремедиационные возможности почвенных цианобактерий (обзор) / Л. И. Домрачева, Л. В. Кондакова, Л. Б. Попов, Ю. Н. Зыкова // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 1. С. 8–17. doi: 10.25750/1995-4301-2009-1-008-017
5. Домрачева Л. И., Широких И. Г., Фокина А. И. Антифузариозное действие цианобактерий и актиномицетов в почве и ризосфере // Микология и фитопатология. 2009. Т. 43/ Вып. 2. С. 157–165.
6. Волошко Л. Н., Пиневиц А. В. Разнообразие токсинов цианобактерий // Астраханский вестник экологического образования. 2014. № 1(27). С. 68–80.

АЗОТОБАКТЕРИАЛЬНАЯ ИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ УРБАНОЗЕМОВ

А. Л. Блинова^{1,2}, Л. И. Домрачева^{1,3}

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
anastasiyalyukina@mail.ru

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

³ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, *dli-alga@mail.ru*

Об антропогенном загрязнении почвы можно судить по реакциям обитающих в ней микроорганизмов. К числу перспективных методов экспресс-диагностики состояния почвы можно отнести реакции бактерий рода *Azotobacter*.

Ключевые слова: урбаноземы, род *Azotobacter*, поллютанты

Микроорганизмы почв – участники почвообразовательных процессов, а также индикаторы происходящих в ней динамических процессов. Урбаноземы являются специфической экологической нишей для обитающих в них микроорганизмов [1]. Различия в почвенной среде сказываются на проявлениях индивидуальных изменений, при помощи которых происходит приспособление микроорганизмов к среде обитания [2]. Бактерии рода *Azotobacter* являются важным компонентом почвенной биоты так как, в частности, они участники окисления углеводородов нефти, а урбаноземы подвержены сильному загрязнению данным видом поллютантов [3]. К тому же, есть данные, которые указывают, что бактерии р. *Azotobacter* сохраняют свою жизнедеятельность и фиксируют азот при выращивании культуры на средах с октаном, толуолом [4]. Помимо того, меланизация колоний является одним из факторов, указывающих на загрязнение среды [5].

Цель данной работы – оценить уровень загрязнения урбаноземов г. Кирова в различных его зонах на основе особенностей развития бактерий р. *Azotobacter*.

Для индикации состояния почвы с помощью азотобактера 20 комочков исследуемой почвы раскладывали на агаризованной среде Эшби [6]. Повторность опыта 3х-кратная. Продолжительность опыта 7 суток при температуре +22–24 °С.

Для анализа использовались образцы урбаноземов, отобранные в различных зонах г. Кирова: транспортной (перекресток улиц Воровского и Октябрьского проспекта), промышленной (район ТЭЦ-4), селитебной (дворовая территория микрорайона Солнечный берег) и парковой (Александровский сад). Контролем служили образцы луговой дерново-подзолистой почвы.

При оценке степени токсичности почв были использованы следующие показатели развития азотобактера: степень обрастания комочков почвы, диаметр колоний, а также количество окрашенных колоний. Полученные результаты показали, что в транспортной зоне наблюдается наименьшая степень обра-

тания комочков почвы, тогда как полное обрастание наблюдалось в промышленной зоне и в контрольном варианте (табл.).

Таблица

Биоиндикация состояния почвы с использованием бактерий р. *Azotobacter*

Зоны города	Степень обрастания, %	Количество окрашенных колоний, %	Средний диаметр колоний, мм
Парковая	76,6	80	9,68±0,43
Транспортная	50	100	9,92±1,16
Промышленная	100	90	13,1±0,9
Селитебная	86,6	70	12,93±0,74
Контроль	100	22	5,0±1,0

Снижение степени обрастания, вероятно, связано с многолетним воздействием автотранспорта на перекрестке улицы Воровского и Октябрьского проспекта, что привело к смене микробных комплексов азотобактера с доминированием более устойчивых форм. Помимо доли обрастания комочков почвы, показательным признаком служит процент окрашенных колоний азотобактера. Максимальное число темноокрашенных колоний наблюдалось также в транспортной зоне г. Кирова. Данный показатель превышает контрольный вариант в 5 раз. Как и пигментация (меланизация) мицелия гриба, пигментация колоний азотобактера – явный признак загрязнения городских почв.

Как показано нами ранее [5], немало важным параметром в оценке степени загрязненности почв является диаметр колоний азотобактера. В данном опыте максимальное его значение наблюдается в промышленной зоне г. Кирова, содержащей максимальное количество нефтепродуктов в почве (7600 мг/кг). Низкий показатель диаметра в контрольном варианте можно объяснить тем, что данный тип почв не подвержен антропогенным нагрузкам и популяции азотфиксирующих микроорганизмов развиваются как естественные комплексы.

Таким образом, наши данные показывают, что в наибольшей степени загрязнены почвы транспортной и промышленной зон г. Киров. Данные азотобактериальной индикации коррелируют с результатами по содержанию нефтепродуктов в почве.

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

Библиографический список

1. Артамонов В. С. Ермеченко О. З. Адаптивные признаки *Azotobacter chroococcum* Beiuginck и *Bacillus mycoides* Flugge в городских почвах // Вестник пермского университета. 2015. № 2. С. 158–166.
3. Мишустин Е. Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. М. : Наука, 1975. 114 с.
4. Забелина О. Н. Оценка экологического состояния почвы городских рекреационных территорий на основании показателей биологической активности (на примере г. Владимира) : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08. Владимир, 2014. 146 с.

5. Рысбаева Г. А. Роль спонтанной и внесенной микрофлоры в биодegradации углеводородов нефти в нефтезагрязненных почвах ЮКО: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. Алматы, 2007. 24 с.

6. Комплексный подход в оценке экологического состояния городских почв / С. Г. Скугорева, Т. И. Кутявина, С. Ю. Огородникова, Л. В. Кондакова, В. С. Симакова, А. Л. Блинова, Ю. Н. Зыкова Л. И. Домрачева, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 57–65. doi: 10.25750/1995-4301-2019-3-057-065

7. Практикум по биологии почв / Г. М. Зенова, А. Л. Степанова, А. А. Лихачева, Н. А. Манчунова. М. : Изд-во МГУ, 2002. 120 с.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОЛИХЛОРБИФЕНИЛ-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Д. О. Егорова, Л. Н. Ананьина, Е. А. Шестакова, А. А. Пьянкова
«Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН»
– филиал ПФИЦ УрО РАН, daryao@rambler.ru

В статье показаны результаты изучения биоразнообразия бактериальных сообществ, полученных в результате накопительного культивирования с селективным фактором из почв, длительное время загрязненных полихлорированными бифенилами и другими синтетическими соединениями. Установлено, что бактериальные сообщества СНН5 и СНН6 обладают уникальным видовым составом. При смене селективного фактора в сообществах протекают сукцессионные процессы, приводящие к снижению биоразнообразия.

Ключевые слова: полихлорированные бифенилы, бактериальные сообщества, морфотипы, ДГГЭ.

Длительное производство и применение полихлорированных бифенилов (ПХБ) привело к загрязнению данными поллютантами обширных территорий [1]. Наиболее прочно ПХБ адсорбируются в почвах и донных отложениях [2]. Согласно Стокгольмской конвенции, ПХБ принадлежат группе стойких органических загрязнителей и обладают свойствами, особо опасными для биоты [3].

Период полураспада ПХБ в естественной среде составляет десятки лет, что приводит к эффекту длительного загрязнения природных компонентов на территориях их производства [1, 2]. Присутствие в почве поллютантов вызывает адаптационные процессы в микробиоценозе, и в частности в бактериальном сообществе. В результате многолетних изменений в бактериоценозах данных территорий значительную долю составляют штаммы-деструкторы синтетических органических соединений [4].

Изучение бактериальных сообществ, формирующихся под давлением негативных факторов представляет, как научный, так и практический интерес.

Цель настоящего исследования – изучить биоразнообразие бактериальных сообществ, выделенных из почв, загрязненных ПХБ, а также оценить сукцессионные процессы, протекающие в данных сообществах при смене селективного фактора.

Почвы отбирали на территории ОАО «СВЗХ» г. Чапаевск, Самарской области, Россия. В почвах присутствуют ПХБ в количествах, превышающие ПДК. Концентрация ПХБ в образце СНН6 в 1,5 раза превышает аналогичный показатель в образце почвы СНН5.

Накопительное культивирование проводили в минеральной среде К1 [5] с коммерческой смесью ПХБ марки Совол в качестве селективного фактора в колбах, содержащих 10 г почвенного образца. Селективное культивирование с целью получения стабильных ассоциаций проводили в минеральной среде К1 с бифенилом (1 г/л) в качестве единственного источника углерода и энергии.

Высев культур для определения морфологического разнообразия и подсчета плотности культуры осуществляли на агаризованную среду LB [6]. Описание и подсчет колоний проводили согласно [7].

Выделение тотальной ДНК и ДГГЭ-анализ осуществляли как описано [8].

В результате накопительного культивирования с Соволом в качестве селективного фактора, были получены смешанные культуры аэробных бактерий, обозначенные как СНН5 и СНН6. Количество доминантных морфотипов и плотность полученных культур были незначительными, что может быть обусловлено действием селективного фактора (табл. 1).

Таблица 1

Популяционные характеристики смешанных культур бактерий

Смешанная культура	Плотность, КОЕ/мл	Количество доминантных морфотипов	Индексы биоразнообразия (на основании ДГГЭ-анализа)		
			Индекс Шеннона-Уивера	Видовое богатство	Гомогенность
СНН5	$4,9 \cdot 10^5$	3	2,08	13	0,81
СНН6	$1,1 \cdot 10^4$	3	1,63	9	0,74

Методом ДГГЭ-анализа установлено, что полученные смешанные культуры существенно отличались видовым составом (рис.).

Смешанная культура СНН5 характеризовалась более высоким биоразнообразием. Количество операциональных таксономических единиц (ОТЕ) (полос ДНК в ДГГЭ-геле) у данной культуры больше, а распределение равномернее. В смешанной культуре СНН6 41.6% от суммы интенсивностей свечения фрагментов ДНК приходится на одну ОТЕ. Расчет индексов биоразнообразия показал, что более высокими показателями обладает культура СНН5 (табл. 1).

Применение бифенила в качестве источника углерода и селективного фактора при дальнейшем культивировании смешанных культур привело к развитию сукцессионных процессов (табл. 2).

В результате селекции были получены бактериальные ассоциации СНН5-В и СНН6-В. Следует отметить, что в результате сукцессионных процессов, вызванных изменением источника углерода и селективного фактора, сформировались бактериальные ассоциации с более низким биоразнообразием, чем исходные смешанные культуры.

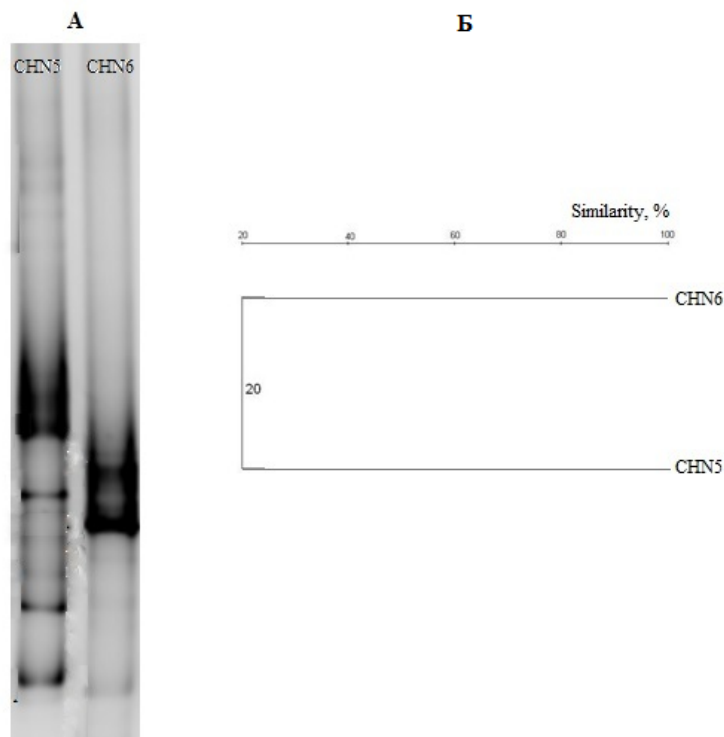


Рис. ДГГЭ-профили амплифицированных фрагментов 16S рДНК исследуемых ассоциаций (А) и дендрограмма, построенная с применением метода UPGMA, отображающая сходство видового состава ассоциаций CHN5 и CHN6 (Б)

Таблица 2

Динамика основных показателей бактериальных культур в процессе селекции на бифениле

Смешанная культура	Бактериальная ассоциация	На этапе селекции		Стабильная ассоциация	
		Количество доминирующих морфотипов, шт	КОЕ/мл	Количество доминирующих морфотипов, шт	КОЕ/мл
CHN5	CHN5-B	3	$5,4 \cdot 10^4$	2	$7,0 \cdot 10^3$
CHN6	CHN6-B	3	$1,6 \cdot 10^3$	2	$1,1 \cdot 10^3$

Таким образом, в ПХБ-загрязненных почвах формируются бактериальные сообщества, устойчивые к токсическому действию ПХБ и способные утилизировать бифенил.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-29-05016мк.

Библиографический список

1. Erikson M. D., Kaley II R. G. Applications of polychlorinated biphenyls // Environmental Science and Pollution Researches. 2011. Vol. 18. No. 2. P. 135–151. doi:10.1007/s11356-010-0392-1
2. Advances and perspective in bioremediation of polychlorinated biphenyl-contaminated soils / J. K. Sharma, R. K. Gautam, S. V. Nanekar, R. Weber, B. K. Singh, S. K. Singh, A. A. Juwarkar // Environmental Science and Pollution Researches. 2018. Vol. 25. P. 16355 – 16375. doi.org/10.1007/s11356-017-8995-4
3. Final act of the Conference of Plenipotentiaries on the Stockholm convention on persistent organic pollutants, Stockholm, 22–23 May // UNEP/POPS/CONF/4. Unated Nations Environment Programme. Geneva. 2001. 44 p.

4. Характеристика микроорганизмов, выделенных из техногенных почв Прикамья / Е. Г. Плотникова, Д. О. Рыбкина, Л. Н. Ананьина, О. В. Ястребова, В. А. Демаков // Экология. 2006. № 4. С. 261–268.

5. Зайцев Г. М., Карасевич Ю. Н. Подготовительный метаболизм 4-хлорбензойной кислоты у *Arthrobacter globiformis* // Микробиология. 1981. Т. 50. С. 423–428.

6. Short protocols in molecular biology. Third edition / F. M. Ausbel, R. Brent, R. E. Kingston, D. D. Moore, J. G. Seidman, J. A. Smith, K. Struhl. N.Y. : John Wiley and Sons, 1995. 450 p.

7. Методы общей бактериологии: Пер. с англ. / Под ред. Ф. Герхардта с соавторами. М. : Мир, 1983. Т. 1–3.

8. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by microbial consortia enriched from three soils using two different culture media / M. Wu, L. Chen, Y. Tian, Y. Ding, W. A. Dick // Environmental Pollution. 2013. Vol. 178. P. 152–158. doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.004

ИЗМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И. Э. Смирнова, А. К. Саданов, С. Т. Даугалиева
ТОО «НПЦ микробиологии и вирусологии», iesmirnova@mail.ru

Изучено влияние длительного сельскохозяйственного использования почв на разнообразие бактериального сообщества путем высокопроизводительного секвенирования. Установлено, что длительное землепользование приводит к изменению структуры и численности бактериального сообщества на уровне фил и снижению разнообразия бактериального сообщества на уровне семейств.

Ключевые слова: микробиом, бактериальное почвенное сообщество, разнообразие, высокопроизводительное секвенирование

Одним из основных биологических показателей почвы являются микробные сообщества, которые имеют большое значение для нормального функционирования почвы. Именно микробиом является определяющим фактором устойчивости экосистем, и отвечает за направленность почвенных процессов [1, 2]. Микробное сообщество почв характеризуется большим разнообразием, в нем присутствуют бактерии, включая актиномицеты, археи, дрожжи, грибы. Известно, что существенное изменение состава и численности микробиоты агроценозов является одним из основных признаков нарушения естественных почвенных процессов и плодородия почв [3]. Растения и микроорганизмы тесно взаимосвязаны, между ними существуют различные формы взаимоотношений, которые основываются на обмене органическими и другими соединениями [4]. Выращивание сельскохозяйственных культур значительно сокращает разнообразие естественной флоры экосистем и меняет состав питательных соединений почвы. Замена в экосистемах растительного разнообразия на агрокультуры и уменьшение элементов питания почвы оказывают отрицательное влияние на почвенную микробную массу и разнообразие микробиома. Под влиянием сельскохозяйственных культур формируются микробные сообщества с определен-

ным набором микроорганизмов [5]. Также существенное влияние на микробные сообщества оказывает обработка земель, изменение физико-химических свойств почвы [6–7].

Несмотря на важную роль почвенного микробиома в сельскохозяйственном производстве, влияние длительного использования почв на бактериальное разнообразие мало изучено. Проведение таких исследований важно, так как позволит получить информацию о составе и структуре бактериальных сообществ сельскохозяйственных и естественных почв, на основе которых возможно проведение коррекции микробиома почв и разработка комплексного подхода к управлению здоровьем и плодородием почв.

Целью данного исследования было сравнительное изучение влияния длительного сельскохозяйственного использования почвы на бактериальное сообщество.

Для сравнительного изучения влияния землепользования на бактериальное сообщество почв были отобраны два участка. Участки принадлежали к одному типу почвы – серозем обыкновенный. Местоположение участков: Жамбылская область Казахстана, участок 1 – естественное пастбище без сельскохозяйственного использования (отсутствие выпаса скота), участок 2 – поле с длительным землепользованием, сроком более тридцати лет. На поле применялась агротехника, рекомендованная для данного региона и ротация культур (ячмень, зернобобовые культуры, кукуруза, пшеница, сахарная свекла). Сбор образцов почв был проведен в мае 2019 г. в соответствии с ГОСТ [8]. Верхний слой почвы 1–2 см удаляли, почву отбирали из верхнего горизонта 0–10 см методом конверта в стерильные мешки с соблюдением правил асептики. В общей сложности было отобрано с каждого участка по десять образцов почвы. Объединенный образец почвы составлял 2 кг. В течение 24 часов после отбора проб почвы просеивали через стерильное сито 2 мм, отбирали часть почвы для проведения высокопроизводительного секвенирования, замораживали и хранили при $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Общую геномную ДНК выделяли с помощью набора NucleoSpin[®] Soil (Macherey-Nagel GmbH&Co.KG, Duren, Germany) в соответствии с протоколом производителя [9]. Концентрацию ДНК измеряли на флуориметре Qubit[®] 2.0 (Life Technologies, Oregon, USA). Подготовку библиотек проводили согласно протокола Illumina 16S Metagenomic Sequencing Library Preparation guide (part no. 15044223 rev. A) [9]. Для амплификации V3 и V4 региона использовали универсальные праймеры с добавлением адаптеров Illumina. Форвард праймер: 5'-TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGCCTACGGGNGGWCAG-3' и реверс праймер 5'-GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGGATACHVGG GTATCTAATCC-3' [10]. Реакционная смесь состояла из: 2,5 μl ДНК матрицы; по 5 μl каждого праймера в 1 μM концентрации; 12,5 μl KAPA HiFi HotStart ReadyMix (KAPA Biosystems, Cape Town, South Africa). Режим амплификации: 95 $^{\circ}\text{C}$ в течение 3 минут, далее 25 циклов амплификации 95 $^{\circ}\text{C}$ 30 секунд, 55 $^{\circ}\text{C}$ 30 секунд, 72 $^{\circ}\text{C}$ 30 секунд и один цикл при 72 $^{\circ}\text{C}$ в течение 5 минут. ПЦР-продукт очищали с помощью набора Agencourt AMPure (Beckman Coulter Inc. Beverly, Massachusetts, USA). После присоединения ин-

дексов Illumina библиотеки секвенировали на приборе MiSeq Illumina с помощью набора kit V3 (600 циклов). Анализ и обработка данных были проведены с помощью программного обеспечения MiSeq® Reporter Software (Illumina). Таксономическая классификация была проведена путем сравнения с данными участков 16S рНК гена из Международной базы данных *Greengenes database* Национальной лаборатории Lawrence Berkeley (США) [11]. В общей сложности было проанализировано 513837 ридов, из которых 447875 были классифицированы до таксономического уровня и 3638 – не классифицированы. Далее проводили классификацию последовательностей на OTU (Operational Taxonomic Unit) с использованием критерия 97% сходства, вычислением индекса разнообразия Шеннона (H') и индекса обилия ChaoI, которые позволяют судить об уровне биоразнообразия в сообществе и полноте его анализа (сравнение предполагаемого количества OTU при данных параметрах выборки с количеством экспериментально выявленных OTU) [12]. Анализ достоверности статистических различий полученных данных проводили с использованием программы «STATISTICA 10.0» [13].

Основные агрохимические свойства почвы являются важными факторами, влияющими на микробную популяцию. Исследование показало, что почвы пастбища и поля схожи по основным физико-химическим свойствам. Так, содержание гумуса в почвах пастбища и поля составляло 1,2 и 1,5%, содержание легкогидролизуемого азота – 30,8 и 36,4 мг/кг почвы, подвижного фосфора (в форме P_2O_5) – 57,83 и 52,73 мг/кг, подвижного калия (в форме K_2O) – 291,24 и 264,13 мг/кг почвы, соответственно. В тоже время, значение рН водного раствора образцов отличалось. Так, реакция почвенного раствора пастбища была нейтральная (рН 7,0), поля – рН 9,6 (высокая щелочная).

Метагеномный анализ проводили методом NGS-секвенирования (Next Generation Sequencing) на приборе MiSeq (Illumina, USA), который позволяет определить наличие уникальных таксономических единиц (ОТЕ) в образцах и провести их идентификацию. Показано, что в составе бактериальных сообществ исследуемых почв были обнаружены представители семи фил бактерий: *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Verrucomicrobia*, *Planctomycetes*. Установлено, что бактериальные сообщества почв пастбища и поля, значительно отличаются как по структуре, так и по процентному содержанию доминирующих фил (рис. 1).

В бактериальном сообществе пастбища доминирующим являлся фил *Proteobacteria* (31,4%), далее следовали представители фил *Firmicutes* (28,3%) и *Actinobacteria* (10,0%). Численность фил *Chloroflexi* и *Bacteroidetes* составляла 4,9 и 3,8%, *Planctomycetes*, *Verrucomicrobia* – 2,36 и 2,25%, соответственно (рис.1). В микробиоме поля основным филлом был *Firmicutes* (40,77%), численность фил *Proteobacteria* и *Actinobacteria* составила 26,02 и 9,15%, соответственно. Остальные филы *Chloroflexi*, *Bacteroidetes*, *Planctomycetes* и *Verrucomicrobia* составляли незначительную часть микробиома поля (2–4%). Можно сказать, что землепользование на уровне фил привело к существенному возрастанию численности представителей фила *Firmicutes* (40,77%).

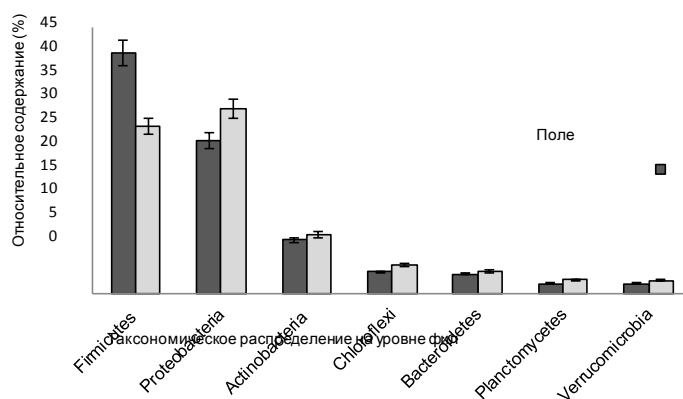


Рис. 1. Структура бактериального сообщества почвы поля на уровне фил

При сравнительном анализе бактериального сообщества почв пастбища и поля на уровне семейств выявлена существенная разница в составе бактериальных сообществ (рис. 2). Установлено, что бактериальное сообщество пастбища представлено большим разнообразием семейств: *Bacillales* (17,25%), *Actinomycetales* (6,9%), *Clostridiales* (5,37%), *Rhodospirillales* (4,52%), *Anaerolineales* (3,84%), *Rhizobiales* (3,65%). Бактериальное сообщество поля представлено только четырьмя семействами: *Bacillales* (31,58%), *Actinomycetales* (6,28%), *Clostridiales* (4,51%) и *Rhodospirillales* (3,54%).

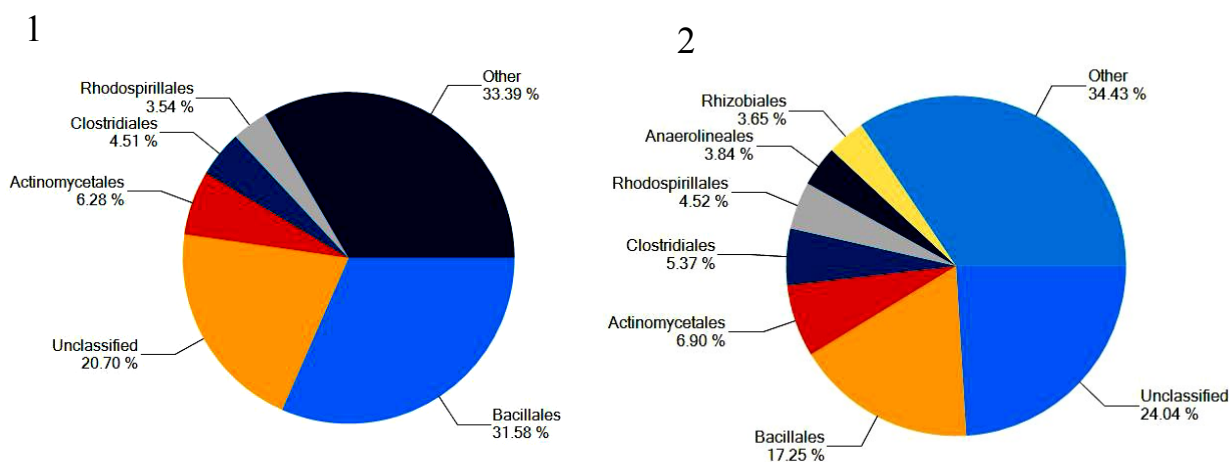


Рис. 2. Таксономический состав бактериальных сообществ почв на уровне семейств (1 – почва под влиянием длительного землепользования; 2 – почва естественного пастбища)

Причем отмечено, что численность представителей семейства *Bacillales* в сообществе поля практически в два раза выше, чем в сообществе пастбища. Известно, что представители этого семейства являются очень устойчивыми к неблагоприятным условиям внешней среды и способны к быстрому приспособлению к негативным факторам [14]. Кроме того, они устойчивы к высыханию, поэтому в засушливых климатических условиях, к которым относится южный ре-

гион Казахстана, и могут поддерживать высокую численность в почвах сельскохозяйственных угодий.

Таким образом, с использованием высокопроизводительного секвенирования на приборе Illumina MiSeq (USA) проведен сравнительный анализ структуры бактериального сообщества естественного пастбища и почвы с длительным использованием в сельском хозяйстве. Анализ показал, что длительное использование почв приводит к существенным изменениям в сообществе бактерий. Наибольшее влияние землепользование оказывает на филы *Proteobacteria* и *Firmicutes*. Установлено, что на уровне фил землепользование привело к возрастанию численности представителей фила *Firmicutes*, на уровне семейств выявлено значительное снижение разнообразия бактерий. При этом доминирующим семейством в почвах интенсивным земледелием являются бациллы, которые крайне устойчивы к неблагоприятным условиям внешней среды и способны к быстрому приспособлению к негативным факторам.

Работа выполнена в рамках грантового проекта МОН РК № AP05131526.

Библиографический список

1. Lau J. A., Lennon J. T. Rapid responses of soil microorganisms improve plant fitness in novel environments // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2012. Vol. 109. P. 14058–14062.
2. Почвенный микробиоценоз как показатель стабильности луговых сообществ при химическом загрязнении среды тяжелыми металлами / И. Б. Ившина, Л. В. Костина, Т. Н. Каменских, В. А. Жуйкова, Т. В. Жуйкова, В.С. Безель // *Экология*. 2014. № 2. С. 83–90. doi: 10.7868/S0367059714020036
3. Влияние ассоциации агрономически ценных микроорганизмов на микрофлору деградированных почв / И. Э. Смирнова, А. К. Саданов, А. М. Нурмуханбетова, А. Ж. Султанова // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 1. С. 92–96.
4. Hartman K., Tringe S. G. Interactions between plants and soil shaping the root microbiome under abiotic stress // *Biochemical Journal*. 2019. Vol. 476(19). P. 2705–2724. <https://doi.org/10.1042/BCJ20180615>
5. Оценка длительного воздействия агротехнических приемов и сельскохозяйственных культур на почвенные микробные сообщества / И. О. Корвиго, Е. В. Першина, Е. А. Иванова, Н. С. Матюк, О. А. Савоськина, Е. Л. Чирак, Н. А. Проворов, Е. Е. Андронов // *Микробиология*. 2016. Т. 85. № 2. С. 199–210. doi: 10.7868/s0026365616020117
6. Impact of land-use change and soil organic carbon quality on microbial diversity in soils across Europe / M. Szoboszlay, A. Dohrmann, C. Poeplau, A. Don, C. Tebbe. // *FEMS Microbiology Ecology*. 2017. Vol. 93. No. 12. P. 1–12. doi: 10.1093/femsec/fix146
7. Lauber C., Hamady M., Knight R., Fierer N. Pyrosequencing-based assessment of soil pH as a predictor of soil bacterial community structure at the continental scale // *Applied and Environmental Microbiology*. 2009. Vol. 75. No. 15. P. 5111–5120. doi: 10.1128/AEM.00335-09
8. ГОСТ 17.4.4.02-84 – Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического анализа. М. : Стандартинформ. 2008. 142 с.
9. Illumina sequencing technology [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.illumina.com/> (дата обращения: 10.03.2020).
10. Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies / A. Klindworth, E. Pruesse, T. Schweer, J. Peplies,

C. Quast, M. Horn, F. Glöckner // *Nucleic Acids Research*. 2013. Vol. 41(1). e1. doi: 10.1093/nar/gks808.

11. *Greengenes database* [Электронный ресурс]. – URL: <http://greengenes.secondgenome.com/> (дата обращения: 09.03.2020).

12. Community assessment techniques and the implications for rarefaction and extrapolation with Hill numbers / K. Cox, M. Black, N. Filip, M. Miller, K. Mohns, J. Mortimor, T. Freitas, R. Greiter Loerzer, T. Gerwing, F. Juanes, S. Dudas // *Ecology. Evolution*. 2017. Vol. 7(24). P. 11213–11226. doi: 10.1002/ece3.3580

13. Боровиков В. П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA. М. : Горячая линия-Телеком, 2016. 288 с.

14. Bacteria as emerging indicators of soil condition / S. Hermans, H. Buckley, B. Case, F. Curran-Cournane, M. Taylor, G. Lear // *Applied Environmental Microbiology*. 2016. Vol. 83(1). e02826-16. DOI: 10.1128/AEM.02826-16

ВЛИЯНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ РАСТЕНИЙ НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОБНУЮ СИСТЕМУ

Я. И. Назарова¹, И. Г. Широких^{1,2}, С. Ю. Огородникова²

¹ ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, yan1997183@yandex.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Продемонстрировано усиление антиоксидантной защиты растений *N. tabacum* и *S. lycopersicum* в результате экспрессии гетерологичного гена *Fe-SOD1*. Установлены достоверные различия между ризосферными комплексами исходных сортов и трансгенных линий по частоте встречаемости и доле вклада стрептомицетов с фиторегуляторной, целлюлозолитической и антагонистической активностью.

Ключевые слова: растения-трансформанты, экологические риски, ризосфера, актиномицеты

Генетическую модификацию растений (ГМР) сегодня рассматривают как мощный фактор изменения среды обитания человека [1]. При анализе проблем биобезопасности генной инженерии основной упор делается на критериях и методах оценки пищевой безопасности ГМР и получаемых из них продуктов [2]. Экологические последствия широкомасштабного коммерческого использования ГМР, вследствие малой изученности их возможных негативных воздействий на живые системы, остаются непредсказуемыми.

Целью работы являлось выяснение влияния растений табака (*Nicotiana tabacum* L.) и томата (*Solanum lycopersicum* L.) с усиленной антиоксидантной защитой на структуру ризосферных комплексов актиномицетов.

Трансгенные линии табака Самсун и томата Белый налив были получены во ВНИИСХБ (г. Москва) Трансгенность полученных линий была доказана методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) [3, 4]. Трансформанты несли гетерологичный ген, кодирующий цитоплазматическую Fe-содержащую супероксиддисмутазу (*Fe-SOD1*) из *Arabidopsis thaliana* (L.), который придает растению устойчивость к окислительному стрессу.

Клональное микроразмножение пробирочных растений проводили на среде МС [5]. После формирования у растений развитой корневой системы их высаживали в сосуды с почвой и выращивали в условиях искусственного климата.

Для проверки функциональной активности целевого гена растения томата выращивали в обычных условиях, а растения табака, помимо этого – в условиях стресса, обусловленного токсичностью алюминия в кислой почве. Степень адаптации растений к стрессу оценивали с помощью данных о перекисном окислении липидов (ПОЛ) [6], суммарной активности СОД [7], содержании в листьях пластидных пигментов [8].

Актиномицеты учитывали и выделяли из ризосферы растений при посевах на среду с пропионатом натрия (для описания родовой структуры) и казеин-глицериновый агар (для описания видовой структуры комплекса). Дифференцировано учитывали колонии по морфотипам. Доминирующие на чашках колонии выделяли в чистую культуру, для исследования их функциональной активности и таксономической принадлежности, которую устанавливали в соответствии с определителями [9]. Морфологические признаки исследовали при помощи светового микроскопа Leica DM 2500 (Carl Zeiss, Германия).

У каждого изолята изучали целлюлолитические [10] и антагонистические [11] свойства. В качестве тест-культур использовали фитопатогенные микробиоты и бактерии. О фиторегуляторной способности выделенных штаммов судили по продукции ауксинов, которые определяли с реактивом Сальковского [12].

Статистическую обработку данных проводили стандартными методами (Лакин, 1990) с использованием пакета программ EXCEL и STATGRAFICS.

Проверка функциональной активности встроенного гена *Fe-SOD1* при выращивании ГМР в почве показала, что суммарная активность СОД у линии томата bn6 в начальный период наблюдений (пять настоящих листьев) и у линии bn4 при появлении первой цветочной кисти достоверно превышали аналогичный показатель исходного сорта Белый налив.

Величина накопления МДА, отражающая интенсивность перекисного окисления липидов, в начальный период роста в листьях растений исходного сорта была существенно выше, чем у растений с гетерологичным геном *Fe-SOD1*. Более низкий, в сравнении с исходным сортом, уровень окислительной деструкции у линии bn6 сохранялся в течение всего периода наблюдений, а у линии bn4 – только в начале онтогенеза, что могло быть связано с неустойчивой экспрессией встроенного гена.

У табака проверку функциональной активности встроенного гена осуществляли в условиях моделируемого эдафического стресса, обусловленного токсичностью алюминия в кислой почве. В обычных условиях у трансформантов Ttrf13 и Ttrf3 показатели суммарной активности СОД были достоверно выше, чем в листьях исходного сорта, что говорит о суперэкспрессии встроенного гена и о более высоком уровне антиоксидантной защиты.

Определение структуры комплексов актиномицетов в ризосфере томата выявило у растений с генно-инженерным усилением антиоксидантной защиты

ряд отличий от исходного сорта. Ризосферный комплекс линии bn6 отличался более низкими значениями абсолютной (266 тыс. КОЕ/г) и относительной (2,8%) численности, но более высоким родовым и видовым разнообразием мицелиальных прокариот. Индекс Шеннона, рассчитанный для линии bn6 ($H=0,822$) более чем в 2 раза превысил аналогичный показатель в ризосфере исходного сорта ($H=0,367$). В составе ризосферного комплекса сорта Белый налив были обнаружены в определенном соотношении представители родов *Streptomyces* (94%), *Micromonospora* (1,2%) и олигоспоровые формы (4,8%) актиномицетов. Долевое соотношение представителей этих родов в ризосфере томатов линии bn6 существенно изменилось в сторону большей представленности олигоспоровых (7,1%) и микромоноспоровых (5,8%) видов, характеризующихся высокой избирательностью в отношении трофических субстратов, при сокращении долевого участия стрептомицетов (84%), традиционно считающихся видами-убиквистами. Актиномицетный комплекс линии bn6 включал в качестве минорного компонента представителей рода *Streptosporangium* (2,9%), не выявленных в ризосфере исходного сорта.

В ризосфере сорта Белый налив по частоте встречаемости доминировали виды 6 секций и серий, тогда как на корнях трансгенной линии bn6 число доминирующих секций и серий сократилось до 4. Линия bn4 отличалась от комплекса исходного сорта в меньшей степени, чем комплекс линии bn6, спектр доминирующих секций и серий в ризосфере линии bn4 расширился с 6 до 7, за счет видов из серии *Cinereus Augeus*, при этом доленое участие в комплексе видов серии *Cinereus Chromogenes* сократилось вдвое.

Сравнительное изучение численности и видовой структуры рода *Streptomyces* в прикорневой почве растений табака проводили с выделением микрофрагментов ризосферы и ризопланы. В ризосфере численность стрептомицетов, как наиболее представительного в почвах таксона мицелиальных прокариот, изменялась незначительно (в пределах от $2,7 \times 10^5$ до $6,5 \times 10^5$ КОЕ/г), в зависимости от генотипа и почвенного фона, на котором выращивались растения. В ризоплане, напротив, наблюдались существенные различия в численности стрептомицетов между исходным сортом Самсун ($1,1-1,8 \times 10^6$ КОЕ/г) и трансгенными линиями табака Ttrf13 ($3,7 \times 10^5$ КОЕ/г) в обычных условиях и Ttrf3 ($5,9 \times 10^5$ КОЕ/г) на кислом фоне с алюминием.

По результатам многофакторного дисперсионного анализа, существенно зависело от генотипа табака варьирование численности ассоциированных с корнями представителей секций и серий *Cinereus Achromogenes* ($p=0,003$) и *Cinereus Chromogenes* ($p=0,007$). В ризосферном комплексе исходного сорта Самсун, преобладали неокрашенные виды серии *Cinereus Achromogenes* (20,3%) и секции *Albus* (76,7%), что характерно для зональных дерново-подзолистых почв. Соотношение пигментированных и лишенных окраски видов в пользу последних изменялось при стрессе, обусловленном кислотностью почвы и алюминием. В ризосферном комплексе Ttrf13, напротив, даже в обычных условиях доля участия видов серии *Cinereus Chromogenes* была выше (80,5%), чем серии *Cinereus Achromogenes* (8,2%), а при выращивании растений на кислом фоне она еще увеличивалась (до 86,3%). В ризоплане

сравниваемых генотипов стрептомицетные комплексы характеризовались более равномерным участием представителей отдельных цветковых секций и серий. Но доминировали в комплексах исходного сорта (*Cinereus Chromogenes*, *Cinereus Achromogenes*) и трансгенных линий Ttrf3 (*Cinereus Achromogenes*) и Ttrf13 (*Cinereus Aureus*) представители различных секций и серий.

Наряду с количественными и таксономическими различиями в ризосферных комплексах исходных сортов и трансгенных линий томата и табака были отмечены различия в функциональной структуре. Так, если в ризосфере исходного сорта преобладали стрептомицеты с целлюлозолитической активностью от умеренной (50%) до сильной (44%), то в ризосферном комплексе линии bn6, наряду с активными целлюлозолитиками (47%), значительную долю составили стрептомицеты со слабой активностью (32%). Ризосферный комплекс линии bn4 отличался от исходного сорта, напротив, более высокой представленностью стрептомицетов с высокой (61%) целлюлозолитической активностью.

Тестирование стрептомицетов из ризосферы табака также выявило изменение соотношения видов каждой выделенной группы у трансформантов по сравнению с исходным сортом Самсун. Линия Ttrf3 характеризовалась достоверным снижением, а линия Ttrf13, напротив, повышением встречаемости культур с сильной целлюлозолитической активностью, в сравнении с исходным сортом.

Тестирование ризосферных изолятов против одного и того же набора тест-культур фитопатогенов показало, что в ризосфере томата Белый налив встречаются стрептомицеты, подавляющие рост четырех тест-культур грибов и трех тест-культур бактерий. В ризосфере линии bn6 спектр антагонистов расширился за счет стрептомицетов, активных против гриба *Alternaria* sp., увеличились также частоты встречаемости антагонистов *Fusarium culmorum* и *F. avenaceum*, *A. simplex* и *Erwinia herbicola*. В ризосфере трансформанта bn 4, по сравнению с исходным сортом, наоборот, отмечены более низкая встречаемость антагонистов фитопатогенных грибов рода *Fusarium* и отсутствие антагонистов тест-бактерии *E. rhapontici*. В комплексе стрептомицетов, ассоциированных с корнями табака Самсун, присутствовали виды-антагонисты грибов рода *Fusarium*, грамположительной и грамотрицательной тест-бактерий. В тех же условиях ризосферный комплекс трансгенной линии Ttrf3 отличался более низкой встречаемостью антагонистов *A. simplex* и отсутствием в комплексе антагонистов гриба *F. avenaceum*. Среди стрептомицетов, ассоциированных с корнями другой трансгенной линии Ttrf13, возросла частота встречаемости видов, антагонистически активных в отношении бактерий, но снизилась встречаемость представителей с антифунгальной активностью.

Определение способности изолятов из ризосферы томата и табака продуцировать ауксины показало, что продукция ИУК на среде с 200 мкг/мл триптофана за 72 час роста стрептомицетов варьирует от 11,7 до 22,5 мкг/мл в зависимости от штамма и растения-хозяина. В среднем, для выборок одинакового объема, показана достоверно ($P \geq 0,99$) более высокая продуктивность штаммов из ризосферы линии bn6, чем из ризосферы исходного сорта и линии bn4. Для изолятов из ризосферы табака наибольшая средняя продуктивность ИУК была

у штаммов из ризосферы линии Ttrf3. Штаммы, способные продуцировать ИУК в концентрации 20 мкг/мл и выше встречались только среди стрептомицетов, ассоциированных с корнями томата линии bn6 и табака линии Ttrf3.

Таким образом, при относительной стабильности таксономической структуры комплексов ризосферы, выявленные перестройки в функциональной структуре актиномицетных комплексов растений-трансформантов могут иметь своим следствием нарушения таких процессов, как биодеструкция в почве растительных полимеров, биоконтроль фитопатогенов в ризосфере растений и фитогормональная регуляция их роста и продуктивности.

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

Библиографический список

1. Жученко А. А., Чесноков Ю. В. Генетические ресурсы и генетическая модификация растений как факторы изменений среды обитания человека // Биосфера. 2012. Т. 4. № 2. С. 150–157.
2. Кузнецов В. В., Куликов А. М., Цыдендамбаев В. Д. Генетически модифицированные сельскохозяйственные культуры и полученные из них продукты: пищевые, экологические и агротехнические риски // Известия аграрной науки. 2010. Т. 8. № 3. С. 10–30.
3. Получение трансгенных растений томата с геном Fe-зависимой супероксиддисмутазы / Е. К. Серенко, В. Н. Овчинникова, Л. В. Куренина и др. // Докл. РАСХН. 2009. № 4. С. 12–14.
4. Нодельман Е. К. Применение гена Fe-зависимой супероксиддисмутазы для защиты хлоропластов растений томата и табака от окислительного стресса: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.06. Москва, 2014. 29 с.
5. Murashige T., Skoog F. A. Medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture // *Physiol. Plant.* 1962. Vol. 15. P. 473–497.
6. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
7. Beauchamp C., Fridovich J. Superoxide Dismutase: Improved Assays and an Assay Applicable to Acrylamide Gels // *Anal. Biochem.* 1971. Vol. 44. P. 276–287. doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8
8. Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М. : Наука, 1971. С. 154–171.
9. Определитель бактерий Берджи. М. : Мир, 1997. Т. 1. С. 1–429.
10. Определитель актиномицетов. Роды *Sreptomycetes*, *Streptoverticillium*, *Chainia* / Г. Ф. Гаузе, Т. П. Преображенская, М. А. Свешникова, Л. П. Терехова, Т. С. Максимова. М. : Наука, 1983. 248 с.
11. Teather R. M., Wood P. J. Use of congo-red polysaccharide interaction in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria the bovine rumen // *Appl. Environ. Microbiol.* 1982. Vol. 43. P. 777–780.
12. Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках. М. : Высшая школа, 1979. 485 с.
13. Libbert E., Risch H. Interactions between plants and epiphytic bacteria regarding their auxin metabolism // *Physiol. Plantarum.* 1969. Vol. 22. P. 51–58.

АЛЬГОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА ХРАНЕНИЯ И УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ «МАРАДЫКОВСКИЙ» ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

К. А. Безденежных

Вятский государственный университет, karina.bezdenezhnykh@mail.ru

Проведено изучение альгофлоры луговых и лесных фитоценозов объекта «Марадыковский» после завершения его функционирования. Выявлено видовое разнообразие и экобиоморфная структура сообществ микрофототрофов. Определены количественные показатели альгофлоры исследуемых почв за трехлетний период. Видовое разнообразие альгофлоры района исследования сохранило отмеченные ранее характеристики таксономического состава и экобиоморф. Колебания численности микрофототрофов обусловлены в основном природными факторами. Выявленного негативного эффекта последствия от функционирования объекта на почвенную альгофлору не установлено.

Ключевые слова: альгофлора, альгоиндикация, мониторинг почв, водоросли, объект «Марадыковский».

Почвенные водоросли и цианобактерии (ЦБ) входят в состав любых типов почв, распространены повсеместно и являются организмами, которые быстро реагируют на почвенное загрязнение [1]. Благодаря этому почвенные водоросли и ЦБ нашли широкое применение в биондикации состояния почвенной среды [2–6].

Цель исследования – провести альгологическую оценку состояния почв лесных и луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский» после прекращения его функционирования для выявления отсроченного действия.

В 2016–2018 гг. на участках системы комплексного мониторинга луговых и лесных фитоценозов объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» (Кировская область) были отобраны почвенные образцы для альгологических исследований. Район исследования входит в состав подзоны южной тайги. Почвы территории подзолистые и дерново-подзолистые [7].

Отбор проб для альгологического анализа проводили в летне-осенний период, средняя проба почвенного образца составлялась из пяти образцов, отобранных в слое 0–5 см объемом 125 см³. Было отобрано 72 почвенных образца на 29 площадках мониторинга, в том числе 13 на площадках с сосновыми лесами, 5 – в ельниках, 8 – на суходольных лугах, 3 – на пойменных лугах. В качестве контрольного был выбран участок соснового леса № 112 со слабоподзолистой песчаной почвой, находящийся в удалении от объекта на расстоянии 9,81 км.

Видовой состав альгофлоры изучали постановкой чашечных культур со стеклами обрастания и прямым микроскопированием [8]. Количественные показатели альгофлоры определяли прямым микроскопированием на мазках [4].

За период исследований, проведенных после прекращения функционирования объекта (2016–2018 гг.), в альгофлоре изученных фитоценозов выявлено 106 микрофототрофов, в том числе в почвах лесных экосистем отмечено 60 видов, в почвах луговых экосистем – 95.

Состав альгофлоры лесных экосистем представлен 4 основными таксономическими группами: Cyanobacteria – 4 вида (6,7%), Chlorophyta – 36 видов (60,0%), Ochrophyta – 12 (20,0%), Bacillariophyta – 8 (13,3%).

В луговых экосистемах Cyanobacteria составляли 28 видов (29,5%), Chlorophyta – 42 вида (44,2%), Ochrophyta – 16 (16,8%) и Bacillariophyta – 9 (9,5%) (табл. 1).

По видовому разнообразию преобладают виды из семейства *Oscillatoriaceae*, *Chlamydomonadaceae*, *Pleurochloridaceae*, *Pinnulariaceae*.

Таблица

Таксономическая структура альгофлоры луговых и лесных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский»

Отдел	Тип фитоценоза	Число таксонов				
		классов	порядков	семейств	родов	видов
Cyanobacteria	Луговой	1	3	7	9	27
	Хвойный	1	3	3	4	4
	Итого:	1	3	7	9	28
Ochrophyta	Луговой	2	4	5	9	16
	Хвойный	2	4	3	6	12
	Итого:	2	4	7	8	18
Bacillariophyta	Луговой	1	2	5	6	9
	Хвойный	1	2	5	6	8
	Итого:	1	2	5	6	9
Chlorophyta	Луговой	6	12	20	25	42
	Хвойный	6	10	14	14	36
	Итого:	6	13	22	26	51

Почвенные водоросли лесных фитоценозов района исследования. В почвах участков сосновых фитоценозов было выявлено 55 видов почвенных водорослей, таксономическая структура альгофлоры представлена 4 основными отделами: Cyanobacteria – 4 вида (7,1%), Chlorophyta – 36 видов (64,4%), Ochrophyta – 11 (21,4 %) и Bacillariophyta – 4 (7,1%) .

Несколько меньшее количество видов обнаружено на участках еловых лесов – 33 вида, таксономическая структура выглядит следующим образом: Cyanobacteria – 4 вида (12,1%), Chlorophyta – 15 видов (45,5%), Ochrophyta – 7 (21,2 %) и Bacillariophyta – 7 (21,2%). Доля общих видов для сосновых и еловых лесов составляет 38%.

Состав доминирующих видов в лесных фитоценозах представлен зелеными и желтозелеными видами, характерными для почв лесной зоны: *Coccomyxa solorinae*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Chlamydomonas gloeogama*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Klebsormidium flaccidum* (Chlorophyta); *Pleurochloris commutata*, *Vischeria helvetica* (Ochrophyta).

Индекс Сьеренсена-Чекановского для участков сосновых фитоценозов варьирует от 25,0% (низкое сходство) до 69,6%, в среднем составляя 58,7% и показывая умеренное сходство альгофлор исследуемых участков. Сходство альгофлоры исследуемых участков с контрольным 112 участком составляет от 35,3 % (участок соснового леса № 34 на расстоянии 2,69 км в северо-восточном направлении со среднеподзолистой песчаной почвой) до 66,7% (участки сосновых лесов № 4 и 9 вблизи объекта (1,5 км) со среднеподзолистой песчаной почвой, а также на расстоянии 2,69 км участок соснового леса № 47 со среднеподзолистой супесчаной почвой).

Для участков еловых фитоценозов индекс Сьеренсена-Чекановского варьирует от 25,0% до 60% (умеренное сходство), в среднем составляя 40,7%. Доля общих видов для сосновых и еловых лесов составляет 38%.

Формула экобиоморф альгофлоры сосновых фитоценозов: $C_{16}Ch_{14}X_{11}H_5V_4hydr_3P_2$, еловых: $Ch_9X_7V_7C_5H_2P_2hydr_1$. Для видов С-формы характерно образование обильной слизи, они нуждаются в достаточном увлажнении почв. Из азотфиксирующих видов выявлены: *Nostoc punctiforme* и *Cylindrospermum licheniforme*. Виды Ch-формы обладают высокой жизнеспособностью в неблагоприятных условиях. X-форму составляют теневыносливые одноклеточные желтозеленые и зеленые виды неустойчивые к температурным колебаниям и влажности. Согласно данным Т. И. Алексахиной и Э. А. Штиной, спектр жизненных форм водорослей в лесных почвах характеризуется резким преобладанием двух жизненных форм – X и С [9].

Значение общей численности водорослей и цианобактерий за трехлетний период исследований на разных участках мониторинга колебалось от 59,3 до 296,0 тыс. кл. / г почвы. Полученные результаты согласуются с данными других авторов для почв хвойных фитоценозов [6, 9].

На контрольном участке соснового леса № 112, находящемся на расстоянии 9,81 км от объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский», количественные показатели альгофлоры за трехлетний период были более высокими и достигали почти 300 тыс. кл. / г почвы. На расстоянии 1,5 км от объекта «Марадыковский» общая численность водорослей и цианобактерий варьирует за трехлетний период от 59,3 до 202,8 тыс. кл./ г почвы. В радиусе 2,69 км количественные показатели альгофлоры изменяются от 81,7 до 157,6; в радиусе 3,88 км от объекта – от 109,5 до 260,5 тыс. кл./ г почвы. На контрольном 112 участке, находящемся на расстоянии 9,81 км от ОХУХО «Марадыковский» численность изменяется от 224,2 до 296,0 тыс. кл./ г почвы. Колебания численности водорослей и ЦБ по годам, обусловленные в основном природными факторами и степенью развития высших растений, влияющих на влажность, световой и температурный режимы почвы.

Почвенные водоросли луговых фитоценозов района исследования. На участках мониторинга суходольных лугов выявлено 89 видов: Cyanobacteria – 24 вида (27,0%), Chlorophyta – 41 видов (46,0%), Ochrophyta – 15 (16,9%) и Bacillariophyta – 9 (10,1%). В почвах пойменных лугов – 52 вида: Cyanobacteria – 17 видов (32,7%), Chlorophyta – 17 видов (32,7%), Ochrophyta – 10 (19,2%) и Bacillariophyta – 8 (15,4%).

В почвах луговых экосистем объекта «Марадыковский» состав доминирующего комплекса микрофототрофов представлен следующими видами: *Chlamydomonas gloeogama*, *Chlorococcum infusionum* (Chlorophyta); *Phormidium Jadinianum*, *Ph. formosum* *Cylindrospermum michailovscoense*, *Nostoc linckia*, *Leptolyngbya angustissima* (Cyanobacteria); *Characiopsis minima*, *Pleurochloris commutata* (Ochrophyta) и *Hantzschia amphioxys*, *Pinnularia borealis*, *Nitzschia palea* (Bacillariophyta).

Индекс Сьеренсена-Чекановского альгофлоры лугов показал низкое и умеренное сходство и варьировал от 18,9% до 55,2%. В среднем индекс Сьеренсена-Чекановского для участков суходольных лугов составляет 38,8%. В пойменных лугах его среднее значение равно 36,5%. Доля общих видов в суходольных и пойменных лугах составляет 37,7%.

Спектр жизненных форм альгофлоры суходольных лугов выглядит следующим образом: $C_{25}X_{16}Ch_{14}P_{14}V_9hydr_6H_4amph_2PF_1M_1$. Преобладают виды С-формы (27%), Х-формы (18%), и Ch – формы (15%). Формула экобиоморф пойменных лугов – $V_8Ch_8C_7P_6H_4X_4amph_1M_1$. Преобладают представители В-формы (21%), Ch- (20%) и С – форм (18%, в том числе азотфиксирующие виды: *Anabaena sphaerica*, *Cylindrospermum licheniform*, *C. michailovscoense*, *C. muscicola*, *Nostoc linckia*, *N. paludosum*, *N. punctiforme*).

В 2016 г. количественные параметры альгофлоры луговых почв района исследования варьировали от 235,7 до 379,1 тыс. кл./г почвы.

В 2017 г., в сравнении с 2016 г., на большинстве участках численность водорослей и ЦБ снизилась и колебалась от 71,6 до 447,1 тыс. кл./ г почвы. На количественные показатели микрофототрофов в 2017 г., возможно, оказало влияние активное развитие травостоя, связанное с более благоприятными температурными условиями и условиями увлажнения этого года. Наименьшая численность выявлена на участке разнотравно-злакового суходольного луга № 41 – 71,6 тыс. кл./г почвы, который испытывает антропогенное влияние (вблизи этого участка находится огороженное пастбище для крупного рогатого скота).

В 2018 г. численность изменялась от 109,4 до 513,6 тыс. кл./г почвы. В сравнении с 2017 г., на всех участках мониторинга луговых экосистем общая численность водорослей и ЦБ возросла, что может быть связано с благоприятными условиями увлажнения – сумма осадков за летний период составляла 262 мм, а средняя температура воздуха 17,2 °С.

Таким образом, альгофлора луговых и лесных фитоценозов в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» в период после прекращения его функционирования представлена 106 видами и 4 основными таксономическими группами: Cyanobacteria – 28 вида (26,4%), Chlorophyta – 51 видов (48,1%), Ochrophyta – 18 (17,0%) и Bacillariophyta – 9 (8,5%). Таксономический состав альгофлоры исследуемых экосистем не нарушен. Сохраняется зональный тип альгофлоры. По видовому разнообразию преобладают зеленые водоросли и цианобактерии.

Среди спектра жизненных форм в изученных фитоценозах преобладают теневыносливые виды Х-формы, виды способные образовывать обильную слизь – С-формы и виды убиквисты Ch-формы.

Сравнительный анализ видового разнообразия с помощью бинарного индекса Сьеренсена-Чекановского показал умеренное сходство альгофлор исследуемых территорий.

Количественные показатели почвенных водорослей и цианобактерий за период исследования варьировали от 59,3 до 487,5 тыс. кл./ г почвы, что согласуется с литературными данными для почв лесной зоны. Колебания численности водорослей и ЦБ за период исследования обусловлены природными факторами и степенью развития высших растений, влияющих на влажность, световой и температурный режимы почвы, а так же уровнем антропогенной и техногенной нагрузки.

Выраженного негативного эффекта последствия от функционирования объекта на почвенную альгофлору не установлено.

Библиографический список

1. Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л. : Наука, 1969. 228 с.
2. Штина Э. А., Зенова Г. М., Манучарова Н. А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1449–1461.
3. Альго-микологические и фитотоксические комплексы при химическом загрязнении почвы / Л. И. Домрачева, Е. В. Дабах, Л. В. Кондакова, А. И. Варакина // Экология и почвы : Лекции и доклады XIII Всерос. школы. Пущино, 2006. Т. 5. С. 88–98.
4. Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его. Сыктывкар, 2005. 336 с.
5. Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв южной тайги Европейской части России) : автореф. дис. ... доктора биол. наук : 03.02.08. Сыктывкар, 2012. 34 с.
6. Новаковская И. В., Патова Е. Н. Почвенные водоросли еловых лесов и их изменения в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар, 2012. 128 с.
7. Ашихмина Т. Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров : ВГПУ, 2002. 543 с.
8. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М. : Наука, 1976. 143 с.
9. Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М. : Наука, 1984. 148 с.

«ЦВЕТЕНИЕ» ПОЧВ В ВАРИАНТАХ ПОЛЕВОГО ОПЫТА ПОД ТРАВΟΣМЕСЯМИ

Л. В. Кондакова^{1,2}, А. П. Кислицына³

¹ Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

*³ ФГБНУ Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого*

Изучали видовой состав поверхностных разрастаний водорослей и цианобактерий в вариантах полевого опыта по выращиванию травосмеси на делянках с известкованием и внесением удобрений. На участке без внесения удобрений (контроль) поверхностные разрастания образуют зеленые водоросли-убиквисты (57,9%). Высокий процент представителей Chlorophyta отмечен так-

же в вариантах опыта с внесением фосмуки без удобрений (64,3%), извести (53,3%) и $P_{60}K_{60}$ (58,4%). Положительную реакцию на известкование почв проявляют ЦБ. В варианте – известь, 3т/га + $P_{60}K_{60}N_{30}$ – доминируют ЦБ, составляя 61,1% видового разнообразия биопленок.

Ключевые слова: водоросли, цианобактерии, «цветение» почв, биопленки.

«Цветение» почвы – это массовое размножение водорослей и цианобактерий (ЦБ) на ее поверхности. Оно возникает при благоприятном сочетании факторов среды: влажности, светового режима, наличия биогенных элементов и др. Видовой состав поверхностных разрастаний микрофототрофов является индикационным признаком [1].

Известкование кислых почв является одним из основных мероприятий по повышению продуктивности почв агроценозов. При известковании устраняется избыточная кислотность, уменьшается подвижность токсичных соединений алюминия и марганца. В то же время известкование способствует переходу азота, фосфора, калия, магния в доступные для растений формы. Разные виды удобрений и их сочетания оказывают значительное влияние на ботанический состав урожая. Влияние извести, фосмуки и минеральных удобрений на продуктивность трав сохраняется в течение 3 лет.

На делянках опыта на третий год после внесения удобрений наблюдали макроскопически заметные разрастания почвенных микрофототрофов.

Целью данной работы было изучение видового разнообразия почвенных водорослей и цианобактерий в вариантах полевого опыта с внесением удобрений и выращиванием травосмеси.

Пробы почв для исследования альгофлоры отбирались в августе 2019 г. с делянок полевого опыта (с. Красное, Кировская область). Опыт заложен в 2017 г. по следующей схеме: 1. Контроль. 2. Известь – 3т/га 3. Фосфоритная мука – 1т/га 4. $P_{60}K_{60}$ 5. Известь 3т/га + $P_{60}K_{60}$ 6. $P_{60}K_{60}$ + N_{30} 7. Известь 3т/га + $P_{60}K_{60}$ + N_{30} 8. Фосфоритная мука 1т/га + K_{60} Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая на водно-ледниковых отложениях характеризовалась следующими показателями пахотного слоя: 1,9% гумуса, P_2O_5 – 68 мг/кг, K_2O – 107 мг/кг почвы, $pH_{\text{сол.}}$ – 4,35, гидролитическая кислотность – 5,08 мг-экв./100г почвы, сумма поглощенных оснований – 10,65 мг-экв./100г почвы, степень насыщенности основаниями – 69,3%, содержание подвижного алюминия от 4,23 до 5,24 мг/кг почвы. Удобрения и известь были внесены под предпосевную культивацию в виде простого суперфосфата (26% д.в.), хлористого калия (60% д.в.), аммиачной селитры (34% д. в.), фосфоритной муки (P_2O_5 – 19% и Са – 50%), извести (85%).

Определение видового состава альгофлоры осуществляли методом прямого микроскопирования отобранных образцов и постановкой чашечных культур со стеклами обрастания [2].

В агроэкосистемах микронаселение почвы ежегодно испытывает разнообразие воздействий, связанных с обработкой почвы, внесением удобрений, их доз и т.д. Реакция водорослей и ЦБ на минеральные удобрения многообразна в

зависимости от плодородия почвы, дозы и формы удобрений. Производственные дозы минеральных удобрений, как правило, не изменяют видовой состав водорослей [3]. В наземных поверхностных разрастаниях водорослей и ЦБ принимают участие от 5 до 27 популяций фототрофных микроорганизмов. Видовое богатство фототрофного комплекса может возрастать при благоприятных условиях влажности и наличия биогенных элементов [1].

В пленках «цветения» почв изучаемых вариантов опыта было выявлено 43 вида водорослей и ЦБ, в том числе: Chlorophyta – 16 видов, ЦБ – 18, Ochrophyta – 4, Bacillariophyta – 5 (табл. 1).

Таблица 1

**Количество видов микрфототрофов в пленках «цветения» почв
(1 – число видов; 2 – процент)**

Участки	Удобрения	Cyanobacteria		Chlorophyta		Ochrophyta		Bacillariophyta		Всего видов	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Контроль(без удобрений)	4	21,1	11	57,9	1	5,2	3	15,8	19	100
2	известь, 3т/га	6	40,0	8	53,3	0	0	1	6,7	15	100
3	Фосмука, 1т/га	3	21,4	9	64,3	0	0	2	14,3	14	100
4	P ₆₀ K ₆₀	3	25,0	7	58,4	1	8,3	1	8,3	12	100
5	Известь, 3т/га+ P ₆₀ K ₆₀	3	30,0	5	50,0	1	10,0	1	10,0	10	100
6	P ₆₀ K ₆₀ N ₃₀	7	31,8	8	36,4	4	18,2	3	13,6	22	100
7	известь, 3т/га + P ₆₀ K ₆₀ N ₃₀	11	61,1	3	16,7	1	5,5	3	16,7	18	100
8	Фосмука, 1т/га + K ₆₀	7	36,8	8	42,1	0	0	4	21,1	19	100
Всего видов		18	43,0	16	37,0	4	9,0	5	11,0	43	100

На участке без внесения удобрений (1 – контроль) поверхностные разрастания образуют зеленые водоросли-убиквисты (57,9%). Зеленые водоросли толерантны к высокой кислотности почв. В вариантах с внесением извести (2) и фосмуки (3), фосфорных и калийных удобрений (4) и извести и фосфорных и калийных удобрений (5) уменьшается видовое разнообразие микрфототрофов. В пленках «цветения» доминируют представители Chlorophyta. Положительную реакцию на известкование почв проявляют ЦБ. В варианте 7 – известь, 3т/га + P₆₀K₆₀N₃₀ – доминируют ЦБ, составляя 61,1% видового разнообразия биопленок. Наибольшее видовое разнообразие водорослей и ЦБ выявлено в варианте 6 (P₆₀K₆₀N₃₀). Внесение минеральных удобрений в большинстве случаев оказывает стимулирующее действие на развитие почвенных водорослей. В данном варианте в поверхностных разрастаниях доминируют ЦБ и зеленые водоросли (табл. 1).

Практически во всех вариантах опыта в пленках «цветения» отмечены следующие микрфототрофы: зеленые водоросли: *Chlamydomonas gloeogama*, *Cylindrocystis crassa*, *C. brebissonii*, *Klebsormidium nitens*,

Stichococcus minor, безгетероцистные ЦБ *Leptolyngbya angustissima* и *L. foveolarum*, диатомовая водоросль *Hantzschia amphioxys* и желтозеленая нитчатая водоросль *Xanthonema exile*. Азотфиксирующие ЦБ наибольшее развитие получили в вариантах с известкованием почв (табл. 2).

Таблица 2

Видовой состав альгофлоры в пленках «цветения» пахотных почв по вариантам опыта

№ п/п	Варианты опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cyanobacteria									
1	<i>Anabaena</i> sp.					+	+		+
2	<i>Cylindrospermum licheniforme</i> (Bory) Kütz.						+		
3	<i>Leptolyngbya angustissima</i> (W. et G.S. West) Anagn. et Kom.	+	+	+	+	+	+	+	+
4	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. et Gom.) Anagn. et Kom.	+	+			+	+	+	+
5	<i>Leptolyngbya boryana</i> (Gom.) Anagn. et Kom.						+	+	+
6	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gom.) Anagn. et Kom.							+	
7	<i>Leptolyngbya frigida</i> (Fritsch) Anagn. et Kom.		+	+					
8	<i>Nostoc punctiforme</i> Kütz.		+				+	+	+
9	<i>Nostoc linckia f muscorum</i> (Ag) Elenk							+	
10	<i>Nostoc paludosum</i> Kütz.		+				+		+
11	<i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom.	+	+	+				+	
12	<i>Phormidium uncinatum</i> (Ag.) Gom.	+							
13	<i>Phormidium molle</i> Kütz.				+			+	
14	<i>Phormidium formosum</i> (Bory ex Gom.) Anagn. et Kom.							+	
15	<i>Phormidium henningsii</i> Kütz.	+						+	+
16	<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterb.							+	
18	<i>Tolypothrix tenuis</i> Kütz.				+				
Chlorophyta									
19	<i>Actinochloris sphaerica</i> Korsch.						+		
20	<i>Chlamydomonas elliptica</i> Korsch.	+							
21	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch. in Pasch. var. <i>gloeogama</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
22	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Menegh								+
23	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. var. <i>vulgaris</i>	+					+		+
24	<i>Cylindrocystis crassa</i> De Bary	+	+	+	+	+	+		+
25	<i>Cylindrocystis brebissonii</i> Menegh		+	+	+		+		+
26	<i>Cosmarium</i> sp		+		+	+			
27	<i>Mesotaenium macrococcum</i> (Kütz.) Roy et Bissett						+		
28	<i>Keratococcus bicaudatus</i>	+	+	+	+	+			
29	<i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kütz.) Silva et al.	+	+	+					
30	<i>Klebsormidium nitens</i> (Menegh. in Kütz.) Lokh.	+	+		+		+		+
31	<i>Klebsormidium rivulare</i> (Kütz.), comb. nova	+		+					
32	<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Mainx) Fott		+						
33	<i>Stichococcus bacillaris</i> Näg.			+					

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
34	<i>Stichococcus minor</i> Näg.	+		+	+	+	+	+	+
35	<i>Scotiellopsis levicostata</i> (Hollerb.) Punccharova et Kalina	+		+				+	+
Ochrophyta									
36	<i>Bumilleriopsis peterseniana</i> Pasch.						+		
37	<i>Pleurochloris pyrenoidosa</i> Pasch.						+		
38	<i>Characiopsis minima</i> Pasch.						+		
39	<i>Xanthonema exile</i> (Klebs) Silva	+			+	+	+	+	
Bacillariophyta									
40	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun.	+	+	+	+	+	+	+	+
41	<i>Luticola mutica</i> (Kütz.) Mann inn Round et al								
42	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	+					+	+	+
43	<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W Smith							+	
44	<i>Navicula pelliculosa</i> (Breb) Hilse	+					+		+
<i>Итого</i>		19	15	14	12	10	22	18	19

Видовой состав микрорототрофов пленок «цветения» характерен для дерново-подзолистых почв региона.

Сравнение видового разнообразия биопленок «цветения» почвы с помощью коэффициентов Сьеренсена-Чекановского показало умеренное сходство сравниваемых альгофлор. Высокое сходство микрорототрофов выявлено для вариантов 4 и 5 с внесением минеральных удобрений $P_{60}K_{60}$ и для вариантов 6 ($P_{60}K_{60}N_{30}$) и 8 (Фосмука, 1т/га + K_{60}) (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты Сьеренсена-Чекановского участков «цветущей» почвы

Варианты опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
1		53	61	52	55	44	54	63
2			62	59	56	54	36	53
3				54	50	33	38	48
4					73	53	40	45
5						56	43	48
6							45	73
7								54
8								

Таким образом, на участке без внесения удобрений (контроль) поверхностные разрастания образуют зеленые водоросли-убиквисты. Видовое разнообразие микрорототрофов уменьшается в вариантах с внесением извести и фосмуки без минеральных удобрений. Положительную реакцию на известкование почв проявляют ЦБ. Коэффициенты Сьеренсена-Чекановского показали умеренное сходство альгофлор биопленок «цветения» почвы в изучаемых вариантах опыта.

Фототрофные микроорганизмы могут быть использованы в качестве дополнительного критерия в оценке агротехнических мероприятий для повышения плодородия почв.

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

Библиографический список

1. Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
2. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М. : Наука, 1976. 146 с.
3. Третьякова А. Н., Некрасова К. А. Реакция водорослей на формы и дозы минеральных удобрений // Труды Кировского сельхозинститута. 1971. Т. 23. Вып. 55. С. 214–220.

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ И ЦИАНОБАКТЕРИИ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ

Л. В. Кондакова^{1,2}, Д. К. Киселева¹

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

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Изучалась альгофлора пойменных луговых экосистем р. Вятки. Наиболее богатая альгофлора, в том числе желтозеленых водорослей, индикаторов чистых почв, выявлена в почве пойменного луга заповедника «Нургуш». При рекреационной нагрузке (пойменный луг у оз. Холуново) возрастает видовое разнообразие ЦБ. В альгофлоре пойменного луга в районе г. Кирово-Чепецка зеленые водоросли составляют 56,9% видового разнообразия. Видовое разнообразие альгофлоры пойменного луга в районе бывшего объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» представлено в равной мере зелеными водорослями и ЦБ.

Ключевые слова: альгофлора, почвенные водоросли и цианобактерии, видовое разнообразие, пойменные луговые экосистемы.

Водоросли и цианобактерии (ЦБ) – постоянные обитатели почв. Как фототрофные микроорганизмы, они играют важнейшую роль в почвенных процессах, принимая участие в создании органического вещества почв, обогащении почв азотом (азотфиксирующие ЦБ), трофических связях с почвенными гетеротрофами. Видовой состав микрорототрофов является надежным биоиндикационным критерием в экологической оценке почв [1].

Объектами исследований являлись почвы пойменных луговых экосистем на территории Кировской области: заповедника «Нургуш», оз. Холуново (Нововятский район г. Кирова), объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский», Кирово-Чепецкого района.

Целью исследования являлся сравнительный анализ альгофлоры пойменных луговых экосистем с разным уровнем антропогенной нагрузки.

Отбор проб проводился в летне-осенние периоды 2016–2019 гг. с глубины 0–5 см, средняя проба составлялась из пяти индивидуальных проб объемом 125 см³. Видовой состав изучали постановкой чашечных культур со стеклами обрастания и прямым микроскопированием почвы [2].

Результаты исследований. Водоросли и цианобактерии (ЦБ) являются частью фототрофного компонента луговых биоценозов. По исследованиям, проведенным на лугах Кировской области [3], общее число видов водорослей и ЦБ может составлять от 48 до 146. Микрофототрофы луговых экосистем, как и высшая растительность, находятся под влиянием различных факторов: космических, атмосферных, гидрологических, биогенных, антропогенных. На видовой состав и структуру сообществ водорослей и ЦБ большое влияние оказывает хозяйственная деятельность человека.

В почве пойменной луговой экосистемы заповедника «Нургуш» выявлено 72 вида микрофототрофов (табл. 1). Видовое разнообразие представлено зелеными (34 вида) и охрофитовыми водорослями (19 видов). ЦБ составляют 18,1% (13 видов) видового разнообразия, преобладают безгетероцистные формы (12 видов из 13). По сравнению с экосистемами, испытывающими антропогенную нагрузку, в почве пойменного луга заповедника выявлено более богатое общее видовое разнообразие альгофлоры, отмечен более высокий процент желтозеленых водорослей, индикаторов чистых почв (1). Доминантами сообществ являлись: *Nostoc punctiforme*, *Phormidium autumnale*, *Chlamydomonas gloeogama*, *Botrydiopsis eriensis*, *Pleurochloris pyrenoidosa*, *Pleurochloris commutate*, *Eustigmatos magnus*, *Hantzschia amphioxys*.

Таблица 1

**Число видов микрофототрофов пойменных лугов
(1 – число видов; 2 – процент)**

Таксономические группы микрофототрофов	ГПЗ Нургуш		Оз. Холуново		Объект «Марадыковский»		Кирово-Чепецкий район	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Cyanobacteria	13	18,1	19	38,0	22	34,4	7	13,7
Chlorophyta	34	47,2	17	34,0	23	35,9	29	56,9
Ochrophyta	19	26,4	5	10,0	11	17,2	8	15,7
Vacillariophyta	6	8,3	8	16,0	8	12,5	7	13,7
Другие группы	0	0	1	2,0	0	0	0	0
Всего видов	72	100	50	100	64	100	51	100

Луговые экосистемы в районе пойменного оз. Холуново, находясь в черте города Кирова, испытывают большую антропогенную нагрузку. Выявлено 50 видов водорослей и ЦБ, по числу видов преобладают ЦБ (19 видов) и Chlorophyta (17 видов). ЦБ в основном представлены безгетероцистными видами: *Leptolyngbya angustissima*, *L. foveolarum*, *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Ph. uncinatum*, *Ph. formosum*, *Ph. henningsii*, *Microcoleus vaginatus*, *Oscillatoria amena* и др. Из гетероцистных ЦБ отмечены: *Anabaena sphaerica*, *A. cylindrica*, *Nostoc muscorum*, *Tolyphotrix tenue*. Преобладающими видами зеленых водорослей являлись: *Actinochloris sphaerica*, *Chlorococcum infusionum*, *Klebsormidium flaccidum*, *Stichococcus minor*, *Cosmarium anceps*, *C. subcrenatum*,

Cylindrocystis crassa. Из диатомовых водорослей встречены характерные для луговых экосистем виды: *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia palea*, *Luticola mutica*, *Navicula pelliculosa*, *Pinnularia intermedia*.

В альгофлоре пойменного луга в районе г. Кирово-Чепецка зеленые водоросли составляли 56,9% видового разнообразия: *Bracteacoccus minor*, *Chlamydomonas gloeogama*, *Chl. gelatinosa*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Gloeocystis polydermatica*, *Gongrosira debaryana*, *Klebsormidium flaccidum*, *Kl. rivulare*, *Scotiellopsis levicostata*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Tetracystis aggregate* и др. ЦБ представлены небольшим числом видов: *Phormidium autumnale*, *Phormidium breve*, *Microcoleus vaginatus*, *Nostoc paludosum*, *Nostoc punctiforme*, *Cylindrospermum licheniforme*. Из охрофитовых водорослей встречены: *Pleurochloris anomala*, *Pleurochloris pyrenoidosa*, *Eustigmatos magnus*, *Xanthonema bristolianum*, *Xanthonema exile*, *Tribonema minus*, *Bumilleria klebsiana*, из диатомовых: *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia palea*, *Luticola mutica*, *Pinnularia borealis* и др.

Видовой состав альгофлоры пойменных луговых экосистем в районе бывшего объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» представлен 64 видами микрофототрофов. По видовому разнообразию преобладают зеленые водоросли: *Bracteacoccus minor*, *Chlamydomonas gloeogama*, *Chl. gelatinosa*, *Chl. globosa*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Gongrosira debaryana*, *Klebsormidium flaccidum*, *Kl. nitens*, *Macrochloris dissecta*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Scotiellopsis levicostata*, *Tetracystis aggregate* и др. и ЦБ: *Leptolyngbya angustissima*, *L. foveolarum*, *L. frigida*, *Microcoleus vaginatus*, *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Ph. uncinatum*, *Ph. formosum*, *Anabaena sphaerica*, *Cylindrospermum licheniforme*, *C. muscicola* и др. Охрофитовые водоросли: *Botrydiopsis eriensis*, *Pleurochloris commutata*, *Eustigmatos magnus*, *Vischeria helvetica*, *Xanthonema bristolianum*, *X. exile*, *Tribonema minus*. Из диатомовых водорослей отмечены: *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia palea*, *Luticola mutica*, *Navicula pelliculosa*, *Pinnularia borealis*, *Pinnularia sp.*, *Stauroneis anceps*.

Коэффициенты Сьренсена-Чекановского показывают умеренное сходство альгофлор сравниваемых пойменных лугов (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты Сьренсена-Чекановского альгофлор пойменных лугов (%)

Объекты исследования	ГПЗ «Нургуш»	Озеро Холуново	Объект «Марадыковский»	Кирово-Чепецкий район
ГПЗ «Нургуш»		45,9	64,7	60,1
Озеро Холуново			59,6	47,5
Объект «Марадыковский»				64,3

Таким образом, наиболее богатая в видовом отношении альгофлора отмечена для почвы пойменного луга заповедника, здесь же отмечен более высокий процент желтозеленых водорослей, индикаторов чистых почв. Альгофлора лугов, испытывающих антропогенную нагрузку, отражает характер воздействия.

При высокой рекреационной нагрузке, связанной с вытаптыванием, нарушается растительный покров (пойменный луг у оз. Холуново) и возрастает видовое разнообразие ЦБ. Наиболее богатое, по сравнению с другими таксономическими группами, разнообразие азотолюбивых зеленых водорослей (56,9%) отмечено в альгофлоре пойменного луга в районе г. Кирово-Чепецк. В альгофлоре пойменного луга в районе бывшего объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» по видовому разнообразию в равной мере представлены зеленые водоросли и ЦБ.

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

Библиографический список

1. Штина Э. А. Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Ботан. журн. 1990. Т. 75. № 4. С. 441–453.
2. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М. : Наука, 1976. 143 с.
3. Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л. : Наука. 1969. 228 с.

ВЛИЯНИЕ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА НА ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ

А. В. Сысоева¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

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

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Пирогенный фактор оказывает неблагоприятное воздействие на альгофлору. В зоне огня происходит гибель клеток водорослей. Заселение пирогенных участков микрофототрофами происходит медленно за счет соседних ненарушенных территорий.

Ключевые слова: пирогенный фактор, водоросли, цианобактерии.

Воздействие огня является важным экологическим фактором, влияющим на почвенные биоценозы. В литературе имеются многочисленные данные, подтверждающие термоустойчивость водорослей. Верхние температурные пределы для эукариотических водорослей выше, чем для высших растений. Среди водорослей имеются эвритермные виды, способные переносить большие колебания температуры, например диатомея *Nitzschia putrida* (-11 до + 30 °С) [1]. Имеются данные о влиянии высоких температур на *Xanthonema exile*, этот вид водоросли выдерживал температуру до 48 °С включительно [2]. Способность почвенных водорослей сохраняться при действии высоких температур была обнаружена при изучении заселения вулканических пеплов [3]. В пробах, взятых на дне кратера вулкана Тятя (о-в Кунашир), было обнаружено четыре вида зеленых водорослей, а под слоем шлака и пепла на глубине 110–120 см, на грани-

це с почвой – 18 видов. Имеются данные о влиянии пирогенного фактора на почвенную альгофлору на участках леса, где проводили отжиг нефти или газа [4]. На пирогенных участках было обнаружено довольно интенсивное развитие водорослей, включая представителей цианобактерий (ЦБ), зеленых, желтозеленых и диатомовых водорослей.

Целью работы являлось изучение влияния пирогенного фактора на почвенную альгофлору.

Пробы отбирались в сентябре 2018 г. районе 15 корпуса университета на высоком берегу р. Вятки. В летний период на данной территории отдыхающие жгут костры, следы от которых сохраняются длительное время. Пробы для исследования были взяты на месте бывшего костра в центральной его части и периферической. Контроль – почва в удалении от костра. Почва дерново-подзолистая супесчаная. Пробы отбирались с соблюдением требований к микробиологическим анализам. Видовой состав альгофлоры выявляли прямым микроскопированием почвы и постановкой чашечных культур со стеклами обростания [5].

В почвенной пробе с центральной части кострища при прямом микроскопическом изучении были найдены мертвые клетки диатомовых водорослей и отмечен начальный рост ЦБ *Phormidium autumnale*. В пробе, взятой с периферической части, были отмечены живые клетки ЦБ: *Leptolyngbya foveolarum*, *L. angustissima*, *Phormidium autumnale*, *Nostoc punctiforme*.

Через 10 дней культивирования в пробе с центральной части кострища были отмечены представители ЦБ: *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Microcoleus vaginatus*, *Nostoc punctiforme*. В пробе с периферической части развивались ЦБ: *Leptolyngbya angustissima*, *L. foveolarum*, *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Microcoleus vaginatus*, *Nostoc punctiforme*; диатомовые водоросли: *Luticola mutica*, *Navicula pelliculosa*; зеленая водоросль *Chlorella vulgaris*, и желтозеленая нитчатая водоросль *Xanthonema exile*.

В почве контрольного участка была выявлена более разнообразная альгофлора: *Leptolyngbya angustissima*, *L. foveolarum*, *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Ph. formosum*, *Microcoleus vaginatus*, *Nostoc punctiforme*, *Tolypothrix tenuis*, *Luticola mutica*, *Navicula pelliculosa*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia palea*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Klebsormidium flaccidum*, *Xanthonema exile*.

Было изучено воздействие сжигания соломы на полях на развитие водорослей. Верхний слой почвы с обгоревшего пласта был помещен в чашку Петри. Наблюдали развитие водорослей и ЦБ (табл.). Появление водорослей было отмечено через 3 недели после постановки культуры. Первыми появились диатомовые водоросли, затем зеленые и ЦБ. Развитие водорослей происходило медленно (табл.).

**Последовательность развития водорослей в почве,
подвергнутой сжиганию соломы**

Виды водорослей	15 мая	25 мая	13 июня	21 июня	25 ию- ля	31 ок- тября
<i>Cylindrospermum licheniforme</i>	–	–	–	+	+	+
<i>Nostoc punctiforme</i>	–	–	–	–	–	+
<i>Phormidium corium</i>	–	–	+	+	+	+
<i>Phormidium henningsii</i>	–	–	–	–	–	+
<i>Pseudanabaena catenata</i>	–	–	–	–	+	+
<i>Leptolyngbya foveolarum</i>	–	–	–	+	+	+
<i>Chlamydomonas gloeogama</i>	–	–	+	+	+	+
<i>Klebsormidium nitens</i>	–	–	+	+	+	+
<i>Klebsormidium flaccidum</i>	–	–	+	+	+	+
<i>Luticola mutica</i>	–	–	+	+	+	+
<i>Luticola nivalis</i>	–	–	+	+	+	+
<i>Pinnularia borealis</i>	–	–	+	+	+	+
<i>Pinnularia intermedia</i>	–	–	+	+	+	+
<i>Hantzschia amphioxys</i>	–	–	+	+	+	+
<i>Nitzschia palea</i>	–	–	–	+	+	+
<i>Characiopsis minima</i>	–	–	–	–	–	+
Всего видов	0	0	9	12	13	16

Пирогенный фактор оказал неблагоприятное воздействие на почвенные водоросли. Происходит гибель клеток водорослей и ЦБ в зоне горения. Заселение пирогенных участков идет медленно.

Библиографический список

1. Гапочка Л. Д. Об адаптации водорослей. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1981. 80 с.
2. Гайсина Л. А. Биология и экология *Xanthonema exile* (Klebs) Silva (Xanthophyceae, Chrysophyta) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2000. 17 с.
3. Кузякина Т. И., Штина Э. А. Колонизация вулканических пеплов микроорганизмами // Тез. докл. 6 делегат. Съезда Всесоюз. О-ва почвоведов. Тбилиси, 1981. Кн. 2. С. 148.
4. Неганова Л. Б., Шилова И. И., Штина Э. А. Альгофлора техногенных песков нефтегазодобывающих районов Среднего Приобья и влияние на нее нефтяного загрязнения // Экология. 1978. № 3. С. 29–35.
5. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М. : Наука, 1976. 143 с.

ФИТОПЛАНКТОН ПОЙМЕННЫХ ОЗЕР НА ТЕХНОГЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Л. В. Кондакова^{1,2}, Е. В. Дабах²

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

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

На территории, испытывающей техногенную нагрузку, проведено исследование фитопланктона пойменных озер. По видовому разнообразию преобладали зеленые водоросли. Массовое их развитие в условиях низкого паводка вызвало «цветение» воды. Были отмечены представители таксономических групп Bacillariophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta и Cyanobacteria.

Ключевые слова: пойменные озера, фитопланктон, видовое разнообразие, водоросли, цианобактерии.

Водоросли населяют все «живые» водоемы, формируя три сообщества: планктон (во взвешенном состоянии в толще воды); бентос (заселяют дно водоема); перифитон (живут на поверхности погруженных в воду предметов и высших растений). Будучи фототрофными организмами, они создают органическое вещество, с которого начинаются пищевые цепи в водоеме. Водоросли участвуют в самоочищении воды, выделяя кислород и таким образом стимулируя активность бактерий и инфузорий-деструкторов.

Водоросли, формирующие планктон, весьма разнообразная и таксономически богатая группа организмов. Их видовой состав и численность находятся в зависимости от количества и состава веществ, поступающих в водоемы. Следствием массового развития водорослей является «цветение» воды.

Исследования проводились в пойме р. Вятки на водоемах ежегодно в той или иной степени промываемых во время весеннего половодья водами реки.

Альгофлора р. Вятки изучалась Э. А. Штиной [1]. По результатам исследований, проведенным в 1936 г., были выявлены следующие особенности фитопланктона р. Вятки: доминирование в течение всего вегетационного периода диатомовых водорослей (*Melosira* и *Asterionella*); весной и осенью массовое развитие золотистых водорослей (*Dinobryon*, *Synura*); летнее «цветение» воды, вызванное цианобактериями (виды *Anabaena*, *Aphanizomenon*); значительное разнообразие и высокая численность зеленых водорослей; существенная роль десмидиевых водорослей (*Closterium*, *Cosmarium*, *Staurastrum*). Через 60 лет автором были отмечены резкие изменения состава фитопланктона. Если в весеннем фитопланктоне в прошлом доминировали диатомовые водоросли, то в конце 90-х годов они разделяли доминирование с зелеными водорослями. Было отмечено уменьшение численности золотистых водорослей, характерных для чистых вод. Состав доминантов летнего фитопланктона был представлен зелеными водорослями. Они быстро размножаются при наличии доступного азота, многие из них способны к миксотрофному питанию, поэтому активно участвуют в самоочищении воды. В планктоне увеличилось число альфа- и бетамезо-

сапробных видов и уменьшилось число олигосапробов. Исчезли или стали малочисленными многие группы планктона, свойственные чистой воде (десмидиевые и золотистые водоросли). По видовому разнообразию в составе водорослей реки Вятки преобладали зеленые (Chlorophyta), диатомовые (Bacillariophyta), цианобактерии (Cyanobacteria), желтозеленые (Xanthophyta) водоросли.

В районе г. Кирово-Чепецка р. Вятка сформировала обширную пойму с многочисленными пойменными озерами типичной серповидной формы. Морфометрические и гидрохимические показатели озер в значительной степени определяются антропогенной нагрузкой, характерной для пригородной промышленной зоны. Пойменные озера в паводок связаны с р. Вяткой. После весеннего половодья развитие биоты продолжается в условиях относительно обособленного водоема. Вследствие поступления загрязненных подземных вод начинается постепенный подъем границы высокой минерализации воды, роль техногенного (и антропогенного) фактора в формировании биоценоза пойменных озер со временем становится все более значимой.

Целью настоящей работы являлось изучение экологического состояния озер в пойме р. Вятки, испытывающих техногенную нагрузку. Исследования проводились на двух пойменных озерах, расположенных вблизи хвостохранилищ химических предприятий. Пробы воды для изучения альгофлоры отбирались в августе 2015–2019 гг. из поверхностного слоя (0–5 см). В воде определяли электропроводность, содержание аммонийного и нитратного азота. Пробы концентрировали путем отстаивания и осаждения. Видовой состав фитопланктона изучался под микроскопом при увеличении в 400 раз.

Результаты химического анализа показали, что состав воды в поверхностных слоях пойменных озер (в т. ч. содержание биогенных элементов) зависит от паводка и степени промывания озер, соответственно, варьирует в широких пределах. Электропроводность отражает концентрацию солей в воде (рис.). В изучаемых водоемах высокая минерализация воды зависит главным образом от содержания нитрата аммония, причем в озере 1 вклад этой соли в общую минерализацию значительнее. Максимальная электропроводность за время наблюдений была выявлена в 2019 г. в озере 1, поскольку паводок в этом году был небольшой, и мощность смытого слоя составляла всего 10 см, в то время как на озере 2 она достигала 40 см.

В изученных пойменных озерах видовое разнообразие фитопланктона в целом невысокое (табл.).

За период исследований были отмечены представители следующих таксономических групп: Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanobacteria, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta.

Наибольшее число видов в озере 1 было отмечено в 2015 и 2017 гг., в озере 2 – в 2017–2018 гг. Наименьшее видовое разнообразие отмечалось в 2016 г., когда водоемы промывались чистыми водами р. Вятки почти до дна, и в 2019 г., когда влияние паводка на состав воды в озерах было минимальным.

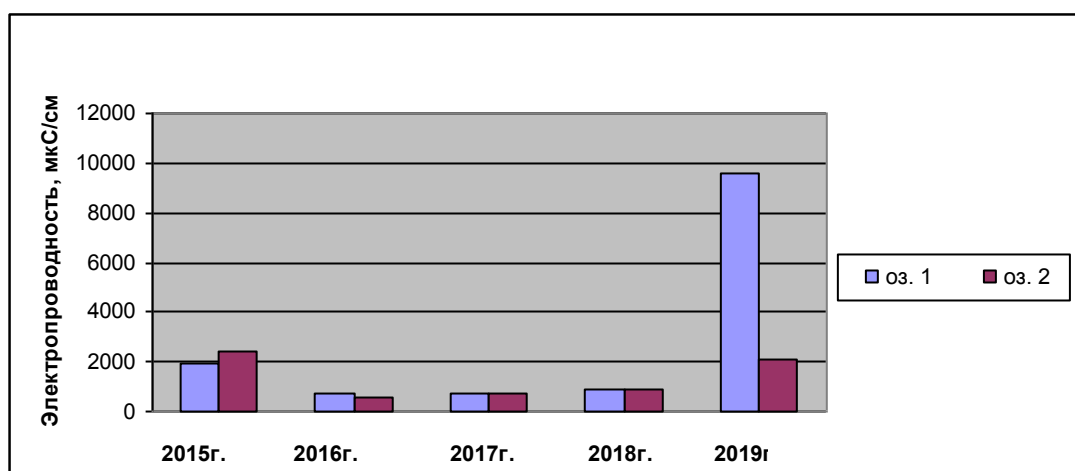


Рис. Электропроводность поверхностного слоя воды в пойменных озерах во время отбора проб

Таблица

Число видов фитопланктона в пойменных озерах

	Год	Chlorophyta	Bacillariophyta	Суанобактерия	Другие отделы	Всего
Озеро 1	2015	13	3	2	1	19
	2016	10	2	0	0	12
	2017	12	4	0	2	18
	2018	9	4	0	0	13
	2019	7	2	0	0	9
Озеро 2	2015	7	1	1	0	9
	2016	6	1	2	0	9
	2017	12	1	0	1	14
	2018	12	3	0	0	15
	2019	7	1	1	0	9

В соответствии с результатами исследований, проведенных Э. А. Штиной в 90-е годы, через 30 лет, по-прежнему, в пойменных водоемах бассейна р. Вятки по видовому разнообразию преобладали зеленые водоросли – бетамезосапробы – индикаторы слабого загрязнения вод: *Ankistrodesmus closterioides*, *Coelastrum microporum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Sc. acuminatus*, *Crucigenia tetrapedia*, *Lagerheimia ciliate*, *Keratococcus bicaudates* и др. Эта закономерность проявлялась в течение всех 5 лет наблюдений. Из диатомовых водорослей встречались *Nitzschia acicularis*, *Nitzschia palea*, виды родов *Navicula*, *Pinnulria*. Участие цианобактерий (ЦБ) в фитопланктоне данных озер незначительное. В 2015 г. в озере 1 наблюдали развитие ЦБ *Aphanizomenon flos-aquae*, способной вызывать «цветение» воды, однако этот эффект визуально не проявлялся. В озере 2 в 2016 г. отмечены ЦБ рода *Microcystis*, в 2019 г. – *Phormidium* sp. Данные виды ЦБ широко распространены в пресных водоемах умеренного климата.

В 2019 г. в условиях, когда смыв поверхностного слоя воды в паводок был крайне малым, впервые на озере 1 наблюдали «цветение водоема» – поверхность воды была зеленого цвета. Для объяснения этого явления с поверхности озера 1 была отобрана и изучена под микроскопом проба воды. Окраши-

вание было обусловлено массовым развитием азотолюбивых зеленых водорослей: *Ankistrodesmus closterioides*, *Chlamydomonas* sp., *Chlorella vulgaris*, *Keratococcus bicaudatus*, *Keratococcus raphidioides*, *Scenedesmus quadricauda* и др. В 2019 г. концентрация азота в поверхностном слое воды была на порядок выше, чем в предыдущие годы, что и спровоцировало массовое развитие фитопланктона.

Таким образом, результаты мониторинга видового разнообразия фитопланктона в пойменных озерах показали, что в составе альгофлоры преобладали зеленые водоросли. Были отмечены представители таксономических групп Bacillariophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta и Cyanobacteria.

Какой-либо зависимости между электропроводностью воды и видовым разнообразием фитопланктона не выявлено. Однако можно отметить, что в условиях невысокого паводка, сопровождающегося увеличением концентрации биогенных элементов (азота) и, соответственно, электропроводности воды в водоеме 1, на фоне сокращения количества видов фитопланктона происходит массовое развитие азотолюбивых зеленых водорослей, наблюдается «цветение» водоема.

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

Библиографический список

1. Штина Э. А. Флора водорослей бассейна реки Вятки. Киров, 1997. 91 с.

МИКРООРГАНИЗМЫ ИЗ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАК ОСНОВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФЕНОЛА

*Т. Н. Кувичкина¹, Е. Н. Капаруллина¹, Н. В. Доронина¹,
А. А. Макаренко², А. Н. Решетлов¹*

¹ *Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина
ФИЦ ПНЦБИ РАН, kuv@ibpm.pushchino.ru*

² *ООО Эмульсионные технологии, sansuno@mail.ru*

Из почвы промзоны г. Самара выделили три штамма микроорганизмов (Leto, Zima и САВ-1), способных к окислению фенола. Секвенирование генов 16S рНК штаммов Leto и Zima выявило высокое сходство с представителями родов *Rhodococcus* и *Pseudomonas*, соответственно. Штамм САВ-1 на основании секвенирования гена 26S рНК (D1/D2 регион) принадлежит к роду *Candida*.

Ключевые слова: *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Candida*, фенол, биосенсор амперометрический, кислородный электрод.

Фенолы широко распространены среди веществ, поступающих в поверхностные воды со стоками промышленных предприятий. Фенол относится к высокотоксичным веществам, ПДК которого в воде составляет 0,001 мг/л. Наиболее перспективным методом утилизации его является биоремедиация, что обуславливает интерес к поиску новых штаммов деструкторов фенола. Из почвы промзоны г. Самара на селективной среде с фенолом в качестве единственного источника углерода и энергии, выделили три чистые культуры.

Цель работы – выделение новых штаммов-деструкторов фенола, определение их филогенетического положения; применение биосенсорного метода для исследования свойств по окислению субстратов.

Пробу почвы из промышленной зоны г. Самара в количестве 1 г разводили в 10 мл физраствора. Серийные разведения высевали на агаризованную селективную синтетическую среду «Е», г/л: KH_2PO_4 – 8,7; NH_4Cl – 0,535; CaCl_2 – 1,11; $(\text{NH}_4)\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$ – 0,0618; $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,1197; Na_2SO_4 – 0,142; агар (Vasto-agar «Difco», USA) – 5,0; фенол – 0,25. Среду стерилизовали автоклавированием в режиме 0,5 атм в течение 30 минут. Накопительные культуры выдерживали в термостате при 28 °С до появления колоний. Полученные колонии пересеивали на скошенную агаризованную среду Е и микроскопировали для определения чистоты культуры. Секвенирование генов новых изолятов проводили как описано ранее [1]. Для работы на биосенсоре клеточные суспензии получали смывом с агаризованной среды с фенолом, затем центрифугировали при 10000 g в течение 3 мин при комнатной температуре. Клетки отмывали дважды 30 мМ калий-фосфатным буфером, рН 7,4. Имобилизацию клеток изолятов осуществляли методом физической адсорбции. Для этого отмывую клеточную суспензию, содержащую 10 мкл калий-фосфатного буфера (30 мМ, рН 7,4) с 1 мг сырой биомассы, наносили на полоску хроматографической стеклобумаги («Whatman GF/A», Великобритания), формируя пятно диаметром 5 мм. Пятно подсушивали при комнатной температуре в течение 20 мин. Биорецептор на основе иммобилизованных клеток (ИМК) фиксировали на измерительной поверхности кислородного электрода типа Кларка («Кронас», Россия) с помощью нейлоновой сетки. Измерения проводили в калий-фосфатном буферном растворе (30 мМ, рН 7,4), насыщенном кислородом, при комнатной температуре в открытой кювете объемом 2 мл с помощью потенциостата РС-Micro («Кронас», Россия). Регистрируемым параметром являлась максимальная скорость изменения выходного сигнала dI/dt (нА/с), связанная пропорциональной зависимостью со скоростью изменения концентрации потребленного кислорода (ответ биосенсора). Объем пробы субстратов составлял 100 мкл.

Из почвы промзоны г. Самара на агаризованной селективной среде Е с фенолом в качестве единственного источника углерода и энергии выделили три штамма – Leto, Zima и САВ-1.

Филогенетический анализ нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК показал, что исследуемый штамм Leto имеет высокое сходство с представителем рода *Rhodococcus*: 99,7% с *Rh. gordoniae* W4937^T, что позволяет нам отнести данный штамм к этому виду. Известно, что *Rh. gordoniae* W4937^T, впервые выделен в 2004 г. в Великобритании из почвы загрязненной фенолом [2].

Изолят Leto представлен грамположительными неподвижными короткими палочками ($1,8 \times 3,0$ мкм). Оптимально растет при 28–37 °С и рН 7,5 с 0,25 г/л фенола в качестве единственного источника углерода и энергии, а также использует широкий спектр полиуглеродных субстратов (углеводы, спирты и органические кислоты) без агрегации клеток и выделения пигмента в среду, ингибируется 5% NaCl.

Для изучения влияния концентраций фенола на потребление кислорода ИмК штамма Leto концентрации субстрата варьировали от 25 до 500 мкМ. На рисунке 1 представлена градуировочная зависимость ответов биосенсора на основе *Rh. gordoniae* Leto от концентрации фенола.

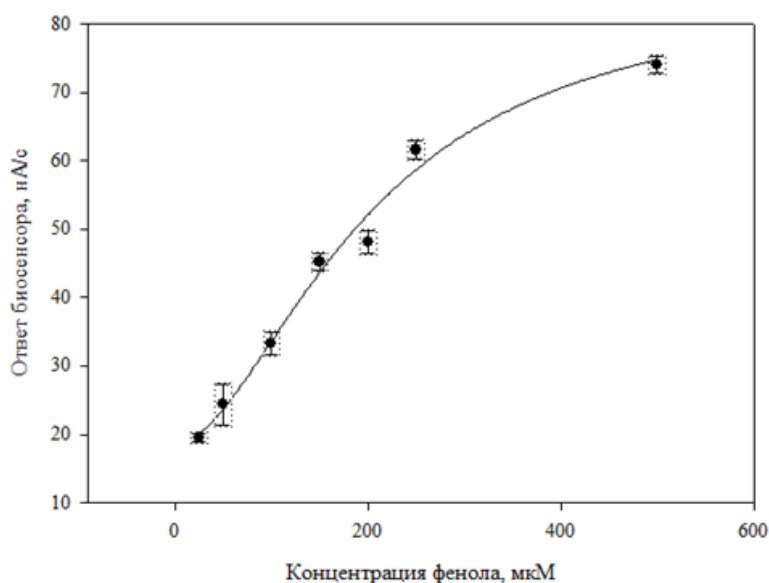


Рис. 1. Градуировочная зависимость ответов биосенсора на основе штамма *Rh. gordoniae* Leto от концентрации фенола

Скорость деградации фенола повышалась по мере повышения его концентрации до 500 мкМ.

На рисунке 2 представлена оценка субстратной специфичности.

Показано, что наибольшие значения величины ответов биосенсора наблюдались при введении в кювету фенола и его близкого по структуре соединения – катехола (1,2-дигидроксибензол, орто-диоксибензол).

Секвенирование гена 16S рРНК другого штамма Zima выявило его высокое сходство с *Pseudomonas monteilii* CIP 104883 (99,9%) [3], что дало основание отнести изолят к известному виду, для которого ранее способность к окислению фенола не показывали. Штамм Zima представлен грамотрицательными палочками ($2,5 \times 4,0$ мкм), размножающимися бинарным делением и располагающиеся преимущественно в парах. Оптимумом температуры для культуры *Ps. monteilii* Zima является диапазон 28–30 °С, что согласуется с литературными данными, для типового представителя этого вида [3].

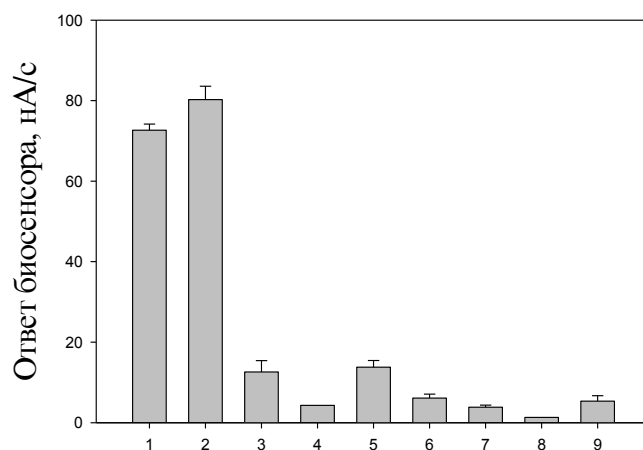


Рис. 2. Субстратная специфичность биосенсора на основе штамма *Rh. gordoniae* Leto. Субстраты: 1 – фенол; 2 – катехол; 3 – D-сорбит; 4 – L(-) арабит; 5 – D-глюкоза; 6 – D(+)-целлобиоза; 7 – α-кетоглутаровая кислота; 8 – янтарная кислота; 9 – DL-лизин гидрохлорид

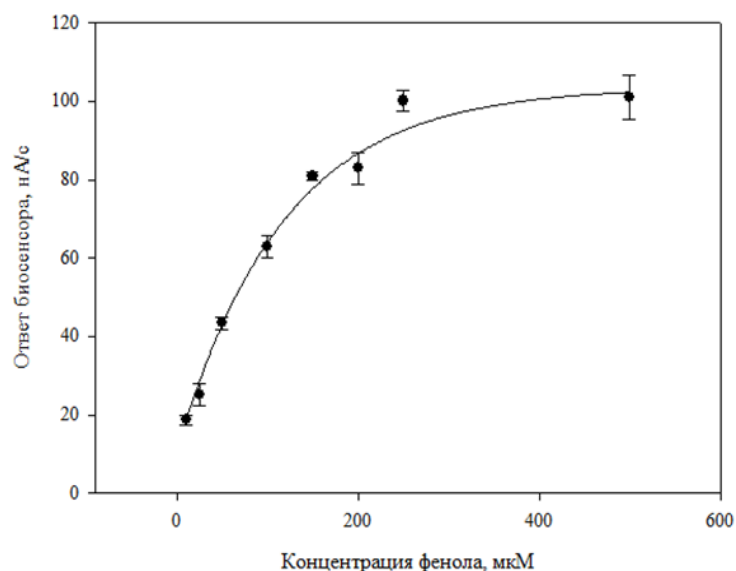


Рис. 3. Градуировочная зависимость ответов биосенсора на основе штамма *Ps. monteilii* Zima от концентрации фенола

На рисунке 3 представлена градуировочная зависимость ответов биосенсора на основе штамма *Ps. monteilii* Zima. Показано, что скорость окисления фенола повышалась в диапазоне концентрации фенола от 10 до 200 мкМ.

Далее проводили оценку субстратной специфичности биорецептора на основе иммобилизованных клеток *Ps. monteilii* Zima (рис. 4).

Ответы биосенсора на разные субстраты различались, наименьшие ответы получены при введении сахаров D- сорбита и L(-) арабита.

При микроскопировании третьего изолята САВ-1 наблюдали дрожжеподобные клетки. Большинство видов дрожжей можно идентифицировать на основании секвенирования домена D1/D2 на 5'-конце большой субъединицы (26S) рДНК.

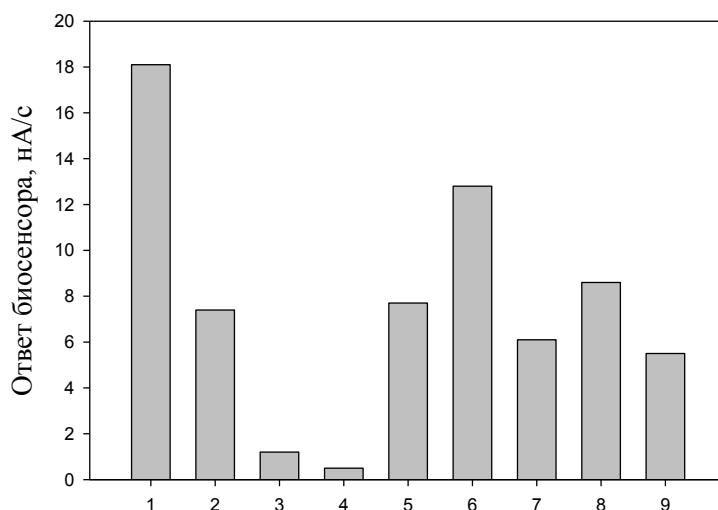


Рис. 4. Субстратная специфичность биосенсора на основе штамма *Ps. monteilii* Zima. Субстраты: 1 – фенол; 2 – катехол; 3 – D- сорбит; 4 – L(-) арабит; 5 – D-глюкоза; 6 – D(+)-целлобиоза; 7 – α -кетоглутаровая кислота; 8 – янтарная кислота; 9 – DL-лизин гидрохлорид

Филогенетический анализ нуклеотидной последовательности этого региона исследуемого штамма САВ-1 показал, что он имеет 100% сходство с видом *Candida sojae* JCM 1644^T. Типовой штамм этого вида впервые выделили в 1994 г. в Японии из жидкой фракции водорастворимых веществ обезжиренных соевых хлопьев [4]. Для изучения влияния концентраций фенола на потребление кислорода иммобилизованными клетками *C. sojae* САВ-1 концентрации субстрата варьировали от 10 до 300 мкМ. Градуировочная зависимость ответа биосенсора от концентрации фенола представлена на рисунке 5.

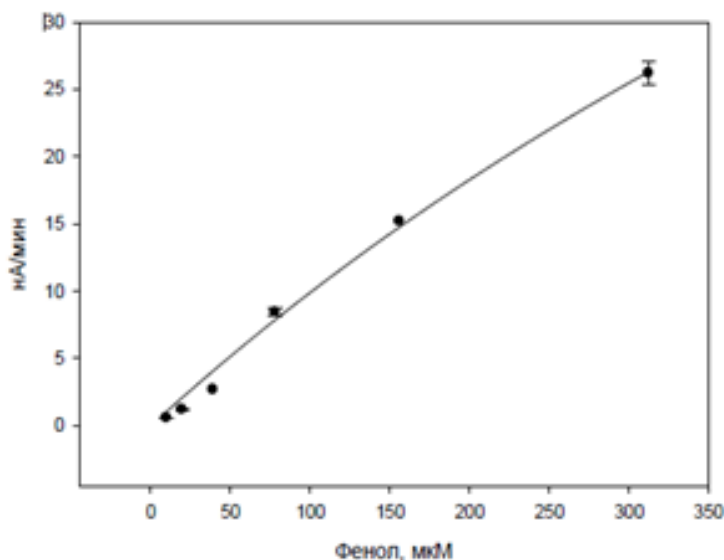


Рис. 5. Градуировочная зависимость ответов биосенсора на основе штамма *C. sojae* САВ-1 от концентрации фенола

Показано, что скорость окисления фенола повышалась с повышением концентрации в исследуемом диапазоне.

Таким образом, выделены и охарактеризованы три новых штамма, способных к окислению фенола, которые могут быть перспективны для применения в биотехнологии при создании биофильтров и биосенсоров.

Библиографический список

1. *Ogataea cecidiorum* sp. nov., a methanol-assimilating yeast isolated from galls on willow leaves / A. M. Glushakova, I. A. Maximova, A. V. Kachalkin et al. // *Antonie van Leeuwenhoek*. 2010. Vol. 98. P. 93–101.
2. *Rhodococcus gordoniae* sp. nov., an actinomycete isolated from clinical material and phenol-contaminated soil / A. L. Jones, J. M. Brown, V. Mishra, J. D. Perry, A. G. Steigerwalt, M. Goodfellow // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2004. Vol. 54. P. 407–411.
3. *Pseudomonas monteilii* sp. nov., isolated from clinical specimens / M. Elomari., L. Cololer, S. Verhille, D. Izard, H. Leclerc // *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1997. Vol. 47. No. 3. P. 846–852.
4. *Candida sojae*, a new species of yeast isolated from an extraction process of water-soluble substances of defatted soybean flakes / T. Nakase, M. Suzuki, M. Takashima, Y. Miyawa, K. Kagaya, Y. Furazawa, K. Komagata // *J. Gen. App. Microbiol.* 1994. Vol. 40. P. 161–169.

ПОИСК МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИТАМИНА В₂ ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ АНАЛИЗА

Т. П. Береснева, М. А. Загоскин, А. И. Фокина
Вятский государственный университет, usr21419@vyatsu.ru

В статье представлены результаты исследования возможности определения витамина В₂ методами спектрофотометрии и спектрофлуориметрии в культуральной жидкости почвенных цианобактерий. Установлено, что между величиной аналитического сигнала, получаемого обоими методами, и концентрацией рибофлавина в водном растворе существует тесная взаимосвязь.

Ключевые слова: витамин В₂, спектрофотометрия, спектрофлуориметрия.

Рибофлавин (витамин В₂) – один из наиболее важных водорастворимых витаминов, участник окислительно-восстановительных процессов в организме. Он входит в состав целого ряда важнейших ферментов, участвующих в тканевом дыхании, синтезе и усвоении белков, окислении углеводов, жиров у любых живых организмов. Рибофлавин распространен в растительных и животных продуктах [1]. Суточная потребность в витамине для взрослого человека составляет 2–2,5 мг. Витамин В₂ необходим не только человеку, но и обитателям почвы, деятельность которых определяет нормальное функционирование почвенной экосистемы в целом, в том числе при антропогенном воздействии на последнюю. Источником витамина В₂ могут быть почвенные цианобактерии (ЦБ). Кроме того, данные микроорганизмы являются продуцентами многих других полезных веществ [2]. В литературе описаны оптические, хроматографические, электрохимические методы определения рибофлавина, метод капиллярного электрофореза, химические методы, основанные на цветных реакциях, титриметрические методы определения витамина В₂ [3–9]. Однако, при всем много-

образии способов определения витамина В₂, оптические методы, основанные на взаимодействии электромагнитного излучения с веществом, являются самыми доступными и распространенными в учебных лабораториях. Однако методики определения витамина В₂ в культуральной жидкости (КЖ) ЦБ данными методами отсутствуют.

Поэтому целью работы стало исследование возможности определения витамина В₂ методами спектрофотометрии и спектрофлуориметрии в культуральной жидкости почвенных цианобактерий.

Для достижения цели была отработана методика определения витамина В₂ в модельных растворах, построены графики зависимости величин аналитического сигнала, получаемого на спектрофлуориметре и спектрофотометре, от концентраций рибофлавина в водном растворе и определена концентрация рибофлавина в культуральной жидкости цианобактерии *Fischerella muscicola* методами спектрофотометрии и спектрофлуориметрии.

Для построения калибровочных графиков использовали стандартный раствор витамина В₂ с концентрацией 10000 мкг/см³. Из данного раствора путем разбавления готовили серию рабочих растворов, содержащих от 0,00016 мкг до 20 мкг рибофлавина в 1 см³ раствора. Измерения проводили на спектрофотометре ПЭ–5300ВИ (Россия) и спектрофлуориметре RF–5301 РС (Япония). Для работы методом спектрофотометрии использовали длину волны 445 нм, измеряли оптические плотности растворов в кювете с толщиной светопоглощающего слоя 1,0 см относительно воды. Для работы методом спектрофлуориметрии использовали длину волны возбуждения 268 нм, измеряли спектры поглощения рибофлавина в кювете с толщиной светопоглощающего слоя 1,0 см. После установки градуировочных зависимостей, пределов обнаружения и диапазонов определяемых концентраций, методики были апробированы при определении концентрации витамина В₂ в КЖ цианобактерии *Fischerella muscicola* (выращенная на среде Громова № 6 без азота). Пробоподготовка была сделана по стандартной методике, применяемой для премиксов [10].

Установлено, что уравнение зависимости интенсивности флуоресценции от концентрации витамина в растворе имеет вид – $y = 75040x + 830,36$ ($R^2 = 0,99$), оптической плотности от концентрации – $y = 0,023x + 0,0022$ ($R^2 = 0,99$). Диапазон определяемых концентраций методом спектрофлуориметрии в растворах без их предварительного разбавления составил – 0,00016–0,08 мкг/см³, спектрофотометрии – 0,1–20 мкг/см³.

Установлено, что метод спектрофлуориметрии позволяет определять более низкие концентрации, чем метод спектрофотометрии. С его помощью удалось обнаружить концентрацию В₂ в культуральной жидкости *Fischerella muscicola*, которая оказалась равной 1,2 мг/дм³. В данных условиях не удалось обнаружить витамин методом спектрофотометрии.

Выводы. 1. Отработана методика определения витамина В₂ в модельных растворах методами спектрофлуориметрии и спектрофотометрии. Установлено, что между величиной аналитического сигнала, получаемого обоими методами, и концентрацией рибофлавина в водном растворе существует тесная взаимосвязь в диапазоне концентраций: для спектрофлуориметрии – 0,00016–0,08

мкг/см³, спектрофотометрии – 0,1–20 мкг/см³. Полученные данные говорят о большей чувствительности метода спектрофлуориметрии, чем спектрофотометрии.

2. Определена концентрация рибофлавина в культуральной жидкости культуры *Fischerella muscicola* методом спектрофлуориметрии. Она составила 1,2 мг/дм³.

Библиографический список

1. Стручкова И. В., Кальясова Е. А., Сеницына Ю. В. Рибофлавин и аскорбиновая кислота: физиологическая роль, качественный и количественный анализ : учебно-методическое пособие. Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2017. 25 с.
2. Биотехнологический потенциал почвенных цианобактерий (обзор) / С. В. Дидович, С. В. Москаленко, А. Д. Темралеева, С. А. Хапчаева // Вопросы современной альгологии. 2017. № 2 (14).
3. Шпичка А. И., Семенова Е. Ф., Кузнецова А. В. К вопросу определения рибофлавина в биотехнологическом сырье // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 1. С. 30–32.
4. ГОСТ EN 14152-2013. Продукты пищевые. Определение витамина В(2) с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. М. : Стандартинформ, 2014.
5. ГОСТ 30627.6-98. Продукты молочные для детского питания. Методы измерений массовой доли витамина В(2) (рибофлавина). М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.
6. ГОСТ 29139-91. Мука, хлеб и хлебобулочные изделия пшеничные витаминизированные. Метод определения витамина В(2) (рибофлавина). М. : Стандартинформ, 2007.
7. ГОСТ 31483-2012. Премиксы. Определение содержания витаминов: В(1) (тиамин-хлорида), В(2) (рибофлавина), В(3) (пантотеновой кислоты), В(5) (никотиновой кислоты и никотинамида), В(6) (пиридоксина), В(с) (фолиевой кислоты), С (аскорбиновой кислоты) методом капиллярного электрофореза. М. : Стандартинформ, 2012.
8. Слепченко Г. Б., Мартынюк О. А., Шелеметьева О. В. Разработка методик определения в грудном молоке витаминов группы В // Известия Томского политехнического университета. 2008. № 3. С. 58–61.
9. Чиркин, А. А., Горовая М. В. Рибофлавин: биологические, медицинские и экологические аспекты // Ученые записки ОУ «ВГУ им. П. М. Машерова». Естественные науки. Химия. 2004. Т. 3. С. 244–258.
10. ГОСТ 32042-2012. Премиксы. Методы определения витаминов группы В. М. : Стандартинформ, 2014.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛАУКОНИТА И БЕТУЛИНА В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТОВ ЗУБНЫХ ПАСТ

А. В. Малышева¹, С. Н. Громова², Е. П. Колеватых², Н. В. Сырчина¹

¹ *Вятский государственный университет, talysheva.lina.97@mail.ru*

² *ФГБОУ ВО Кировский ГМУ МФ РФ*

В статье приведены результаты клинических исследований влияния добавок глауконита и бетулина на гигиеническую эффективность зубной пасты. Установлено, что глауконит и бетулин в составе зубной пасты проявляют противовоспалительные свойства. Очищающий эффект у зубной пасты с глауконитом выше, чем у пасты с бетулином. Результаты исследований дают возможность рассматривать исследуемые компоненты, как альтернативу фторидам.

Ключевые слова: зубные пасты, глауконит, бетулин, противовоспалительные свойства.

Зубные пасты (ЗП) относятся к важнейшим средствам, применяемым для индивидуальной гигиены полости рта. Согласно ГОСТ 7983-99 [1], ЗП представляют собой многокомпонентные системы, включающие абразивные, связующие, влагоудерживающие, ароматические вещества и воду. Кроме основных компонентов, в состав ЗП могут входить поверхностно-активные, лечебно-профилактические, вкусовые и консервирующие добавки. Благодаря соответствующим добавкам ассортимент, органолептические характеристики и функциональная нагрузка зубных паст существенно расширяются. До сих пор только зубные пасты с фторидами имеют наиболее выраженный противокариесный и противовоспалительный эффекты [2, 3]. В работах Г. Р. Бадретдиновой, В. А. Румянцева, С. Д. Арутюнова и других ученых показано, что важнейшим звеном патогенеза этих заболеваний является нарушение в полости рта кислотно-основного равновесия (КОР), обусловленного, чаще всего, нарушением экологического баланса между представителями паразитирующей микрофлоры зубного и язычного налета.

В настоящее время при проектировании составов ЗП большое внимание уделяется поиску новых биологически активных компонентов, включение которых в состав ЗП позволит получить эффективные инновационные гигиенические продукты с заданными свойствами.

Цель настоящего исследования состояла в оценке возможности и перспектив включения глауконита и бетулина в состав зубных паст в качестве компонентов, позволяющих улучшить противовоспалительные и очищающие свойства соответствующих средств гигиены полости рта.

Для проведения исследований использовался глауконит Белозерского месторождения Саратовской области, выделенный методом магнитной сепарации из кварцево-глауконитовых песков. Содержание примесей в глауконите не превышало 5%.

Глаукониты относятся к природным алюмосиликатам осадочного происхождения. Минерал имеет слоистое строение, проявляет выраженные сорбционные и ионообменные свойства, обладает хорошей водопоглотительной способностью и термостойкостью. Месторождения глауконитов широко распространены, как в РФ, так и в других странах, однако состав этих минералов весьма разнообразен. Характерной особенностью саратовских глауконитов является низкое содержание токсичных элементов [4], что имеет принципиальное значение при решении вопроса о возможности включения их в состав ЗП. Используемый для выполнения исследований глауконит представлял собой тонкий негигроскопичный порошок светло-зеленого цвета с размером частиц менее 0,05 мм. Для размолла глауконита применялась шаровая мельница. Сорбционная емкость глауконита по воде составляла $145 \pm 5\%$; твердость по минералогической шкале $2,4 \pm 0,2$; плотность $2,5 \pm 0,2$ г/см³.

Вторым объектом, используемым для проведения исследований, был бетулин (тритерпеновый спирт ряда лупана). Бетулин является натуральным био-

логически активным веществом, содержащемся в коре березы. Интерес к практическому использованию этого соединения в фармакологии и косметологии обусловлен его выраженными репаративными, антиоксидантными, противомикробными и противовирусными свойствами [5].

Бетулин выделялся из березовой коры методом экстракции этиловым спиртом. Очистка производилась методом двукратной перекристаллизации из этанола. Готовый препарат представлял собой тонкий порошок кремового цвета, практически не растворимый в воде.

Изготовление опытных образцов зубной пасты проводилось в исследовательской лаборатории ООО «Орбита СП» (Кировская область, г. Кирово-Чепецк). Для выполнения исследований были приготовлены 2 варианта зубной пасты:

1 вариант: базовый состав компонентов+глауконит;

2 вариант: базовый состав компонентов+бетулин.

Базовый состав компонентов включал сорбитол, глицерин, SiO₂, H₂O, лаурилсаркозинат натрия, ароматизатор мятный, ксантановая камедь, сахаринат натрия, метилпарабен натрия, пропилпарабен натрия.

В исследовании приняли участие студенты 3 курса стоматологического факультета Кировского ГМУ (средний возраст 20,27±0,14 года). Было выделено 2 группы: одна использовала зубную пасту с глауконитом, а вторая с бетулином.

Осмотры и заборы проб слюны проводились на 1-ый и 21-ый день исследования до чистки зубов пастой без стимуляции.

Клиническая эффективность пасты оценивалась при помощи следующих индексов:

– очищающий эффект - индекс Грина-Вермильона (ИГР-У), РНР;

– оценка состояния периодонта – индекс GI.

Биологический материал получали из межзубного промежутка центральных резцов. Содержимое 10-кратно разводили. Амплификация, выделение и идентификация ДНК микроорганизмов осуществлялась методом ПЦР по методике «Проба ГС». Для исключения ложноотрицательных результатов учитывали показатель амплификации геномной ДНК человека (контроль).

Статистический анализ данных включал описание учетных признаков, оценку статистической значимости изменений изучаемых показателей за 21 день исследования, а так же кластерный анализ. Оценка нормальности распределения изучаемых количественных данных выполнена с помощью критерия Колмогорова-Смирнова и показала, что распределение изучаемых количественных признаков близко к нормальному ($p > 0,05$), что позволила использовать для описания количественных данных параметры нормального распределения – среднюю арифметическую (M) и ошибку репрезентативности средней ($\pm m$). Оценка статистической значимости изменений количественных данных за 21 день исследования выполнена с помощью парного критерия Стьюдента. Статистическая обработка выполнена с помощью программных пакетов Microsoft Excel и Statistica 10.0.

Результаты исследования. Клинически в группах, использующих зубные пасты с добавкой глауконита и бетулина, произошло улучшение индексов гингивита и очищающих способностей зубной пасты. Не смотря на практически одинаковые изменение в снижении воспаления, очищение лучше у зубной пасты с глауконитом. В микробиологическом исследовании было выделено 6 видов пародонтогенных бактерий: *Actinobacillus actinomicet*, *Porfiromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Tannerella forsythensis*, *Treponema denticola*, *Candida albicans*. По результатам исследования рост бактерий уменьшился. Общая обсемененность снизилась в обеих группах, но более (на 93,46%) – при использовании пасты с глауконитом. Практически на 99% снизилось содержание всех патогенных микроорганизмов при использовании пасты с глауконитом. У пасты с бетулином менее выражен этот эффект и наблюдался даже рост *Candida albicans* на 38%. Воздействие на *Porfiromonas gingivalis* так же одинаково, редукция их количества составила 99%.

При проведении кластерного анализа в группах, произошло разделение на 3 кластера, зависящих от степени активности кариозного процесса.

Это клинически подтверждает антибактериальный эффект бетулина и глауконита. К сожалению, из-за малого количества обследуемых и времени наблюдения, не получены статистически значимые результаты.

Выводы. В результате проведенного исследования, оба компонента глауконит и бетулин проявили свои противовоспалительные свойства, хотя очищение лучше у зубной пасты с глауконитом. Это дает возможность рассматривать исследуемые компоненты, как альтернативу фторидам.

Библиографический список

1. ГОСТ 7983-99 Пасты зубные. Общие технические условия (с Поправкой). М. : ИПК Изд-во стандартов, 2000. 53 с.
2. Хамидуллина Г. Р., Громова С. Н., Румянцев В. А. Анализ действия зубных паст с разной концентрацией фторидов на гигиену полости рта // Молодежь и медицинская наука : материалы II межвузовской науч.-практ. конф. молодых ученых. 2014. С. 160–162.
3. Громова С. Н., Румянцев В. А. Влияние современных средств гигиены на микробный, кислотно-основной и минеральный баланс в полости рта // Стоматология. 2012. Т. 91. № 2. С. 16–19.
4. Богатырёва Н. Н., Сырчина Н. В., Терентьев Ю. Н. Использование глауконита для модификации свойств аммиачной селитры // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2018. С. 131–134.
5. Сергеев Д. В. Клинико-экспериментальная оценка противовоспалительных свойств бетулина : автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб. : 2012. 20 с.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА МИКРОВОДОРОСЛЯМИ *CHLORELLA VULGARIS*

*А. В. Гогонин*¹, *Т. Н. Щемелинина*², *В. А. Лукьянов*³

¹ *Институт агробиотехнологии ФИЦ Коми научного центра УРО РАН,
algogonin@gmail.com*

² *Институт биологии ФИЦ Коми научного центра УРО РАН,
shemelinina@ib.komisc.ru*

³ *ООО «АЛЬГОТЕК», lukyanov27@mail.ru*

Представлены результаты исследования по применению штаммов микроводорослей в процессах очистки сточных вод лесопромышленного комплекса. В эксперименте было использовано два штамма зеленых микроводорослей *Chlorella vulgaris* под регистрационными номерами С-111 и В1N (зарегистрированы в коллекции Института физиологии растений РАН). Исследована эффективность микроводорослей в снижении концентрации железа (Fe^{2+}), алюминия (Al^{3+}), нитрит-иона (NO_2^-) и общего азота ($N_{общ.}$) в сточной воде.

Ключевые слова: лесопромышленный комплекс, поллютанты, очистка сточных вод, экобиотехнологические агенты, микроводоросли.

Эксплуатация природных ресурсов для производства продуктов и товаров сопровождается образованием различного типа отходов, к которым относятся и сточные воды. В зависимости от потребляемых ресурсов и производимых товаров сточные воды могут сильно различаться по химическому составу и причиняемому вреду окружающей среде, в частности водным экосистемам. Интенсивность распространения поллютантов в водоемах зависит от их типа, географического расположения и климата, но остается неизменным результат загрязнения – эвтрофикация и накопление ксенобиотиков в растениях и животных. Во избежание потенциальных негативных последствий, возникающих при сбросе стоков в водные объекты, реализуется система мероприятий по их очистке от загрязняющих веществ. На очистных сооружениях городского округа Сыктывкар сточные воды проходят несколько этапов очистки: механическая очистка от твердых и относительно крупных отходов, первичные отстойники, аэротенки с активным биологическим илом, вторичные отстойники, а также вода проходит через длинный канал с высшей водной растительностью перед сбросом в водную экосистему. В этом перечне, основным компонентом являются аэротенки с активным илом. Состав активного ила разнообразен и многокомпонентен. В него входят бактерии, грибы, простейшие, цианобактерии и микроводоросли.

В первую очередь в данном исследовании нас интересует обширная группа низших растений – микроводоросли, а именно представитель отдела зеленых микроводорослей (Chlorophyta) *Chlorella vulgaris*. Перспективность использования хлореллы в различных отраслях хозяйственной деятельности, в том числе пищевой, биотехнологической и фармацевтической, предполагалась достаточно

давно – еще в середине прошлого столетия [1, 2]. Исследования отечественных и зарубежных ученых показали, что биомасса микроводорослей хлорелла может культивироваться на сточных водах различного происхождения [3, 4]. При росте культуры одноклеточных водорослей в сточной воде происходит снижение количества загрязняющих веществ, биогенных элементов и патогенных микроорганизмов в стоках промышленных предприятий широкого спектра – текстильной, легкой и пищевой промышленности, а также муниципальных образований.

Цель работы: исследовать эффективность микроводорослей *Chlorella vulgaris* в снижении количества загрязняющих веществ в сточной воде лесопромышленного комплекса ионов железа и алюминия, нитрит-ионов и общего азота.

Количественный химический анализ всех проб, полученных во время проведения научно-исследовательской работы, был выполнен следующими методами: для определения общего азота – термокаталитическим окислением с хемилюминесцентным детектированием; для определения железа и алюминия – атомно-эмиссионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой; для определения нитрит-иона – фотометрией.

Длительность эксперимента составила четыре дня. Были исследованы два штамма *C. vulgaris* под индексами ИФР № С-111 и В1N в сточной воде. Оба штамма достаточно изучены и апробированы в качестве экобиотехнологических агентов [5].

Маточный раствор инокулятов культивировали на питательной среде Тамия до высококонцентрированной биомассы микроводорослей титром клеток не менее 10^9 кл/мл.

К двум литрам отфильтрованной воды в стеклянном хемостате добавляли 200 мл маточного раствора микроводорослей *C. vulgaris*. После чего через систему капилляров исследуемая вода барботировалась с одной стороны воздухом, а с другой – CO_2 . Процесс протекал под воздействием света газоразрядных ламп. Температурный режим поддерживался на уровне $30\text{ }^\circ\text{C}$. Каждый вариант исследований длился четверо суток в трех повторностях.

Усредненные полученные данные представлены в таблице.

Таблица 1

Концентрация загрязняющих веществ в сточной воде до и после внесения инокулятов

Загрязняющие вещества	Al^+ , мкг/дм ³		NO_2^- , мг/дм ³		$\text{N}_{\text{общ.}}$, мг/дм ³		Fe, мг/дм ³	
	ρ	U^*	ρ	U	ρ	$\pm\Delta^{**}$	ρ	U
Контроль	980	160	0,081	0,016	3,3	0,6	1,34	0,20
<i>C. vulgaris</i> C-111	540	90	0,030	0,006	2,0	0,4	0,68	0,10
<i>C. vulgaris</i> Bin	470	110	0,031	0,006	1,7	0,3	0,82	0,12

Примечание: $^*\pm\Delta$ – границы интервала абсолютной погрешности при $P=0,95$; $^{**}U$ – расширенная неопределенность, вычисленная с применением коэффициента охвата $k=2$.

В образцах с инокулятами происходило снижение алюминия от 45 до 62% по отношению к контролю. В пробах с инокулятами регистрировалось снижение железа от 37 до 50%. Общий азот и нитрит-ионы являются биогенными соединениями для микроводорослей, поэтому их снижение в сточной воде является вполне ожидаемо. Штамм С-111 снижал количество общего азота на 39%, нитрит-ионы на 63%, штамм Vin – на 48% $N_{\text{общ}}$ и NO_2^- на 61% по отношению к контролю.

Возвращаясь к вопросу снижения концентрации ионов железа: биоаккумуляция является более эффективным и экономически рентабельным методом изъятия токсичных металлов из окружающей среды в сравнении с применением физико-химических методов [6]. Биосорбция ионов тяжелых металлов клетками водорослей одна из самых высоких из-за строения их клеточной стенки, состоящей из волокнистой структуры и встроенной матрицы из различных полисахаридов. Алюминий в низких концентрациях может выступать стимулятором скорости роста микроводорослей [7], но при высокой концентрации ингибирует рост культуры.

Кроме того, фиксировалось изменение запаха сточной воды. До проведения эксперимента вода имела сильный запах сероводорода и органического разложения. В ходе проведения эксперимента запах воды постепенно уменьшался.

Таким образом, штаммы микроводорослей *Chlorella vulgaris* С-111 и VIN могут использоваться в качестве экобиотехнологических агентов для доочистки сточных вод от загрязняющих веществ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Разработка биокаталитических систем на основе ферментов, микроорганизмов и растительных клеток, их иммобилизованных форм и ассоциаций для переработки растительного сырья, получения биологически активных веществ, биотоплива, ремедиации загрязненных почв и очистки сточных вод № АААА-А17-117121270025-1.

Авторы выражают благодарность сотрудникам экоаналитической лаборатории Института биологии ФИЦ Коми научного центра УРО РАН за проделанную работу.

Библиографический список

1. Винберг Г. Г. Культивирование зеленых водорослей на сточных водах // Всесоюзное совещание по культивированию одноклеточных водорослей : тез. докл. Л. : Изд-во Ленинградского гос. ун-та им. А. А. Жданова, 1961. С. 20–24.
2. McGriff E. C., & McKenney R. E. Activated algae: A nutrient process // *Water & Sewage Works*. 1971. Vol. 11. P. 377–379.
3. Богданов Н. И. Биологическая реабилитация водоемов. Пенза : Изд-во РИО ПГСХА, 2008. 126 с.
4. Cultivation of green algae *Chlorella* sp. in different wastewaters from municipal wastewater treatment plant / L. Wang, M. Min, Y. Li, P. Chen, Y. Chen, Y. Liu, Y. Wang, R. Ruan // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2010. Vol. 162. P. 1174–1186. <https://doi.org/10.1007/s12010-009-8866-7>
5. Лукьянов В. А., Стифеев А. И. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе: монография. Курск : Изд-во Курской гос. сельскохозяйств. академии, 2014. 181 с.

6. Гоготов И. Н. Аккумуляция ионов металлов и деградация поллютантов микроорганизмами и их консорциумами с водными растениями // Экология промышленного производства. 2005. № 2. С. 34–37.

7. Упитис В. В. Макро- и микроэлементы в оптимизации минерального питания микроводорослей: учеб. пособие. Рига : Изд-во Зинатне, 1983. 240 с.

СЕКЦИЯ 5 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

ПОСТАГРОГЕННЫЕ СОСНЯКИ В ПОДЗОНЕ ЮЖНОЙ ТАЙГИ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. А. Березин^{1,2}, Н. П. Савиных²

¹ ООО «Форест», *bierozin77@mail.ru*

² Вятский государственный университет, *savva_09@mail.ru*

По общепринятым лесотаксационным характеристикам изучены и описаны особенности чистых сосновых лесов, сформировавшихся на месте длительно неиспользуемых сельскохозяйственных земель. Выявлена зависимость структуры древостоя от плотности стояния деревьев. Обоснована необходимость проведения в них рубок ухода. Намечены мероприятия по повышению продуктивности чистых постагроденных сосняков и перевода их в высокопродуктивные леса в связи с особенностями леса.

Ключевые слова: постагроденные леса, сосновые леса, воспроизводство лесов, молодняки, рубки ухода.

Проблеме постагроденных лесов – насаждений, сформированных на месте длительно неиспользуемых сельскохозяйственных земель, в последнее время уделяется особенно пристальное внимание Правительства Российской Федерации, научного сообщества и общественности. Для лесоразведения и развития лесного хозяйства пригодны около 50 млн га бывших сельхозземель, из которых около 30 уже представляют собой лес. Если на всех таких участках вести правильное лесное хозяйство, то в перспективе можно получать около 300 млн м³ древесины ежегодно и только в лесном хозяйстве создать и поддерживать около 100 тыс. постоянных рабочих мест» [1, 2]. Однако правовой статус этих лесов не определен; возможность на законных основаниях вести здесь продуктивное лесное хозяйство отсутствует; охрана от пожаров, вредителей, болезней и нарушений законодательно не предусмотрена [1].

Не является исключением в этом отношении и Кировская область. По данным сайта Гринпис России [2] поля на 1454 тыс. га не используются более трех лет, на 1081 тыс. га – более 20 лет, уже заросших лесом полей в Кировской области 2 535 000 га, что составляет 21% от всех сельскохозяйственных земель региона. Кировская область вошла в ТОП-10 Гринпис России как регион с климатическими условиями, благоприятными для интенсивного выращивания леса и с наибольшим потенциальным объемом заготовки древесины на не используемых в настоящее время сельскохозяйственных землях [2].

Принять документ о статусе лесов на землях сельхозназначения Президент РФ поручал еще в 2013 г. Минприроды летом 2019 года разработало поправки, которые по замыслу авторов должны были установить статус постагрогенных лесов [1]. Одним из поручений Президента РФ Правительству стало определение особенностей таких лесов с установлением возможностей осуществления всех видов использования их без необходимости изменения формы собственности на земельные участки и категории земель [3].

Цель данного исследования: дальнейшее изучение лесной растительности естественных сосновых молодняков, сформировавшихся на бывших землях сельскохозяйственного назначения, для обоснования возможности формирования на их основе полноценных высокопродуктивных лесов.

В соответствии с целью решали следующие задачи:

1. Выбрать и заложить пробные площади.
2. Провести лесотаксационное изучение растительности и определить тип лесорастительных условий в них.
3. Обосновать необходимые и возможные лесохозяйственные мероприятия для получения в дальнейшем полноценных высокопродуктивных лесов.

Полевые работы проводили осенью 2019 г. на бывших землях сельскохозяйственного назначения совхоза «Верхолиповский» в Верхошижемском районе Кировской области. Для подбора участков первоначально использовали сайт Публичной кадастровой карты Кировской области [4] и космические снимки свободного доступа с сайта SAS.Planeta [5]. Выбирали поля с разной степенью зарастания, по составу – чистые сосняки. Позднее – при наземном исследовании на месте глазомерно выбирали площадки с наиболее выраженной степенью продуктивности (по запасу, в м³/га), объективно отражающие продуктивность сообщества.

Объектами исследования стали участки, находящиеся на месте бывших полей между арендуемыми лесами ООО «Форест», рядом с кварталом 42 в урочище Быковщина. Это – места со сформировавшимися здесь чистыми по составу сосновыми лесами на месте сельскохозяйственных земель, не используемых по назначению в течение 18–26 лет. Всего было выбрано три участка:

1. Чистый по составу сосняк высокой густоты возрастом 18 лет, площадью 0,9 га с координатами N57°55997' E48°48257'.
2. Сосняк, чистый по составу, с густотой древостоя от среднего до редкого, возрастом 18 лет, с наличием редкого подроста ели, площадью 0,3 га с координатами – N57°56736' E48°47707'.
3. Чистый по составу сосняк, высокой густоты, 26 лет, с отсутствием подроста площадью 0,1 га; координаты N57° 56878' E48° 48606'.

В каждом из них для исследования были заложено по пробной площади размером 0,1 га (участок третий исследовали полностью).

В ходе работы использовали навигатор Garmin-62, буссоль финскую, мерную ленту металлическую 50 метров, мерную вилку алюминиевую, высотомер электронный финский, высотомер механический ВМ-1, возрастной бур, программу Абрис+, программный продукт МДОЛ, программу Base Camp,

картографию и планшеты ООО «Форест», изготовленные ООО «Лесной Проект» (г. Слободской), топор, лопату и бензопилу «Штиль».

Древостой всех участков оценили на пробных площадях по 15 признакам, учитывая возраст, породный состав, густоту, полноту, бонитет, подрост (наличие, густота), запас древесины в пересчете на 1 га и др. согласно традиционным [6] методикам (табл. 1). Густоту древостоя определяли [7] как плотность стояния деревьев в древостое, характеризующуюся числом деревьев на единице площади (1 га).

После лесотаксационного исследования провели по 3 почвенные раскопки на каждой пробной площади. Ямы размером 20x20 см и глубиной от 30 до 70 см. По результатам анализа определили, что все почвы относятся к сухим песчаным бедным подзолистым, соответственно тип лесорастительных условий на всех участках – сосняк лишайниковый (Л А1).

Анализ полученных данных показал (табл. 1), что все сообщества представлены сосняками лишайниковыми с единым типом лесорастительных условий, высокой численностью деревьев (от 930 до 2600 особей против 600–800 на 1 га в спелых сосняках).

Таблица 1

Лесотаксационные характеристики пробных площадей лесных участков

№ п/п	Лесотаксационные признаки	Участок № 1	Участок № 2	Участок № 3
1.	Площадь участка, га	0,9	0,3	0,1
2.	Площадь пробной площади, га и размер, м	0,1 50 x20	0,1 50 x20	0,1 50 x20
3.	Возраст, лет	18	18	26
4.	Тип леса/ТЛУ	Сосняк лишайниковый/А1	Сосняк лишайниковый/А1	Сосняк лишайниковый/А1
5.	Разнородность, по высоте	разнородный	разнородный	однородный
6.	Густота древостоя	густой	от среднего к редкому	густой
7.	Полнота	0,7	0,3–0,8	1,2
8.	Тип почвы	Сухая песчаная бедная подзолистая	Сухая песчаная бедная подзолистая	Сухая песчаная бедная подзолистая
9.	Толщина гумусного слоя, см	до 2 см	до 5 см	до 3 см
10.	Наличие подроста (вид, тыс. шт./га)	нет	Ель 1,0	нет
11.	Число деревьев общее, шт. на 1 га	2111	930	2600
12.	Количество деревьев отпада[4], штук на 1 га	820	90	880
13.	Количество деревьев отпада в % от общего	39	10	34
14.	Средняя высота, м	12	13	16
15.	Средний диаметр ствола на высоте 1,3 м, см	18	20	16
16.	Запас, м ³ /га /в т.ч. деловой	135/68	133/108	175/150
17.	Запас деловой древесины, %	50	81	86

Первый участок – чистый сосняк разнородный по высоте со средней густотой древостоя, высоким отпадом и небольшим процентом деловой древесины от общего запаса.

Второй участок – также чистый разнородный по высоте сосняк с густотой древостоя от среднего к редкому из-за сочетания частей с высокой полнотой (до 0,8) и совсем низкой (до 0,3). Пробная площадка включала обе эти части. С учетом небольшого отпада (10%) число живых деревьев на 1 га (840) приближается к верхней границе числа их в спелых лесах. Запас древесины здесь идентичен участку 1, но со бóльшей долей деловой древесины (81% против 50%).

Третий участок представлен сообществом с бóльшим возрастом (26 в отличие от 18). Это однородный по высоте густой сосняк с высокой полнотой, загущенный (2600 деревьев на 1 га) и высоким процентом отпада. Здесь бóльший не только общий запас древесины, но и деловой древесины в числовом и процентном соотношениях.

Таким образом, на месте заброшенного поля в течение 18 лет сформировалось полноценное сосновое сообщество 1 класса возраста с высокими запасами древесины. Очевидно, что эти участки естественным путем возникших молодняков загущены и нуждаются, как и молодняки при искусственном воспроизводстве лесов, в необходимых мероприятиях по уходу за ними. Поэтому для формирования высокопродуктивного соснового леса в этих сообществах необходимы лесохозяйственные мероприятия, аналогичные таковым при уходе за молодняками: рубки ухода (прочистки, прореживание) с удалением всех «отпавших», многовершинных, поврежденных и угнетенных деревьев с равномерной выборкой. Согласно «Правилам ухода за лесом» в лесах РФ [8], на первом и втором участках рекомендуем проводить рубки прочистки (табл. 2), направленные на регулирование густоты лесных насаждений и улучшение условий роста деревьев сосны, а также на продолжение формирования породного и качественного состава леса [8], а на участке 3 – рубки прореживания, направленные на создание в лесных насаждениях благоприятных условий для формирования стволов и крон лучших деревьев [8].

Таблица 2

Виды рубок ухода и значения выборки

№ п/п	Показатели	Участок № 1	Участок № 2	Участок № 3
1.	Площадь участка	0,9	0,3	0,1
2.	Возраст, лет	18	18	26
3.	Запас м ³ /га	135	133	175
4.	Вид рубки	Прочистки	Прочистки	Прореживание
5.	Выборка, %	30	20	25
6.	Выборка, м ³ /га	40,5	26,6	43,8
7.	Выборка, м ³ с участка	36,5	8,0	4,4
8.	Технология рубки	Узко пасечная		
9.	Способ рубки	Равномерный	Выборка больше на участках с высокой полнотой, и меньше с низкой	Равномерный

Технология рубки на всех участках независимо от возраста и густоты предлагается одинаковая – узко пасечная [9] методом равномерного разреживания, потому, что средняя высота древостоя у всех до 20 м. На всех участках – с достаточно высоким объемом выборки (от 26,6–43,8 м³), соизмеримым с выборкой в насаждениях лесных культур аналогичного возраста. Все рубки прочистки и прореживания должно проводить в соответствии с нормами и правилами ухода за лесом [8].

Отказ от лесохозяйственных мероприятий будет способствовать ухудшению санитарного состояния этих участков, повышению пожарной опасности, а также безвозвратной потере биологического ресурса.

Выводы. 1. На месте длительно неиспользуемых сельскохозяйственных земель с бедными почвами, неблагоприятными для ведения сельского хозяйства, но достаточными по основным характеристикам для развития сосняков, формируются типичные лесные сообщества этого типа.

2. Постагрогенные сосняки, чистые по составу, отличаются разной густотой при высоких показателях продуктивности насаждения.

3. В постагрогенных сосняках срочно необходимы лесохозяйственные мероприятия в виде соответствующих рубок ухода в молодняках при искусственном воспроизводстве лесов, что позволит на их основе формировать высокопродуктивные насаждения и дополнительно получать качественную древесину.

Библиографический список

1. Газета «Коммерсантъ» от 30.01.2020 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4235769> (дата обращения: 10.03.2020).
2. Карта неиспользуемых сельхозземель, потенциально пригодных для выращивания леса [Электронный ресурс]. – URL: https://maps.greenpeace.org/maps/-aal/?_ga=2.26374457.589707875.1583780697-65830103.1583780697 (дата обращения: 10.03.2020).
3. Перечень поручений по итогам заседания Совета по развитию гражданского общества и правам человека и встречи с уполномоченными по правам человека [Электронный ресурс]. – URL: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/62700> (дата обращения: 10.03.2020).
4. Публичная кадастровая карта Кировской области [Электронный ресурс]. – URL: <https://egrp365.ru/map/?kadnum=43:06:000000:78> (дата обращения: 10.03.2020).
5. SAS.Планета 190707.10011 Stable [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sasgis.org/2019/07/08/2864/> (дата обращения: 10.03.2020).
6. Наставление по отводу и таксации лесосек в лесах Российской Федерации. М., 1993. 71 с.
7. ГОСТ Р 56695-2015 Возобновляемые источники сырья. Лесные ресурсы. Термины и определения.
8. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 22 ноября 2017 г. № 626 «Об утверждении Правил ухода за лесами».
9. Технологии разработки лесосек [Электронный ресурс]. – URL: <https://helpiks.org/5-87439.html> (дата обращения: 10.03.2020).

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. А. Тетерин

Вятский государственный университет, teterin-andrej@yandex.ru

В статье приведен краткий анализ нормативных правовых актов, регламентирующих вопросы создания лесных культур, в том числе на территории Кировской области. Кратко описаны полезные функции лиственницы сибирской и актуальность ее применения при лесовосстановлении на территории Кировской области.

Ключевые слова: лиственница сибирская, лесные культуры, законодательство, продуктивность.

Все научные исследования, не реализуемые на практике и не внедряемые в жизнь человека, не имеют смысла. Это же суждение может в полной мере относиться и к вопросу изучения и создания лесных культур лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.) на территории Кировской области.

Лиственница сибирская обладает большим набором полезных свойств, качественной древесиной и высокой энергией роста. Многочисленные пробные площади, заложенные на территории области, показали ее высокую продуктивность [1]. Лиственница способна не только увеличить запасы лесных насаждений, но и разнообразить их по породному составу, усилить средообразующие функции [2].

Вместе с тем, согласно Лесному плану Кировской области, утвержденному Указом Губернатора Кировской области 29.12.2018 № 165, на 01.01.2018 на территории Кировской области произрастает всего 2,4 тыс. га лиственничных насаждений, в том числе молодняков – 1,5 тыс. га, средневозрастных – 0,4 тыс. га, приспевающих – 0,1 тыс. га, спелых и перестойных – 0,4 тыс. га. Средний возраст насаждений – 52 года.

Большинство данных лесных насаждений было создано в 1960-е годы путем посадки лесных культур в ходе исполнения приказа Министерства лесного хозяйства РСФСР «О мерах по внедрению лиственницы в лесные культуры и защитное лесоразведение» [2].

В настоящее же время, анализ мероприятий по лесовосстановлению на территории Кировской области показал незначительные объемы создания лесных культур лиственницы сибирской. Так, за период с 2015 по 2019 гг. объемы искусственного лесовосстановления составили 28 996,1 га. В числе основных древесных пород использовалась ель европейская и сосна обыкновенная. За указанный пятилетний период лесные культуры лиственницы сибирской создавались только в 2017 г. на территории Верхошижемского лесничества в объеме 11,3 га.

Вместе с тем, какого-либо запрета по созданию лесных культур лиственницы сибирской на территории Кировской области законодательством не предусмотрено.

Так, регулирование отношений в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов осуществляется лесным законодательством. В число данного законодательства входит Лесной кодекс Российской Федерации, принимаемые в соответствии с ним федеральные и региональные законы, нормативно правовые акты, регулирующие лесные отношения, принимаемые в пределах полномочий Правительством Российской Федерации, федеральными и региональными органами власти и Указы Президента Российской Федерации [3].

В статье 1 Лесного кодекса Российской Федерации перечислены основные принципы, среди которых – сохранение биологического разнообразия лесов, повышение их потенциала, улучшение качества лесов и их продуктивности.

Для реализации указанных принципов статьями 62 и 63 Лесного кодекса Российской Федерации предусматривается лесовосстановление и лесоразведение. Отличаются данные мероприятия в первую очередь целями и местом их проведения. Так лесовосстановление осуществляется в целях восстановления вырубленных, погибших, поврежденных лесов, а также сохранения полезных функций лесов, их биологического разнообразия. Лесоразведение осуществляется на землях, на которых ранее не произрастали леса, в целях предотвращения эрозии почв и других связанных с повышением потенциала лесов целях [3].

Как и во многих других отраслях хозяйственной деятельности, законодатель предусмотрел множество подзаконных нормативных правовых актов, детально регламентирующих требования законодательства.

Так, Правила лесовосстановления утверждены приказом министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 25 марта 2019 г. № 188 (далее – Правила). Согласно пункту 2 Правил лесовосстановление осуществляется естественным, искусственным или комбинированным способом. При искусственном способе лесовосстановлении создаются лесные культуры либо посев семян лесных растений.

Ввиду сложившихся определенных природно-климатических условий искусственное лесовосстановление на территории Кировской области традиционно осуществляется созданием лесных культур путем посадки сеянцев хвойных пород.

В соответствии с пунктом 41 Правил при искусственном лесовосстановлении главная лесная древесная порода выбирается из местных лесных древесных пород и должна отвечать целям лесовосстановления и соответствовать природно-климатическим условиям лесного участка [4].

Еще одним нормативным правовым актом, регламентирующим порядок лесовосстановления, являются Наставления по проведению лесовосстановительных работ в зоне хвойно-широколиственных лесов Европейской части РСФСР. Данные наставления утверждены министром лесного хозяйства РСФСР 04 ноября 1986 г., однако действуют и применяются в соответствии со статьей 13 Федерального закона от 04 декабря 2006 года № 201-ФЗ «О введении в действие Лесного кодекса Российской Федерации». В первом же абзаце вве-

дения Наставлений указано, что климатические и почвенные условия в зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части РСФСР благоприятны для выращивания высокопродуктивных насаждений, в том числе из таких ценных пород, как лиственницы европейская и сибирская [5, 6].

Согласно пункту 22 Наставлений культуры лиственниц европейской и сибирской, кедра сибирского и других интродуцентов создаются в регионе при наличии местного положительного опыта.

Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 августа 2014 г. № 367 утвержден перечень лесных районов Российской Федерации. В соответствии с данным перечнем в район хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации по территории Кировской области входит 12 муниципальных районов: Вятскополянский, Кикнурский, Кильмезский, Лебяжский, Малмыжский, Немский, Нолинский, Пижанский, Санчурский, Советский, Тужинский, Уржумский, Яранский муниципальные районы [7].

На основании вышесказанного, можно сделать следующие выводы.

1. Создание лесных культур лиственницы сибирской на территории Кировской области в полной мере соответствует основным принципам и требованиям лесного законодательства.

2. Применение лиственницы сибирской в воспроизводстве лесов Кировской области будет способствовать повышению производительности лесов, улучшению их породного состава, а также усилению защитных функций.

3. Использование лиственницы сибирской в лесных культурах на территории Кировской области незначительно, поэтому необходимо увеличение ее доли участия в общих объемах лесовосстановления.

Библиографический список

1. Тетерин А. А. Лиственница в Кировской области // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 25–27 нояб. 2008 г. Вып. 6. Ч. 1. Киров, 2008. С. 36–40.

2. Опыт выращивания лесных культур лиственницы в РСФСР. М. : Лесная промышленность, 1976. С. 104.

3. Лесной кодекс Российской Федерации.

4. Правила лесовосстановления, утвержденные приказом министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 25 марта 2019 года № 188.

5. Наставления по проведению лесовосстановительных работ в зоне хвойно-широколиственных лесов Европейской части РСФСР, утвержденные министром лесного хозяйства РСФСР 04 ноября 1986 года.

6. Федеральный закон от 04 декабря 2006 года № 201-ФЗ «О введении в действие Лесного кодекса Российской Федерации».

7. Перечень лесных районов Российской Федерации, утвержденный приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 августа 2014 года № 367.

СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМ ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

У. А. Стародумова, А. А. Крысов, И. А. Вартан
Вятский государственный университет, ia_vartan@vyatsu.ru

Статья посвящена характеристике ландшафтной структуры заказника «Былина». Актуальность данной работы обусловлена отсутствием комплексной изученности компонентов ландшафта данной особо охраняемой природной территории (ООПТ). Произведена классификация ПТК заказника. Выделены основные типы фаций в составе локальных типов местности.

Ключевые слова: локальные геосистемы, структура ландшафта, внутриландшафтная дифференциация, особо охраняемая природная территория (ООПТ).

Заказник «Былина» расположен на территории Опаринского и Подосиновского районов Кировской области и занимает площадь в 47623 га. Расположение на водоразделе Баренцева и Каспийского морей с преобладанием абсолютных высот в интервале 150–190 м создает естественные условия для высокой степени заболачивания территории вплоть до формирования в районе заказника одного из крупнейших болот – Кайского. Высокие показатели залесенности территории обуславливают интенсивную лесозаготовку, обычную для северных районов. Это может являться свидетельством довольно высокой степени техногенной трансформации ландшафтов на территории заказника.

Абсолютные высоты в пределах заказника варьируют от 188 до 145 м, а по урзу меженных уровней наиболее опущенных русел рек снижаются до 140 м. Относительные высоты изменяются в интервале не более 40–43 м, указывая на слабую расчлененность местного ландшафта. Орографические условия территории в целом благоприятны для ведения хозяйственной деятельности, однако часто встречающиеся холмистые и заболоченные участки могут стать препятствием для этого. Огромное значение для формирования ландшафтов имели моренные отложения, практически сплошной толщей покрывающие исследуемую территорию. В составе моренных отложений преобладают несортированные бесструктурные валунные суглинки. Суглинки содержат обломки известняков, но верхняя часть морены, выступающая в качестве почвообразующей породы, как правило, обескарбоната и перемыта.

Особенностью основной части территории ООПТ является ее положение между двумя основными орографическими линиями – северной и южной. Северная гряда является источником питания притоков Юга. Противоположная – южная – водораздельная гряда в пределах заказника приближена к зоне наибольших высот возвышенности Северных Увалов, принадлежащим к междуречью рек Моломы на севере и Ветлуги – на юге и юго-западе. Питание рек преимущественно снеговое с весенним половодьем. Озера на территории округа не имеют большого значения. Пониженные участки и высокие водоразделы заняты болотами.

Для территории заказника характерно многообразие почвенных разновидностей. Наиболее распространенными являются представители следующих типов и подтипов почв: 1) подзолистые и подзолистые глееватые на моренных валунных и покровных суглинках; 2) торфяно-подзолисто-глеевые; 3) подзолы и подзолы глеевые; 4) торфяноподзолы глеевые; 5) торфяные олиготрофные; 6) торфяные эутрофные; 7) дерновые оглеенные; 8) аллювиальные дерновые; 9) аллювиальные торфяно-глеевые; 10) аллювиальные перегнойно-глеевые и др. [1–3]. Реже встречаются дерново-подзолистые, дерново-подзолы и другие типы почв. Основные типы почв заказника формируются при ведущей роли элювиальных и болотных процессов педогенеза.

Видовой состав растительности заказника сформировался в результате смешения элементов бореальной и суббореальной флоры европейского и сибирского происхождения. На территории заказника произрастает десять видов сосудистых растений, занесенных в Красные книги Кировской области и РФ [4].

В геосистемной структуре заказника можно выделить 3 типа местности [5]: водораздельный, склоновый и пойменный. В результате исследования водораздельно-склоновых поверхностей были выделены некоторые ПТК уровня фаций и подурочищ, различие которых обусловлено характером элементов рельефа и почвообразующих субстратов, а также соответствующих почвенно-гидрологических условий.

Вершины и верхние части склонов водоразделов заняты элементарными ПТК ранга фаций, представленных преимущественно березовыми (30%), еловыми (24%), сосновыми (24%) и некоторыми другими зеленомошными лесами на подзолистых почвах и подзолах, подстилаемых моренными суглинистыми и водно-ледниковыми песчаными породами. В северо-восточном секторе заказника обширные, слабо дренированные водораздельные плакоры заняты верховыми болотными геосистемами со сфагновыми группами ассоциаций на торфяных олиготрофных почвах, сформированных на моренных, покровных суглинках или двучленных водно-ледниково-моренных песчано-суглинистых отложениях.

Средние части склонов водоразделов заняты преимущественно элементарными ПТК ранга фаций, в большей степени представленных березовыми (35%), еловыми (29%), осиновыми (18%) и сосновыми (17%) сообществами на подзолистых почвах и подзолах, образованных на моренных суглинистых, водно-ледниковых песчаных породах и в меньшей степени двучленных наносах.

Нижние части склонов водоразделов заняты преимущественно элементарными ПТК в большей степени представленные березовыми (36%), сосновыми (27%) еловыми (18%) и осиновыми (18%) древесными преимущественно сфагновыми и травяными сообществами на подзолистых глееватых почвах и подзолах, образованных на моренных суглинистых, водно-ледниково-моренных двучленных наносах.

Подошвы склонов водоразделов и плоские межводораздельные, в т. ч. заболоченные низины заказника заняты преимущественно элементарными ПТК, в большей степени представленные еловыми (долгомошно-сфагновыми (44%) и березовыми травянистыми (33%)) лесами с дополнительным участием сосновых сфагновых (11%) и осиновых травяных (11%) лесов преимущественно на

подзолистых и дерново-подзолистых, в т. ч. глееватых почвах и подзолах, образованных на водно-ледниково-моренных двучленных наносах.

В исследованных нами ПТК приречных частей склонов водоразделов представлены сообщества березовых (50%), сосновых (25%) и осиновых (25%) лесов (без участия ельников) преимущественно зеленомошной и травяной групп, образованных на подзолистых, в т. ч. глееватых почвах, сформированных на моренных или покровных суглинках.

Таким образом, территория заказника «Былина» обладает рядом отличительных черт, делающих ее важным компонентом всей экосистемы региона. Это диктует необходимость пополнения и систематизации знаний о природе комплексного по своей сути заказника, нуждающегося в более детальном и разностороннем отражении его природного, природно-ресурсного и, в частности, природоохранного и, возможно, рекреационного потенциала. Комплексная изученность ландшафтной структуры ООПТ остается довольно низкой. В научно-исследовательских работах преобладает одностороннее описание преимущественно флористических и фаунистических позиций.

Производимая на данной территории лесохозяйственная и сельскохозяйственная деятельность вносит большие коррективы в изначальную структуру ландшафтов региона, однако возведение территории в ранг заказника может являться основанием для прогнозирования улучшения экогеографической ситуации.

Библиографический список

1. О свойствах постагрогенных почв заказника «Былина» / А. М. Прокашев, И. А. Черезова, И. А. Вартан, А. Н. Винокуров // *Advanced Science*. 2017. № 3. С. 40–52.
2. Особенности литогенной основы и географии почв заказника «Былина» / А. М. Прокашев, И. А. Вартан, И. А. Черезова, А. С. Матушкин, Н. Д. Охорзин, С. А. Пупышева, В. В. Масютин, А. Н. Винокуров, Г. С. Квакин, Е. О. Тайшина // *Экология родного края: проблемы и пути решения : материалы Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием*. Киров, 2016. С. 62–66.
3. Экология педогенеза и состав почв государственного природного заказника «Былина» / А. М. Прокашев, А. С. Матушкин, И. А. Вартан, М.А. Кельдышев // *Почвы России: вчера, сегодня, завтра : сб. статей по материалам Всерос. с междунар. участием науч. конф., посвященной Году экологии и 90-летию со дня рождения профессора В. В. Тюлина*. Киров, 2017. С. 167–176.
4. Тарасова Е. М. Флора государственного природного заказника «Былина». Киров, 2005. 222 с.
5. Фациальная структура ландшафтов заказника «Былина» / И. А. Черезова, И. А. Вартан, А. С. Матушкин, А. М. Прокашев // *Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XII Всерос. науч.-практич. конф. Книга 2*. Киров, 2017. С. 95–99.

ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОТОНОВ «ВОДА-СУША» МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

В. В. Соловьева

*Самарский государственный социально-педагогический университет,
solversam@mail.ru*

Эколого-ценотические особенности экотонных систем связаны с территориальными районами акваторий (верховье, переходный, озеровидный, заливы, протоки) и элементарными ландшафтными структурами экосистем: пляжами, отмелями, мелководьями, берегами, заводьями и т. д. Водно-наземный экотон представляет собой пространство, структура которого включает несколько блоков-поясов, различающихся степенью влияния водного объекта, с одной стороны, и процессами на водораздельных территориях, с другой.

Ключевые слова: экотон, экологический тип, водоем, водохранилище, гидрофиты, гелофиты, гигрогелофиты, гигрофиты, гигромезофиты, мезофиты.

Водно-наземные экотоны образуют в любом речном бассейне огромную по протяженности и суммарной площади, чрезвычайно сложную типологически дифференцированную сеть. Экотонные экосистемы, сформировавшиеся в контактных зонах, обеспечивают активное взаимодействие биотических комплексов различных сред, что дает экотонам повышенную активность биотических процессов в биосфере и наибольшее биоразнообразие. Теоретические обобщения В. С. Залетаева [1] послужили основой для разработки генерализованной структурно-функциональной модели водно-наземного экотона. Она оказалась «универсальной как для речных пойм, так и для других зон влияния водных объектов и может служить в качестве методического инструмента при оценке характера и скорости реакции экотонных биоконплексов на естественную динамику речного стока и на экстремальные антропогенные воздействия» [2].

Согласно этой модели, структура водно-наземного экотона представляет собой пространство, которое включает несколько блоков-поясов. Структурные блоки различаются по величине и периодичности увлажнения, рельефу местности, составу видов, динамике и скорости реакции биоконплексов на изменения режимов водного объекта и грунтовых вод. По составу и характеру динамики выделяется 5 структурных блоков (рис.).

Переходный характер растительности малых водохранилищ Среднего Поволжья обеспечивает динамическое равновесие и поддержание биоразнообразия гидробионтов. Динамические процессы в экотонной зоне различаются скоростью, периодичностью и некоторой асинхронностью. Пространственная структура экотонных «вода-суша» может отличаться, но объективно выявляется достаточно универсальная схема взаимодействия динамических блоков. Динамические процессы в пяти модульных блоках различаются скоростью, периодичностью и некоторой асинхронностью. Понятие «экологическая группа» (группа видов со сходным отношением к условиям среды, введено Б. А. Келле-

ром в 1912 г.) условно и всегда в большей или меньшей степени локально. Так, некоторые виды, отнесенные к одной группе в одном районе, могут оказаться в разных группах в другом. Поэтому корректнее называть их экотипами. Приводимые ниже примеры экологических типов растений сгруппированы на основе многолетнего опыта исследований автора.

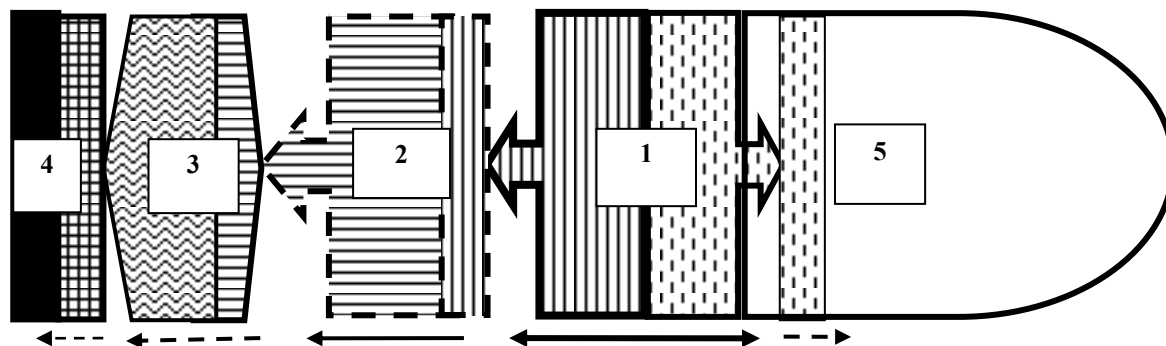


Рис. Структурно-функциональная модель экотонной экосистемы

Условные обозначения: 1) амфибиальный блок прямого контакта воды и суши с инстантной (немедленной) динамикой: водная растительность с доминированием гидрофитов; воздушно-водная растительность с доминированием гелофитов; 2) блок с флуктуационной динамикой и доминированием гигрогелофитов; 3) блок с дистантной (запаздывающей) динамикой и доминированием гигрофитов; 4) маргинальный блок с дистантной динамикой и доминированием гигромезофитов и мезофитов; 5) аквальный блок с дистантной динамикой и водной растительностью. Стрелки показывают направления и скорость динамических процессов, толщина линий – силу воздействия на смежные экосистемы.

На искусственных водоемах с управляемым гидрорежимом с помощью специальных гидротехнических механизмов наиболее хорошо выражен первый блок – полоса прямого контакта воды и суши, на которой проявляется максимальное взаимовлияние двух сред. Для этой зоны водоема характерны амфибиальные экологически пластичные биотические сообщества, адаптированные к колебаниям уровня воды, и способные существовать как в водной, так и в воздушной среде. Такие сообщества сформированы земноводными гидрофитами и гелофитами. Земноводные гидрофиты – это растения, у которых преобладает водная форма. Свой жизненный цикл они могут пройти как по типу истинно-водного, так и наземного растения, (виды рода *Callitriche*, *Rorippa*, *Persicaria amphibia* и др.). У некоторых водных растений (*Potamogeton nodosus*, *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea* и др.) в неблагоприятный период развиваются наземные формы, но для прохождения всего жизненного цикла им необходима водная среда.

Гелофиты – прибрежно-водные или воздушно-водные растения, способные хорошо переносить длительное обсыхание в период вегетации. Оптимальной средой их обитания являются мелководья с глубиной до 1–1,2 м. К гелофитам относятся *Butomus umbellatus*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, *Zizania latifolia*, *Phragmites australis*, *Sparganium erectum*, *Typha latifolia* и др. Среди гелофитов различают низкотравные и высокотравные экоморфы. Высокотравные гелофиты – средняя высота побегов 180–250 см. Высота побегов низкотравных воздушно-водных растений – до 1 м. Они предпочи-

тают глубины до 0,5 м, но некоторые из них встречаются и на более значительных глубинах, развивая стерильные гидрофильные формы.

Гидрофиты и гелофиты – это становые, системообразующие виды. Они выполняют эдификаторную роль, имеют виолентный (высоко конкурентоспособный) и пациентный (высокоприспособленный) типы стратегий развития [3, 4]. Способность макрофитов первого блока экотона развивать разные экологические формы (водные, наземные, стерильные) подтверждает инстантную или немедленную динамику биокомплекса. Для этого блока характерны также сообщества «зооперифитона», литоральные беспозвоночные, включая виды бентоса, водоплавающие птицы, кормящиеся на мелководьях млекопитающие и другие обитатели берегов.

Второй блок следует за блоком прямого контакта воды и суши вглубь побережья. Этот пояс растительности испытывает периодические затопления. Уровень воды здесь регулируется гидроузлом в зависимости от количества выпавших летом осадков и водопотребления. Колебания гидрологического режима способствуют возникновению мелководий, отмелей, топких, перенасыщенных водой экотопов. В этих условиях успешно произрастают и формируют фитоценозы гигрогелофиты. Представители этой экологической группы обычны для низких уровней береговой зоны затопления, часто встречаются на отмелях при глубине до 20 (40) см. Многие из них характерны для окраин озерных сплавин, нередко они, укореняясь на топких берегах, наплывают на открытую воду. К гигрогелофитам относятся *Thelypteris palustris*, *Caltha palustris*, *Rumex aquaticus*, *Comarum palustre*, *Lithrum salicaria*, *Hippuris vulgaris*, *Cicuta virosa*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Iris pseudacorus*, *Carex riparia*, *Agrostis stolonifera*, *Catabrosa aquatica*, *Calla palustris* и др.

Для этой зоны экотона «характерна выраженная периодичность биологических процессов..., мозаичность фитоценозов, связанная с микро- и мезорельефом местности, свойствами грунтов, их фильтрационными характеристиками, колебаниями уровня грунтовых вод, быстрое развитие сукцессий и активные процессы адаптации» [2, с. 167]. Здесь формируются монодоминантные растительные сообщества, а также фитоценозы, содержащие в своем составе гелофиты и заходящие в воду береговые виды – гигрофиты и мезофиты. В зависимости от условий обводнения они характеризуются стратегией виоленто-пациентов. Дифференциация и перекрывание экологических ниш растений названных экотипов свидетельствует об относительности границ этой зоны и флуктуационной динамике фитоценозов под влиянием периодических изменений среды.

Положение и протяженность границ третьего блока экотона на водохранилищах зависит от характера эксплуатации гидротехнического сооружения и связано с хозяйственным назначением водного объекта. В течение лета накопленные воды идут на питание оросительных каналов и рыбохозяйственных прудов, в результате уровень снижается до меженного. При этом формируется зона временного затопления, оптимальная для произрастания гигрофитов. Они занимают средние уровни береговой зоны затопления, заходя довольно часто в воду у низких топких берегов. В последнем случае они могут входить в состав

сообществ гигрогелофитов и гелофитов. Выделяются травянистые и древесные гигрофиты. К последним отнесены виды ивы и ольхи, которые часто обрамляют водоемы и водотоки и нередко растут в воде.

К гигрофитам относятся *Marchantia polymorpha*, *Equisetum palustre*, *Ranunculus repens*, *Alnus glutinosa*, *Stellaria palustris*, *Chenopodium glaucum*, *Persicaria hydropiper*, *Rorippa palustris*, *Salix alba*, *Solanum dulcamara* и др. Однолетние растения имеют большой банк семян и являются эксплерентами. Многолетние растения выступают в качестве пациентов-эксплерентов. Выраженность экотонных биотических сообществ третьего блока связана с узлокальными сочетаниями геоморфологических и гидрологических факторов и выходом на дневную поверхность грунтовых вод. Динамические процессы, связанные с влиянием водного объекта, менее активны. Они находятся под влиянием фильтрации и подпора грунтовых вод.

Четвертый структурный блок, маргинальный пояс, представляет собой верхнюю границу интразональной растительности, которая благодаря сильнодействующему водному фактору, может быть встречена в нескольких природных зонах. Это переходное пространство между пойменными и зональными экосистемами водосборной территории. Экотонный характер и динамика биотических сообществ этого пояса выражены слабее, чем во всех вышеперечисленных блоках. Водный объект и процессы, происходящие во втором и третьем блоках, влияют на маргинальный четвертый блок, через развитие биоценологических цепей. В результате происходят перегруппировки и изменяется соотношение видов в сообществах. В фитоценозах преобладают гигромезофиты и мезофиты. Это – травянистые и древесные растения побережий и обсыхающих мелководий. Они переносят временное затопление, но предпочитают нормально увлажненные местообитания и устойчивый режим грунтовых вод. В эту экологическую группу входят *Equisetum arvense*, *Ranunculus acris*, *Urtica dioica*, *Chenopodium album*, *Rumex confertus*, *Salix caprea*, *Potentilla anserina*, *Veronica longifolia*, *Plantago intermedia*, *Inula britannica*, *Tussilago farfara*, *Xanthium strumarium* и др. Для однолетних растений характерны частые перегруппировки и изменения соотношения видов в сообществах. По типу стратегии в фитоценозах часто встречаются травянистые однолетники (эксплеренты).

Пятый структурный блок выделяется на прибрежной акватории. Он характеризуется дистантным, замедленным типом динамики, вследствие слабого влияния соседнего амфибиального биокомплекса и наземных комплексов. Глубины превышают 1,5–2 м, что создает оптимальные условия для произрастания гидрофитов, или настоящих водных растений. В составе этой группы свободно плавающие на поверхности или в ее толще, а также погруженные укореняющиеся растения с плавающими листьями или без них, а также макроводоросли (*Chara*, *Nitella* и др.), водные мхи (*Riccia*, *Fontinalis*). К настоящим водным растениям относятся *Chara fragilis*, *Riccia fluitans*, *Salvinia natans*, *Nymphaea candida*, *Batrachium divaricatum*, *Trapa natans*, *Myriophyllum spicatum*, *Utricularia vulgaris*, *Callitriche palustris*, *Potamogeton berchtoldii*, *Najas marina*, *Lemna minor* и др. В составе фитоценозов этой зоны обычны земноводные гидрофиты, имеющие водную экологическую форму. Они служат надежным инди-

катором структурно-функциональной перестройки биогеоценозов и обеспечивают устойчивость при значительном изменении водного режима экотонной экосистемы, образуют моно- и полидоминантные сообщества, имеют стратегию виолентов, пациентов и пациентов-виолентов.

Предложенная функциональная структура является лишь моделью водно-наземного экотона водохранилищ. В природных условиях экологические ниши сообществ водных растений и прибрежно-водных растений часто пересекаются. В реальных условиях могут существовать различные варианты гидроморфных экосистем, поэтому чрезвычайно важно изучать все разнообразие экотонов и сочетаний фитоценозов в системе «вода-суша», диагностировать происходящие изменения по локальным очаговым проявлениям и изменениям экосистем.

Ценотическое разнообразие обеспечивает взаимозамещение растительных сообществ и устойчивое функционирование экотонной экосистемы в условиях нестабильного гидрорежима. При этом ключевую буферную роль в экотонах выполняют гелофитные сообщества, эдификаторы которых толерантны к неустойчивому уровню воды. Среди фитоценозов воздушно-водных растений наиболее разнообразна формация рогоза узколистного (12 ассоциаций). Из водных сообществ лидирует формация кубышки желтой (5 ассоциаций). В целом, в составе растительного покрова прибрежно-водных экотонов 42 вида выполняют эдификаторную функцию и 35 выступают в качестве содоминантов.

Модульно-блочную модель экотонной системы можно дополнять, анализируя параметры других компонентов экосистемы, но именно фитоценотический подход наглядно иллюстрирует возможные сценарии процессов, происходящих в экосистемах, так как растительность выполняет в них главную продукционную, энергетическую, структурирующую и средообразующую роль. Предложенная модель позволяет: определить пространственно-временную структуру экосистемы на различных этапах эволюции; выявить эволюционную иерархию системы и роль промежуточных сообществ; предвидеть возможные сбои в функционировании экотонных экосистем в результате нарушения симметрии и обратных связей; оценить все оптимально возможное разнообразие экотипов гидробионтов и биоценозов; проектировать и создавать экотонные экосистемы с оптимальной структурой соединяемых модулей. Детальное изучение структуры и функционирования экотонов, возможно, позволит сформулировать правила и законы управления природно-техническими экосистемами.

Библиографический список

1. Залетаев В. С. Структурная организация экотонов в контексте управления // Экотонны в биосфере. М. : Изд-во РАСХН, 1997. С. 11–29.
2. Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы /отв. ред. Н.М. Новикова. Инт-т водн. проблем. М. : Наука, 2005. 365 с.
3. Раменский Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое обследование земель. М. : Сельхозгиз, 1938. 620 с.
4. Работнов Т. А. Фитоценология. М. : Изд-во МГУ, 1978. 384 с.

ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ БАССЕЙНА р. ВЫЧЕГДА

Б. Ю. Тетерюк, Е. В. Князева

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

В статье представлены результаты анализа состава и структуры объединенной флоры трех вычегодских водохранилищ: Кажымского, Ньючимского и Нючпасского.

Ключевые слова: флора, водное ядро флоры, водохранилища, Вычегда.

Водоохранилища – особый тип водных объектов, не имеющий аналогов в природе [1]. Для северных территорий водохранилища – явление редкое. В бассейне реки Вычегда (бассейн р. Северная Двина) водохранилища начали сооружать во второй половине XVIII века для нужд чугунолитейных заводов. В настоящее время вычегодские водохранилища эксплуатируются в коммунально-бытовых (поселковый водозабор), рекреационных и рыбохозяйственных целях. На территории вычегодского бассейна расположено пять малых (по классификации А. Б. Авакяна с соавторами [1]) водохранилищ.

Флора водоема понимается как совокупность всех таксонов макрофитов, входящих в состав его растительных сообществ и открытых группировок, характерных для водных, прибрежно-водных и околородных (береговых) экотопов [2].

Исследования выполнены в 2008, 2014 и 2019 годах согласно методическим разработкам В. М. Катанской [3]. Определение мохообразных выполнено д-ром биол. наук Г. В. Железновой (ИБ Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар)), харовых водорослей – Р. Е. Романовым (БИН РАН (Сант-Петербург)).

Латинские названия таксонов сосудистых растений выверены по базе данных «The Plant List», мхов – по сводке М. С. Игнатова с соавторами [4], печеночников – по Н. А. Константиновой с соавторами [5].

При выполнении анализа типологической структуры флоры все присутствующие в ее составе гибридные таксоны рассматриваются как самостоятельные единицы.

Принятая в работе система географических элементов флоры основана на «принципе биогеографических координат» [6].

Экологические группы по фактору увлажнения выделены на основе стандартных экологических шкал [7]. Названия гидроэкогрупп и критерии их выделения даны по Л. Г. Раменскому с соавт. [7] и В. Г. Папченкову [8]. Индекс гидрофитности флоры рассчитывали по формуле Б. Ф. Свириденко [9].

Обработка флористического материала выполнена с использованием интегрированной ботанической информационной системы IBIS 7.2 [10].

Кажымское водохранилище расположено на юге Республики Коми близ п. Кажым. Площадь водохранилища – 324 га. Наибольшая длина – 5,5 км, ширина – до 0,6 км, глубина – до 8,8 м.

Нювчимское водохранилище расположено в п. Нювчим на месте слияния двух водотоков: рр. Нювчим (приток р. Сысола) и Дендель. Площадь водного зеркала – 172 га, наибольшая длина – 3,4 км, ширина – до 0,6 км, глубина – до 7 м.

Нючпасское водохранилище расположено на р. Нючпас (приток р. Лопью) у п. Нючпас. Имеет два пруда. Площадь нижнего пруда 11 га, наибольшая длина – 1000 м, ширина – до 130 м, глубина – до 4 м; площадь верхнего пруда – 7,2 га, длина – 780 м, ширина – до 200 м.

Флора вычегодских водохранилищ объединяет 161 вид и гибрид макрофитов (включая 28 видов мохообразных и 3 вида водорослей), относящихся к 84 родам и 49 семействам. В составе флоры отмечено 5 гибридов (*Nuphar* × *spenneriana* Gaudin, *Nymphaea* × *sundvikii* Hiitonen, *Potamogeton* × *angustifolius* J.Presl, *P.* × *prussicus* Hagstr., *P.* × *sparganiifolius* Laest. ex Fr.). Цветковые растения представлены 127 видами. Сосудистых споровых растений в составе флоры – 3 вида (*Equisetum arvense* L., *E. palustre* L. и *E. fluviatile* L.). Доля сосудистых растений флоры водохранилищ от общей флоры средней тайги Европейского Северо-Востока [11] составляет чуть меньше 17%.

Главные позиции в семейственном спектре флоры водохранилищ занимают Cyperaceae (19 видов – 11,8%), Poaceae (13 видов – 8,1%), Potamogetonaceae (8 видов и 3 гибрида – 6,8%), Salicaceae (9 видов – 5,6%) и Polygonaceae (7 видов – 4,3%). Представители этих семейств объединяют около трети (36,6%) всего видового состава водохранилищ. Почти половина семейств флоры (25–51%) имеют в своем составе 1–2 вида. Состав ведущих семейств сходен с таковым для древних озер региона [12] и малых рек бассейна Вычегды (Тетерюк, неопубликованные данные). Различия наблюдаются лишь в порядке их очередности.

Ведущие по числу таксонов роды – *Carex* (12 видов – 7,5%), *Potamogeton* (11–6,8%), *Salix* (9–5,6%), *Juncus* (5–3,1%), и *Persicaria* (5–3,1%). Наполненность родов, как и семейств, видами очень не равномерная. Доля одновидовых родов сравнительно велика и составляет более 64% (54 рода).

В составе флоры водохранилищ нами выделено шесть гидроэкогрупп, которые объединены в два блока: «береговые» виды и «водные» виды [3, 8, 9]. Первый блок составляют мезофиты, гигромезофиты и гигрофиты. Второй – гидрофиты, гелофиты и гигрогелофиты, вместе образующие водное ядро флоры. Численно во флоре преобладают «береговые» виды. Индекс ее гидрофитности составляет (I_{Hd}) = – 0,16. Особенностью экологической структуры флоры является высокая доля в ее составе гигрофитов (около 30%). Подобная композиция гидроэкогрупп наблюдается во флорах озер региона [2, 12], что в целом свидетельствует о лимнических чертах флор изученных водохранилищ. Среди видов водного ядра флоры закономерно преобладают гидрофиты (34 таксона). Из 16-ти родов и из 24-х семейств флоры водохранилищ, которые содержат 3 и более вида, только 4 рода и 6 семейств представлены исключительно водными таксонами (гидрофитами). Таким образом, основное видовое богатство флор формируется так называемыми «береговыми» видами, что характерно для данного типа водных объектов [8, 13].

Таким образом, экологическая структура флоры водохранилищ бассейна реки Вычегда в полной мере отражает специфику сложившихся в них условий. В целом флора каждого водохранилища имеет гидрофитно-гигрофитный характер.

Географическую структуру флоры водохранилищ определяет их географическое положение (приуроченность района исследований к подзоне средней тайги и соседство с Волго-Вятским регионом), а так же набор локальных экологических условий. В обследованной флоре в составе широтных групп преобладают виды аркто-меридиональной (*Persicaria amphibia* (L.) Delarbre, *Potamogeton natans* L., *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber et D. Mohr и др.) и плюризональной (*Callitriche palustris* L., *Elodea canadensis* Michx., *Warnstorfia exannulata* (Schimp.) Loeske и др.) географических групп. На их долю суммарно приходится около 70% от общего состава флоры. Данная закономерность была ранее установлена и для флор реликтовых озер Европейского Северо-Востока России [2, 12]. С позиции долготного распространения видов, формирующих состав флоры вычегодских водохранилищ, в них преобладают виды с голарктическим (*Potamogeton praelongus* Wulfen, *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, *Menyanthes trifoliata* L. и др.) и европейско-западно-азиатским (*Nuphar lutea* (L.) Sm., *Nymphaea candida* C. Presl, *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin. и др.) ареалами. Высокая доля участия последних в составе флоры свидетельствует о наличии действенного контакта с флорой сибирского региона. Европейский акцент видовому составу флор придают *Callitriche cophocarpa* Sendtn., *Persicaria mitis* (Schrank) Holub, *Typha elata* Boreau и др.

Во флоре вычегодских водохранилищ отмечено 14 синантропных видов. Среди них семь (*Bidens cernua* L., *B. tripartita* L., *E. canadensis*, *Persicaria minor* (Huds.) Opiz, *P. mitis*, *Typha elata*, *T. latifolia* L.) – антропофиты и столько же (*Amoria repens* C. Presl, *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv., *E. arvense*, *Lythrum portula* (L.) D. A. Webb, *Persicaria hydropiper* (L.) Delarbre, *P. lapathifolia* (L.) Delarbre, *Scorzoneroideis autumnalis* (L.) Moench) – апофиты. Большая часть синантропов (11) – виды береговых местообитаний, что связано с наиболее интенсивным характером антропогенного воздействия на береговые местообитания. Как правило, все вселенцы данной группы отмечены близ поселков, то есть там, где растительный покров подвержен наибольшей нагрузке. Из состава водного ядра флоры инвазивной природой обладают *Elodea canadensis*, *Typha latifolia* и *T. elata*. Два первых вида формируют устойчивые ценозы, занимающие значительные (до 2500 м²) площади.

Флора водохранилищ бассейна р. Вычегда объединяет 161 таксон макрофитов. Ведущее положение в ее составе принадлежит семействам Cyperaceae, Poaceae, Potamogetonaceae и Salicaceae. Во флоре водохранилищ численно преобладают «береговые» виды. В целом флора имеет гидрофитно-гигрофитный характер. Географическая структура флоры водохранилищ отражает их зональное положение и специфику самой флоры как эколого-ценотического элемента флоры гидроморфных ландшафтов региона. Среди широтных элементов преобладают виды аркто-меридиональной и плюризональной географических групп. Наибольшим разнообразием среди долготных географических групп выделяются виды с голарктическим и европейско-западно-азиатским ареалами. В составе

флоры водохранилищ отмечено 14 синантропных видов (7 – антропофиты и 7 – апофиты). Два вида (*Elodea canadensis* и *Typha latifolia*) формируют устойчивые сообщества.

Библиографический список

1. Авакян А. Б., Салтанкин В. П., Шарапов В. А. Водоохранилища. М. : Мысль, 1987. 325 с.
2. Тетерюк Б. Ю. Флора и растительность древних озер Европейского Северо-Востока России. СПб. : Наука, 2012а. 237 с.
3. Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л. : Наука, 1981. 187 с.
4. Игнатов М. С., Афонова О. М., Игнатова Е. А. Список мхов Восточной Европы и Северной Азии // *Arctoa*. 2006. Т. 15. С. 1–130.
5. Константинова Н. А., Бакалин В. А., Андреева Е. Н., Безгодов А. Г., Боровичев Е. А., Дулин М. В., Мамонтов Ю. С. Список печеночников (Marchantiophyta) России // *Arctoa*. 2009. Т. 18. С. 1–64.
6. Юрцев Б. А. Флора Сунтар-Хаята. Проблемы истории высокогорных ландшафтов Северо-Востока Сибири. Л. : Наука, 1968. 235 с.
7. Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин А. Н. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М. : Сельхозгиз, 1956. 472 с.
8. Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль : ЦМП МКБиНТ, 2001. 200 с.
9. Свириденко Б. Ф. Структура водной флоры Северного Казахстана // *Ботан. журн.* 1997. Т. 82. № 11. С. 46–57.
10. Зверев А. А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: Учебное пособие. Томск : Изд-во Томского ун-та, 2007. 304 с.
11. Мартыненко В. А. Флора северной и средней тайги Европейского Северо-Востока : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 1996. 34 с.
12. Тетерюк Б. Ю. Флора древних озер Европейского Северо-Востока России // *Известия Самарского НЦ РАН*. 2012б. Т. 14. № 1. С. 82–90.
13. Паκляшова Н. А., Папченков В. Г. К флоре Рыбинского водохранилища // *Вестник Санкт-Петербургского ун-та*. 2008. Сер. 3. Вып. 3. С. 138–143.

СИНАНТРОПНЫЕ ВИДЫ В НЮВЧИМСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ И ИХ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Е. В. Князева

Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», ev_knyazeva@mail.ru

В статье приведены данные по продуктивности синантропных видов *Elodea canadensis* Michx. и *Typha latifolia* L. в Нювчимском водохранилище (Республика Коми).

Ключевые слова: продуктивность, Нювчимское водохранилище, *Elodea canadensis*, *Typha latifolia*.

В связи с усилением антропогенной нагрузки на биотический компонент экосистем, одной из актуальных проблем в гидробиологии становится изучение

закономерностей формирования синантропных растительных сообществ. Наглядным показателем процесса синантропизации служит продуктивность сообщества.

Цель исследования: оценка продуктивности синантропных видов Нювчимского водохранилища.

Нювчимское водохранилище расположено в 35 км от г. Сыктывкар в п. Нювчим (N61.401064, E50.755147) и находится на месте слияния двух водотоков: рр. Нювчим (приток р. Сысола) и Дендель. Площадь водного зеркала составляет 172 га, наибольшая длина – 3,4 км, ширина – до 0,6 км, глубина – до 7 м.

Изучение продуктивности синантропных видов Нювчимского водохранилища проводили в середине июля 2019 г. Для оценки продуктивности фитоценозов закладывали укосные площадки размером 0,25 м², на которых у самых корней срезали все растения. Каждый укос разбирали по видам, определяли их сырой, воздушно-сухой и абсолютно-сухой вес. При переводе абсолютно-сухого веса в чистую годовую продукцию согласно методике В. Г. Папченкова [1] использовали коэффициент 1,2; для высокотравных гелофитов – 2,0; для осок – 2,3; для низкотравных гелофитов – 2,5. Для определения площадей зарастания макрофитами были составлены карта-схемы, с нанесением контуров сообществ, с указанием их GPS-координат.

Полученные результаты показали, что растительный покров Нювчимского водохранилища формируют 88 видов из 57 родов и 38 семейств. Всего 8 (9,1%) из них являются синантропными видами: *Elodea canadensis* Michx., *Typha latifolia* (L.), *Persicaria mitis* (Schrank) Holub, *P. hydropiper* (L.) Delarbre, *P. lapathifolia* (L.) Delarbre, *Amoria repens* C. Presl, *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv., *Equisetum arvense* L. Важно, что только два из них являются ценозообразователями – *E. canadensis*, *T. latifolia*.

Нювчимское водохранилище имеет небольшую акваторию, при этом основная часть растительных сообществ сосредоточена по его берегам и мелководьям (рис. 1.).

На исследованной территории *T. latifolia* приурочен к заболоченным участкам берегов и входит в состав пояса гелофитного высокотравья.

Рогоз образует монодоминантные сообщества, с общим проективным покрытием 70–80%. *T. latifolia* уступает «береговым» сообществам местной флоры и по производству продукции с 1 м², и по площади распространения, и, соответственно, по общей годовой продукции. Общая продуктивность сообществ *T. latifolia* составила – 118,8±234 т. В укосах помимо доминанта были отмечены *Menyanthes trifoliata* L., *Carex rostrata* Stokes, *Equisetum fluviatile* L., *Cicuta virosa* L., *Naumburgia thyrsoiflora* L., *Lemna minor* L., *Lemna trisulca* L., *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. Однако их вклад в общую продуктивность сообщества незначителен. *T. latifolia* образует 2636,6±234 т, что составляет 91,4% от всей продукции сообщества, на долю сопутствующих видов приходится всего – 8,6% (рис. 2).

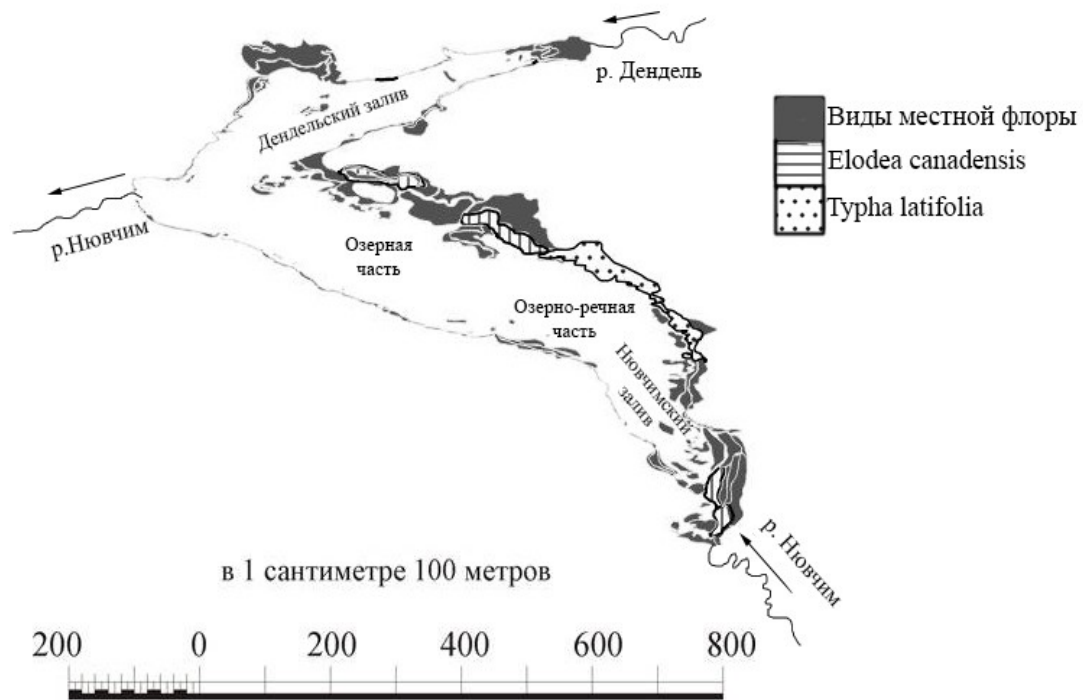


Рис. 1. Распределение сообществ высшей водной растительности в Новичимском водохранилище

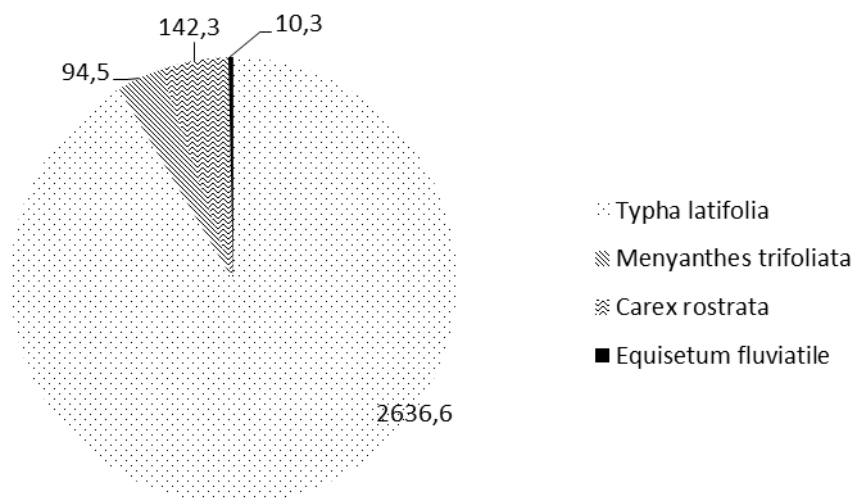


Рис. 2. Продуктивность сопутствующих видов сообщества *Typha latifolia*, г/м²

E. canadensis в Новичимском водохранилище отмечена в трех точках: на месте впадения р. Новичим и на мелководных участках у правого берега (рис. 1). В исследуемом водохранилище элодея образует одновидовые сообщества с проективным покрытием 90–100%. Во всех укосах сообществ *E. canadensis* нами не было обнаружено других видов. Это связано с тем, что вид быстро достигает высокого проективного покрытия, а также оказывает аллелопатическое влияние на некоторые виды гидрофитов [2].

Нельзя не отметить, что при анализе общей продуктивности макрофитов водохранилища, среди гидрофитов сообщества *E. canadensis* производят наибольшую продукцию – 43,6 т.

Сравнивая литературные данные, можно сделать вывод о высокой продуктивности *E. canadensis* в Нювчимском водохранилище (табл. 1).

Таблица 1

**Продуктивность сообществ *Elodea canadensis*
в разных водоемах России**

Название водоема	Расположение водоема	Продуктивность, г/м ²	Источник
Нювчимское вдх.		976±61	
Котокельское озеро	Прибайкальский район Бурятии	67	[3]
Долина р. Иртыш	Омская область	368	[4]
Новосибирское вдх.	Новосибирская обл., Ордынский р-н, Шарапский залив, юго-западная часть залива	1020	[2]
Озера подтайги (в среднем)	Тюменская область	362	[5]

Примечание: вдх. – водохранилище.

Можно предположить, что распространение *E. canadensis* со временем будет увеличиваться, так как условия в Нювчимском водохранилище для элодеи благоприятные. Воды Нювчимского водохранилища характеризуются невысокой минерализацией, относятся к классу гидрокарбонатно-кальциевых, имеют рН от нейтрального до слабощелочного и относительно-высокую прозрачность (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав вод Нювчимского водохранилища в 2019 г.

Показатели	Концентрация
рН	7,39 ед.рН
Минерализация	101мкСм/м
HCO ₃ ⁻	84 мг/дм ³
Cl ⁻	<0,5 мг/дм ³
SO ₄ ⁻	<2,0 мг/дм ³
PO ₄ ⁻	<0,05 мг/дм ³
NO ₃ ⁻	<0,01 мг/дм ³
NH ₄ ⁺	<0,01 мг/дм ³
Ca	17,4 мг/дм ³
Mg	3,2 мг/дм ³
K	0,49 мг/дм ³
Na	3,1 мг/дм ³
Fe _{общ.}	0,25 мг/дм ³

Многие авторы отмечают такой гидрохимический состав воды, как один из оптимальных для распространения *E. canadensis* [2, 5].

Нужно отметить, что основной объем продукции создают виды местной флоры, то есть характерные для водоемов региона. Их общая продукция в 3,5 раза превышает продукцию синантропных видов.

Выводы: 1. Полученные результаты показали, что растительный покров Нювчимского водохранилища формируют 88 видов из 57 родов и 38 семейств. Всего 8 (9,1%) из них являются синантропными видами.

2. Два синантропных вида в Нювчимском водохранилище являются ценообразователями – *E. canadensis*, *T. latifolia*.

3. Общая продуктивность сообществ *T. latifolia* составила – 118,8 т, *E. canadensis* – 43,6 т.

Библиографический список

1. Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль : ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.

2. Находки элодеи канадской *Elodea canadensis* Michx. в Новосибирской области / Л. М. Киприянова., А. Н. Ефремов, А. В. Котовщиков, Л. В. Яныгина // Российский журнал биологических инвазий. 2019. Т. 12, № 2. С. 39–51.

3. Базарова Б. Б., Пронин Н. М. *Elodea canadensis* Michaux на границе мирового водораздела Ледовитого и Тихого океанов // Российский журнал биологических инвазий. 2010. Т. 3, № 3. С. 2–12.

4. Элодея канадская *Elodea canadensis* (Hydrocharitaceae) на Западно-Сибирской равнине / Б. Ф. Свириденко, Т. В. Свириденко, А. Н. Ефремов, О. Е. Токарь, К. С. Евженко // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 3 (23). С. 46–55.

5. Бабушкин А. А. Изучение причин, путей и условий расширения ареалов адвентивных водных растений на примере *Elodea canadensis* Michx. (Hydrocharitaceae) // Гидрботаника: методология, методы : материалы Школы по гидрботанике. Рыбинск : ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. С. 151–153.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ФЛОРЫ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО ПАРКА ЛЕСОВОДОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. Г. Рязанова, О. Н. Пересторонина

Вятский государственный университет, dariabiolog@mail.ru

В статье представлены результаты ревизии видового состава флоры Дендрологического парка. Для каждого квартала выявлены утраченные и новые виды. Установлено процентное соотношение новых видов к общему количеству видов в кварталах.

Ключевые слова: флора, Дендропарк, памятник природы, рекреация.

В г. Кирове и его окрестностях насчитывается 22 памятника природы регионального значения [1].

Памятник природы регионального значения «Дендрологический парк лесоводов Кировской области» создан в целях сохранения специализированной коллекции древесно-кустовых растений с возможностью использования различных видов для декоративного садоводства и ландшафтного дизайна. Дендрологический парк является особо охраняемой природной территорией регионального значения. Памятник природы расположен в слободе Сошени Нововятского района г. Кирова [2].

Дендрологический парк лесоводов Кировской области заложен в 1962 году к 50-летию Октябрьской революции. Он состоит из 29 кварталов (рис. 1) с различными растениями из Европы, Кавказа, Средней Азии, Северной Америки и Дальнего Востока, Сибири, Китая, Японии. Поскольку Дендропарк наполнен декоративными и лекарственными видами, он привлекает жителей Кировской области для отдыха. Под действием антропогенного воздействия состав дендрофлоры изменился.



Рис. 1. Общая схема Дендрологического парка лесоводов Кировской области

В состав флоры на момент основания Дендропарка входили 102 вида растений, относящиеся к двум отделам *Gymnospermae* (голосеменные) и *Angiospermae* (покрытосеменные), из 22 семейств. Среди них голосеменных – 15 (15% от общего числа) видов, покрытосеменных – 87 (85%).

Голосеменные представлены двумя семействами – *Pinaceae* и *Cupressaceae*. Искусственные насаждения образованы 13 видами из 4 родов семейства сосновые (*Pinaceae*) и 2 видами одного рода семейства кипарисовые (*Cupressaceae*).

Среди покрытосеменных растений преобладают двудольные – 20 семейств, которые включают 87 видов. Спектр ведущих семейств (рис. 2): розовые (*Rosaceae*) – 25 видов (28%); ивовые (*Salicaceae*) – 8 видов (9%); барбарисовые (*Berberidaceae*) – 7 видов (8%); жимолостные (*Caprifoliaceae*) – 6 видов (7%); березовые (*Betulaceae*) – 5 видов (6%); маслиновые (*Oleaceae*), кленовые (*Aceraceae*), буковые (*Fagaceae*) – по 4 вида (5%); калиновые (*Viburnaceae*) и вязовые (*Ulmaceae*) – по 3 вида (3%).

По одному виду включают 12 семейств. Это семейства лимонниковые (*Magnoliaceae*), ореховые (*Juglandaceae*), актинидиевые (*Actinidiaceae*), липовые (*Tiliaceae*), конскокаштановые (*Hippocastanaceae*), кизилловые (*Cornaceae*), рутовые (*Rutaceae*), древогубцевые (*Celastraceae*), гортензиевые (*Hydrangeaceae*).

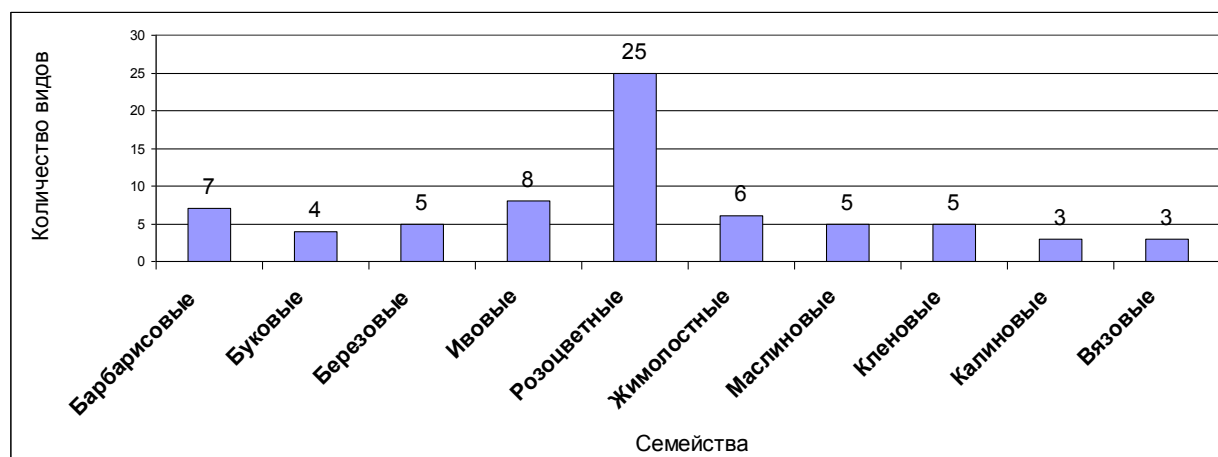


Рис. 2. Преобладающие семейства покрытосеменных растений искусственных насаждений Дендрологического парка

Современная коллекция древесных растений Дендропарка претерпела изменения. Сравнительные данные по составу дендрофлоры, примерно за полувековую историю, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ревизия флоры Дендропарка лесоводов Кировской области

№ квартала	Количество видов в 1962 г.	Количество видов в 2019 г.	% новых видов в квартале	% исчезнувших видов в квартале
Квартал 1	14	18	22	0
Квартал 2	14	20	30	0
Квартал 3	7	10	30	0
Квартал 4	7	13	46,2	0
Кварталы 5 и 9	1	5	80	0
Квартал 6	16	22	27,3	0
Квартал 7	10	16	37,5	0
Квартал 8	8	13	38,5	7,7
Квартал 10	22	21	0	4,8
Квартал 11	19	17	23,5	35,3
Квартал 12	22	19	5,3	21,1
Квартал 13	10	19	47,4	0
Квартал 14	14	22	54,5	13,6
Квартал 15	17	21	23,8	0
Квартал 16	12	19	36,8	0
Квартал 17	16	22	36,4	9,1
Квартал 18	16	16	6,3	6,3
Квартал 19	13	14	7,1	0
Квартал 20	15	16	18,8	12,5
Квартал 21	18	19	5,3	0
Квартал 22	51	50	10	12
Квартал 23	17	15	6,7	20
Квартал 24	40	36	2,8	13,9
Квартал 25	14	13	0	7,7
Квартал 26	12	14	14,3	0
Квартал 27	11	13	15,4	0
Квартал 28	9	9	0	0
Квартал 29	10	11	9,1	0

Кварталы № 22, 24, 17, 14, 6 преобладают по числу видов в 2019 г. По количеству новых видов лидируют кварталы № 14, 13, 17, 16. В большинстве случаев новыми видами в кварталах становились осина (*Populus tremula* L.), ирга колосистая (*Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), роза морщинистая (*Rosa rugosa* Thunb.), роза собачья (*R. canina* L.). Эти виды появились в результате распространения животными и ветром. Исчезающими – декоративные виды и виды, плоды которых употребляются в пищу, например, облепиха (*Hippophaë rhamnoides* L.), жимолость синяя (*Lonicera caerulea* L.) и др. Возможной причиной исчезновения этих видов являлось хищение.

Для оценки рекреационной нагрузки на Дендропарк мы подсчитали количество людей, входивших в него, начиная с 8 час. 00 мин. и заканчивая в 18 час. 00 мин. (табл. 2).

Таблица 2

Рекреационная нагрузка на Дендропарк

Дата/время	10:00– 11:00	11:00– 12:00	12:00– 13:00	13:00– 14:00	14:00– 15:00	15:00– 16:00	16:00– 17:00	17:00– 18:00
15 июля 2019	23 чел.	12 чел.	26 чел.	25 чел.	21 чел.	22 чел.	35 чел.	38 чел.
01 сентября 2019	16 чел.	43 чел.	38 чел.	23 чел.	52 чел.	30 чел.	48 чел.	40 чел.
03 октября 2019	18 чел.	13 чел.	32 чел.	24 чел.	15 чел.	8 чел.	29 чел.	20 чел.

Самые посещаемые часы с 12:00 до 13:00, с 14:00 до 15:00, с 16:00 до 18:00. Посещение Дендрологического парка зависит от дней недели и сезона. Тем самым, горожане оказывают большое влияние на видовой состав Дендрологического парка лесоводов Кировской области, изменяя количественное соотношение между видами в кварталах с момента основания парка и в настоящее время, а также проводят достаточно много времени, отдыхая и познавая флору Дендрологического парка.

Библиографический список

1. Соловьев А. Н. Памятники природы города Кирова и его окрестностей. Изд. 2-е, доп. Киров : АиСАН, 2017. 136 с.
2. Постановление от 28 декабря 2009 г. № 35/530 Об объявлении Дендрологического парка лесоводов Кировской области памятником природы регионального значения [Электронный ресурс]. – URL: <http://oopt.aari.ru/doc> (дата обращения: 12.03.2020).

ПРИМЕНЕНИЕ ПАНОРАМНОЙ СТЕРЕОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ И МОНИТОРИНГА ГОРОДСКИХ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Г. Я. Кантор^{1,2}, Л. В. Кондакова^{1,2}, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, grigory_kantor@mail.ru*

² *Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com*

Предложен способ съемки детального топографического плана зеленых насаждений городских парков, основанный на применении стереофотограмметрического метода в сочетании с построением круговой фотопанорамы.

Ключевые слова: парковое хозяйство, фотопанорама, стереофотограмметрическая съемка.

Достопримечательностью любого города являются зеленые насаждения, создающие своеобразный эстетический облик города, более комфортную и здоровую среду для проживания. Парк им. С. М. Кирова является центральным парком г. Кирова. Он был основан в 50–60 годы прошлого столетия на месте слободы Соловьевской и первое время носил ее название. С 1974 г. парк назван в честь Сергея Мироновича Кирова. Первое мониторинговое обследование парка было проведено в 1998 году сотрудниками лаборатории биомониторинга, преподавателями и студентами КГПИ. Общее количество деревьев, произраставших в парке в данный период по данным обследования составляло 4988 единиц, из них 79,1% имели оценку жизненного состояния «хорошо», что соответствует здоровым, не имеющим механических повреждений деревьям, 18,7% оценивались на «удовлетворительно» и 2,2% – «неудовлетворительно». Из древесных пород преобладали: клен ясенелистный (32,6%), береза повислая (25,1%), тополь (11,5%), липа мелколистная (7,8%), ясень обыкновенный (5,5%). Из хвойных пород, чувствительных к загрязнению воздуха, произрастали: сосна обыкновенная, (1,2%), лиственница сибирская (0,7%), ель (3%), единично была отмечена пихта сибирская. Всего было отмечено 18 видов древесных пород и 9 видов кустарников. Преобладали деревья с диаметром ствола 10–20 см (55,0%) и 20–50 см (33,2%). Диаметр ствола деревьев указывал на сравнительно молодой возраст деревьев.

За два десятилетия, прошедшие со времени предыдущего обследования, парк претерпел существенные изменения (появились новые строения, удалены погибшие и сильно поврежденные деревья, произведены новые посадки). Это потребовало обновления детального топографического плана парка, что требуется действующими инструкциями ведения паркового хозяйства [1, 2]. На практике это требование выполняется редко из-за высокой трудоемкости и стоимости топогеодезических работ. Предлагаемая нами технология существенно ускоряет и упрощает процесс создания топографического плана зеленых насаждений за счет применения техники стереофотограмметрической съемки [3, 4] парой цифровых фотокамер среднего ценового сегмента. Мы использовали фо-

токамеры Nikon COOLPIX AW130, важным достоинством которых является наличие встроенной системы позиционирования, включающей приемник GPS и магнитный компас. При включенной системе позиционирования геотеги записываются в метаданные каждого снимка, что существенно облегчает процедуру камеральной обработки результатов съемки. Две идентичные фотокамеры были смонтированы на жестком основании, размещенном на фотоштативе высотой 1,5 м с возможностью горизонтального панорамирования. Расстояние между параллельными оптическими осями фотокамер (стереобаза) может быть установлено на уровне 120, 180 или 240 мм. Съемка производилась при наивысшем разрешении фотокамеры (4608x3456 пикселей).

Следует отметить невысокую точность встроенной системы позиционирования (среднеквадратическая погрешность определения координат около 7 м, а погрешность определения направления съемки может быть очень большой вплоть до полного отказа, особенно в городских условиях при наличии сильных электромагнитных помех). Поэтому есть необходимость в применении различных алгоритмов коррекции пространственного положения съемочной системы. Одним из таких алгоритмов является монтаж круговой панорамы, что в некоторой степени аналогично выполнению замкнутого теодолитного хода при выполнении классической топографической съемки.

В широкоугольном режиме съемки горизонтальная ширина охвата составляет около 65° , следовательно, для монтажа полной круговой фотопанорамы достаточно выполнить 6 снимков с каждой точки съемки. Монтаж панорамы производился при помощи программы PanoramaStudio 3.4.0 производства Tobias Hüllmandel Software (Германия). Пример панорамы приведен на рисунке. Для просмотра панорам и выполнения стереофотограмметрических измерений нами разработана специальная программа PanoStereo, работающая со стереоскопическим монитором ASUS VG23AH. Программа позволяет выполнять коррекцию параметров съемки (координаты камеры и ориентация панорамы) и определять координаты объектов, видимых на снимке, а также размеры этих объектов. При величине стереобазы 180 мм возможно измерение диаметра стволов деревьев с точностью 1 см на расстоянии до 33 м. Параметры ориентирования стереокамеры предварительно определяются из геотегов блока EXIF и уточняются методом обратной засечки по видимым на снимке объектам, координаты которых с высокой точностью снимаются с имеющегося топоплана парка. При отсутствии на снимке объектов с известными координатами в качестве опорных точек используются деревья, координаты которых были определены ранее. Параметры деревьев (координаты и диаметр ствола, а также порода дерева) экспортируются в ГИС MapInfo в формате MIF/MID.



Рис. Пример круговой фотопанорамы парка им. С. М. Кирова

Для определения полного покрытия насаждений парка были сделаны 144 стереофотопанорамы, т. е. 864 стереопары, или 1728 отдельных файлов JPG.

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

Библиографический список

1. Приказ Минкоммунхоза РСФСР от 12.03.1971 N 130 «Об утверждении «Инструкции по инвентаризации зеленых насаждений в городах, рабочих, дачных и курортных поселках РСФСР». М. : Минкоммунхоз РСФСР, 1971. 9 с.
2. Методика инвентаризации городских зеленых насаждений. М. : Минстрой России, Акад. коммун. хоз. им. К. Д. Панфилова, 1997. 14 с.
3. Лобанов А. Н. Фототопография. Наземная стереофотограмметрическая съемка. М. : Недра, 1968. 267 с.
4. Указания по применению наземной стереофотограмметрической съемки в изысканиях автомобильных дорог. М. : Миндорстрой РСФСР, ГипродорНИИ, 1977. 110 с.

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПОЗИЦИИ ФИТОИНДИКАТОРОВ СЕМЕЙСТВА ASTERACEAE В ДОНБАССЕ

Т. И. Кравсун

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

Проанализированы изменения стратегий выживания видов растений семейства Asteraceae в центральных промышленных узлах Донбасса. В динамических условиях промышленного и урбанизированного региона система структурно-функциональных приспособлений и выживания находится в динамическом равновесии с факторами окружающей среды.

Ключевые слова: стратегии выживания, фитоиндикация, Донбасс.

Система выживания растений в нестабильных геохимических условиях представляет собой как вопрос фундаментальных исследований, так и прикладных [1, 2], что принципиально важно и востребовано в Донбассе – регионе повышенного антропогенного воздействия на природные системы [3–5]. Фитоиндикаторы Северного Приазовья изучены во многих целевых программах экологического мониторинга [3, 6–9] и нормирования импактных вмешательств в экосистемы [10].

Цель работы – провести скрининг реализации стратегического потенциала фитоиндикаторов семейства Asteraceae в центральных промышленных узлах Донбасса (в зависимости от экотопической приуроченности).

Диагностические мероприятия реализованы в системном принципе понимания вторичных систем выживания видов [11] и являются продолжением начатых работ по вегетативным стратегиям растений-индикаторов Донбасса [12].

Анализировали состояние ценопопуляций и структурной разнокачественности следующих видов растений: *Achillea nobilis* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Cirsium arvense* (L) Scop., *Coniza canadensis* (L.) Cronq., *Galinsoga parviflora* Cav., *Hieracium robustum* Fr., *Matricaria recutita* L. Принципиально важно, чтобы перечисленные виды встречались как свободноживущие представители природной флоры.

Для представления информации о стратегических преобразованиях использовали индексы вегетативных стратегий: ITR – индекс варибельности трихом (покровных); AAN – индекс строения анастомоз листа таким образом, чтобы выделять в категорию недоразвитых структур; ITS – показатель структурной целостности трихом в их специализации либо кроющего типа, либо ретортообразного; IASta – показатель строения околоустьичных клеток, что в целом формирует нетипичное строение всего устьичного аппарата (индексы указаны в табл. 1, 2).

Таблица 1

Реализация динамики стратегии видов астровых Донбасса по критериям вегетативной стабильности (2017–2019 гг.)

Вид	Изменения индексов шкалообразования												Стратегия**
	ITR			AAN			ITS			IASta			
	Категории пробных площадей*												
	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	B	B	
<i>Achillea nobilis</i> L.	-1	-		-2		-	-	-1		-	-	-	CSR → C-S
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	-	-2	-	-	-1	-	-2	-	-	-4	-1	-	C-R → CSR
<i>Artemisia absinthium</i> L.	-1	-		-2	+1	+1	-2	+1		-	-	+1	C-S
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	-2	-		-	-1	-	-	-1		-2	-2	-2	CSR → C-S
<i>Centaurea diffusa</i> Lam.	-	+2		-	+2		-2	-		+1	+1		CSR → S-R
<i>Cirsium arvense</i> (L) Scop.	-	+1		-1	-1		-1	+1		-2	-1		C-R
<i>Coniza canadensis</i> (L.) Cronq.	-1	+1		-1	-		-4	-1		-	-		S-R
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	-	-		-	+1		-	-		-1	+1		C-R → CSR
<i>Hieracium robustum</i> Fr.	-	-	+1	-	-		-2	-		-	-		C-S
<i>Matricaria recutita</i> L.	-3	-	-	-3			-	-1		-	-	-	CSR → C-S

Примечание: * A – полностью трансформированные ландшафты; B – измененные ландшафты механическим способом без химического загрязнения; B – экотопы природных малотрансформированных участков; ** C-R – конкурентные рудералы, S-R – стресс-толерантные рудералы, C-S – стресс-толерантные конкуренты и CSR-стратегии.

Установлено, что при смене экотопического состояния меняется и стратегия вида, что можно зафиксировать за 2–3 года вегетационных наблюдений. В

современном донецком экономическом регионе созданы условия для открытого эксперимента по изучению стратегий выживания и адаптациогенеза видов природной флоры.

Тенденции сопряженного процесса приспособлений вегетативных и генеративных структур едины для *Ambrosia artemisiifolia*, *Cirsium arvense* и *Galinsoga parviflora*, что указывает на целостность реакции на уровне организма при реализации всего онтогенетического цикла.

Таблица 2

Характеристики сопряженных процессов вегетативной и генеративной стратегий некоторых видов астровых Донбасса

Вид	Определяющий признак вегетативной стратегии	Вегетативная вторичная стратегия	Репродуктивная вторичная стратегия
<i>Achillea nobilis</i> L.	AAN	C-S	C-R
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	IASta	CSR	
<i>Artemisia absinthium</i> L.	AAN	C-S	C-R
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	IASta		
<i>Centaurea diffusa</i> Lam.	ITR + AAN + ITS	S-R	CSR
<i>Cirsium arvense</i> (L) Scop.	IASta + ITS	C-R	
<i>Coniza canadensis</i> (L.) Cronq.	ITS	S-R	CSR
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	IASta	CSR	
<i>Hieracium robustum</i> Fr.	ITS	C-S	C-R
<i>Matricaria recutita</i> L.	ITR + AAN		CSR

Таким образом, в меняющихся условиях среды промышленного региона – разрушения или восстановления экотопов, динамизма геохимического баланса при резких подъемах и спадах работы промышленности Донбасса – растительные организмы отражают систему трансформационной ситуации и по установленным тенденциям являются информативными индикаторами состояния среды.

Библиографический список

1. Жуйкова Т. В., Безель В. С. Адаптации растительных систем к химическому стрессу: популяционный аспект // Вестник Удмурского ун-та. Биол. Науки о Земле. 2009. Вып. 1. С. 31–42.
2. Огородова Т. В. Формирование термина «жизненные стратегии» // Проблемы современной науки и образования. 2015. № 11. С. 238–240.
3. Глухов А. З., Сафонов А. И. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // Промышленная ботаника. 2002. Т 2. С. 7–14.
4. 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
5. Safonov A. I. Phytoindicational monitoring in Donetsk // Наука. Мысль. 2016. № 4. С. 59–71.
6. Сафонов А. И. Стратегическая потенциализация фитоиндикаторов техногенных загрязнений // Аграрная Россия. 2009. № 51. С. 58–59.
7. Сафонов А. И. Индикаторная роль растений в системе управления городом в промышленном регионе // Экологическая ситуация в Донбассе. М. : Изд-во МНЭПУ, 2016. Т. 1. С. 288–293.

8. Сафонов А. И. Фронтальный спектр фитодиагностики в Донбассе (2018–2019 гг.) // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. (Донецк, 31 октября 2019 г.). Т. 2: Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019. С. 270–271.

9. Сафонов А. И. Коррекция фитоиндикационных критериев оценки среды в связи с микроклиматическими изменениями в Донбассе // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 3–5 октября 2019 г.). Воронеж : Изд-во «Цифровая полиграфия». 2019. Т. 2. С. 166–167.

10. Глухов А. З., Сафонов А. И. Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : материалы I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 311–312.

11. Grime J. P. Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. N.Y. : Wiley, 2001. 417 p.

12. 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, 31 октября 2019 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019. С. 241–243.

СОСТАВ СЕМЕЙСТВА CRUCIFERAE (BRASSICACEAE) В ГЕРБАРНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВЯТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

А. М. Касьянова, С. В. Шабалкина

Вятский государственный университет, nasturtium2017@yandex.ru

В статье представлен конспект семейства Cruciferae в гербарной коллекции Вятского государственного университета, который включает 52 вида из 32 родов. Анализ показал, что в коллекции имеются 622 экземпляра растений, собранных преимущественно в Кировской области с 1824 по 2019 гг.

Ключевые слова: Cruciferae, Brassicaceae, вид, род, таксон, Кировская область, гербарный образец.

Семейство Cruciferae (Brassicaceae) насчитывает более 4000 видов, относящихся к 372 родам [1]. Представители широко распространены во всем мире, особенно во внетропических областях Северного полушария, с наибольшим разнообразием в Ирано-Туранской области, Средиземноморье и на западе Северной Америки [2]. Во флоре средней полосы европейской части России оно насчитывает, по разным данным, 138 [3] и более видов [4]. Во флоре Вятского края Cruciferae занимает пятое место по числу видов [5]. В 1975 г. опубликованы сведения о 45 [6], позднее – 66 видах [5]. По данным на 2007 г. выявленные виды относятся к 32 родам. По числу видов лидируют роды *Brassica* L., *Lepidium* L., *Rorippa* Scop., *Sisymbrium* L. (по 6 видов), *Camelina* Crantz, *Cardamine* L., *Erysimum* L. (по 4 вида).

Одним из источников информации о флористическом разнообразии конкретного региона являются гербарии. Ниже приведен список растений этого

семейства, которые имеются в гербарной коллекции кафедры биологии и методики обучения биологии Вятского государственного университета (табл.). Кроме того, указаны число экземпляров, место и год (при наличии нескольких образцов – диапазон по первому и последнему датированному экземпляру) сбора.

Таблица

Представленность семейства Cruciferae в гербарной коллекции

№	Название вида	Число образцов	Место сбора	Год сбора
1	2	3	4	5
1	<i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	4	окр. г. Киров, КО (2)	1922–1983
2	<i>Arabis alpina</i> L.	1	не указано	не указано
3	<i>Arabis pendula</i> L.	7	КО (3), Удмуртская Республика	1919–1966
4	<i>Arabis sagittata</i> (Bertol.) DC	1	КО (1)	1922
5	<i>Armoracia rusticana</i> Gaertn.	6	окр. г. Киров, КО (4)	1971–2017
6	<i>Barbarea stricta</i> Andrz.	1	КО (1)	1926
7	<i>Barbarea vulgaris</i> R.Br.	29	окр. г. Киров, КО (11), Тульская область	1903–2017
8	<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	48	окр. г. Киров, КО (14), Республика Коми	1959–2017
9	<i>Brassica campestris</i> L.	8	окр. г. Киров, КО (2)	1904–2017
10	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.	1	КО (1)	2015
11	<i>Brassica napus</i> L.	1	не указано	не указано
12	<i>Bunias orientalis</i> L.	30	окр. г. Киров, КО (8)	1964–2017
13	<i>Calepina corvini</i> (All.) Desv.	1	Грузия	1907
14	<i>Camelina microcarpa</i> Andrz.	11	окр. г. Киров, КО (2)	1914–1996
15	<i>Camelina sativa</i> (L.) Crantz	4	окр. г. Киров, КО (2)	1921–1927
16	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	104	окр. г. Киров, КО (17) Республика Коми, Костромская, Нижегородская и Вологодская области	1959–2017
17	<i>Cardamine amara</i> L.	21	окр. г. Киров, КО (7)	1928–1987
18	<i>Cardamine dentata</i> Schult.	14	окр. г. Киров, КО (7)	1958–2012
19	<i>Cardamine impatiens</i> L.	11	КО (5)	1962–2005
20	<i>Cardamine trifida</i> (Poir.) B.M.G. Jones	2	КО (2)	1957–1966
21	<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.	3	окр. г. Киров	1903–1992
22	<i>Chorispora tenella</i> (Pall.) DC.	1	окр. г. Киров	1954
23	<i>Clypeola jonthlaspi</i> L.	1	окр. г. Киров	1900
24	<i>Dentaria quinquefolia</i> M. Bieb.	1	КО (1)	1965
25	<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	22	окр. г. Киров, КО (12)	1913–1993
26	<i>Draba muralis</i> L.	1	окр. г. Киров	1957
27	<i>Draba nemorosa</i> L.	15	окр. г. Киров, КО (3)	1928–1996
28	<i>Erophila verna</i> (L.) Besser	7	окр. г. Киров, КО (3), Грузия	1906–1969

1	2	3	4	5
29	<i>Erysimum canescens</i> Roth.	1	окр. г. Киров	2008
30	<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	79	окр. г. Киров, КО (25), Нижегородская обл., Республика Коми	1917–2015
31	<i>Erysimum hieracifolium</i> L.	3	окр. г. Киров, КО (1)	1916–1922
32	<i>Hesperis matronalis</i> L.	5	окр. г. Киров, КО (4)*	1980–2017
33	<i>Isatis iberica</i> Steven	1	окр. г. Киров	1904
34	<i>Lepidium ruderale</i> L.	16	окр. г. Киров, КО (3)	1918–2000
35	<i>Lepidium sativum</i> L.	1	КО (1)	1994
36	<i>Matthiola incana</i> (L.) W.T. Aiton	1	Кирово-Чепецкий район	2015
37	<i>Neslia paniculata</i> (L.) Desv.	3	окр. г. Киров, КО (2)	1926–1998
38	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	21	окр. г. Киров, КО (8)	1927–2017
39	<i>Raphanus sativus</i> L.	4	КО (2)	1965–2017
40	<i>Rapistrum perenne</i> (L.) All.	1	Республика Казахстан	1958
41	<i>Rorippa</i> × <i>anceps</i> (Wahlenb.) Reichenb.	4	окр. г. Киров, КО (2)	2017
42	<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Bess.	15	окр. г. Киров, КО (7)	1824–2019
43	<i>Rorippa palustris</i> (L.) Bess.	19	окр. г. Киров, КО (12)	1917–2013
44	<i>Rorippa sylvestris</i> (L.) Bess.	12	окр. г. Киров, КО (5)	1963–2016
45	<i>Schivereckia podolica</i> (Bess.) Andrz. ex DC.	1	КО (1)	1988
46	<i>Sinapis alba</i> L.	1	не указано	не указано
47	<i>Sinapis arvensis</i> L.	4	окр. г. Киров, КО (3)	1916–1969
48	<i>Sisymbrium altissimum</i> L.	1	КО (1)	1965
49	<i>Sisymbrium loeselii</i> L.	11	окр. г. Киров, КО (3)	1926–2019
50	<i>Sisymbrium officinale</i> (L.) Scop.	3	окр. г. Киров, КО (1)	1925–2017
51	<i>Thlaspi arvense</i> L.	47	окр. г. Киров, КО (11), Вологодская область	1962–2017
52	<i>Turritis glabra</i> L.	12	окр. г. Киров, КО (6)	1913–2017

Примечание: сокращения окр. – окрестности; КО – Кировская область; в скобках указано число районов Кировской области.

Таким образом, в гербарной коллекции имеются сборы 52 видов растений из 32 родов. Из флоры Вятского края представлены 42 вида (63,6% от семейства Cruciferae). По числу экземпляров лидируют наиболее распространенные таксоны – *Capsella bursa-pastoris*, *Erysimum cheiranthoides*, *Berteroa incana*, *Thlaspi arvense*, *Bunias orientalis* (табл.). Растения собраны преимущественно в Кировской области, лишь небольшое число образцов присутствуют из Грузии, Республики Казахстан, Республик Коми и Удмуртской, Нижегородской, Вологодской, Костромской и Тульской областей. Наполнение коллекции происходит в течение длительного времени, начиная с 1824 г. и по настоящее время.

В целом, анализ семейства Cruciferae показал, что необходимо не только пополнение видами растений, отсутствующими в гербарной коллекции, но и расширение географии мест сбора в Кировской области. Гербарий – это динамичный и постоянно обновляющийся источник информации, требующий пла-

номерной и постоянной работы по идентификации, инвентаризации и систематизации имеющихся и вновь поступающих материалов.

Библиографический список

1. The Plant List [Electronic resource]. – URL: <http://www.theplantlist.org> (дата обращения 16.03.2020).
2. Flora of North America [Electronic resource]. – URL: http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=1 (дата обращения 16.03.2020).
3. Дорофеев В. И. Семейство Крестоцветные – Cruciferae (Brassicaceae) средней полосы европейской части Российской Федерации // Turczaninowia. 1998. Т. 1, № 3. С. 5–91.
4. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2014. 11-е изд. 635 с.
5. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1. Сосудистые растения. Киров : ОАО «Кировская обл. типография», 2007. 440 с.
6. Определитель растений Кировской области / отв. ред. И. А. Шабалина. Ч. 2. Киров, 1975. 304 с.

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ОРАНЖЕРЕЙНЫХ РАСТЕНИЙ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВЯТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Е. Д. Боброва¹, Е. А. Домнина^{1,2}, В. С. Пашкин¹
¹ Вятский государственный университет, Liza_93@mail.ru
² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

В Ботаническом саду Вятского государственного университета имеются две зимние теплицы. По данным на 1 января 2019 г. в теплицах насчитывается 361 вид растений (не считая сортов, разновидностей, садовых форм и культиваров), объединенных в 95 семейств. Экологический анализ показал, что по отношению к фактору увлажнения преобладает группа мезофитов – 244 вида, по отношению к свету – группа гелиосциофитов – 209 видов.

Ключевые слова: Ботанический сад ВятГУ, оранжерейные растения, систематический анализ, экологическая группа, группа декоративности.

Ботанический сад ВятГУ является одним из старейших в России [2]. В Ботаническом саду культивируются редкие виды растений, в том числе оранжерейные. До настоящего времени инвентаризация оранжерейных растений не проводилась.

Цель работы: инвентаризация оранжерейных растений Ботанического сада ВятГУ.

Уникальные виды и сорта тропических и субтропических растений размещаются в двух оранжереях Ботанического сада ВятГУ. В них созданы благоприятные условия: поддерживается соответствующая температура (18–25 °С), влажность воздуха (70–80%), разработан график и система полива.

По данным на 1 января 2019 г. в теплицах насчитывается 361 вид растений (не считая сортов, разновидностей, садовых форм и культиваров). В ходе

работы каждый вид описан по плану: русское и латинское название, систематическое положение, родина, морфологическое описание, отношение к экологическим факторам, агротехника, декоративные качества.

Для проведения систематического анализа флоры была составлена таблица в программе Excel с распределением видов по семействам. Систематический анализ показал, что 361 вид объединен в 95 семейств. Наиболее представительны семейства: кактусовые (*Cactaceae*) – 41 вид, ароидные (*Araceae*) – 30 видов, толстянковые (*Crassulaceae*) – 39 видов, бромелиевые (*Bromeliaceae*) – 23 вида.

Родиной 122 видов растений является Америка, 102 видов – Африка, 66 видов – Азия, 23 видов – Евразия, 12 видов – Индия и 36 видов – Бразилия. Таким образом, родиной большей части видов являются страны с тропическим и субтропическим климатом.

Условия содержания растений в теплицах отличаются от таковых в естественной природной среде, поэтому растения, например, по отношению к влажности, делят на группы обильного, умеренного и редкого полива. В природных условиях по отношению к абиотическим факторам эти группы можно соотнести с гигрофитами, мезофитами и ксерофитами.

Нами были выделены экологические группы растений по отношению к влажности и свету.

По приуроченности к условиям увлажнения выявлено: 244 вида мезофитов (гиппеаструм садовый, хлорофитум хохлатый и др.), 104 вида ксерофитов (гуэрния макрокарпа, опунция мелковолоосистая и др.) 12 видов гигрофитов (сингониум крупнолистный, псевдерантемум сетчатый и др.) (рис. 1). Экологический анализ показал, что по отношению к фактору увлажнения преобладает группа мезофитов.

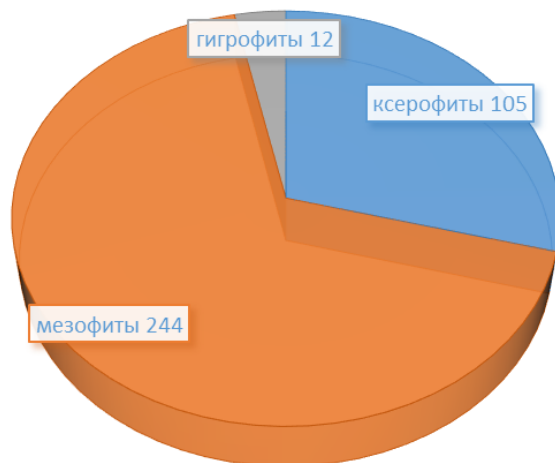


Рис. 1. Соотношение экологических группы оранжерейных растений Ботанического сада ВятГУ по отношению к фактору увлажнения

По отношению к свету: гелиофитов 117 видов (сабаль малый, цереус перуанский и др.), гелиосциофитов 209 видов (фиттония Вершафельта, бегония серебряно-пятнистая и др.), сциофитов 35 видов (аглаонема измененная, диффенбахия расписная стволовая и др.) (рис. 2).

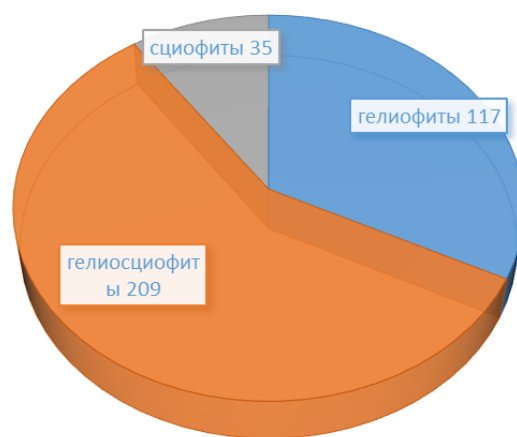


Рис. 2. Соотношение экологических групп оранжерейных растений Ботанического сада ВятГУ по отношению к свету

По декоративности выявлено 303 вида красивоцветущих растений, 58 видов декоративно-лиственных.

Таким образом, изучение географических, биологических и экологических особенностей оранжерейных растений позволит обеспечить более благоприятные условия ухода для их роста и развития, а учет декоративных свойств – рекомендовать для использования в оформлении помещений различного назначения.

Библиографический список

1. Eco.bobrodobro.ru – История возникновения и развития ботанического сада [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eco.bobrodobro.ru/>

ВИДЫ РОДА *SALSOLA* L. ВО ФЛОРЕ ТАРКАПЧИГАЙСКОГО БОТАНИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНА (УЗБЕКИСТАН)

А. С. Абдураимов, С. А. Данияров

Гулистанский государственный университет, Гулистан, Узбекистан

Abduraimov2017@inbox.ru

На основе анализа образцов, собранных в ходе полевых исследований и хранимых в фонде Национального гербария (TASH) Института ботаники АН РУз приведены виды рода *Salsola* L., распространенные в Таркапчигайском ботанико-географическом районе. В районе исследования зарегистрировано 12 видов этого рода. Составлены современные ГИС карты распространения некоторых хозяйственно-ценных видов.

Ключевые слова: флора, *Salsola* L., вид, Узбекистан, Таркапчигай.

В настоящее время в Узбекистане, где сосредоточено значительное мировое видовое разнообразие флоры и фауны, отмечается ухудшение состояния биологических ресурсов луговых, лесных, степных, пустынных и других экосистем [1]. Многие виды стали редкими и находятся под угрозой исчезновения.

Опасность потери богатства биологического разнообразия Узбекистана становится крайне угрожающей, так как в последнее время население стало вовлекать в хозяйственный оборот значительно больше биологических ресурсов.

Род *Salsola* L. (солянка) из семейства *Amaranthaceae* (incl. *Chenopodiaceae*) – амарантовые установлен С. Linnaeus в «*Specius plantarum*» в 1753 г. и содержал всего 5 видов. Объем и система этого гетерогенного и полиморфного рода неоднократно изменялись. По имеющимся данным насчитывалось в роде от 120 до 170 видов, распространенных в пустынных и полупустынных областях умеренного и жаркого поясов земного шара [2]. Объем родов в подсемействе не подлежит однозначной трактовке. Еще в конце XX столетия многие роды принимались в широком смысле, например, род *Salsola*, насчитывавший от 50 до 100 видов. В последнее десятилетие, по результатам молекулярно-филогенетического анализа, наметилась четкая тенденция к дроблению ряда объемных родов [3].

Происхождение почти всех таксонов подсемейства связано с (семи) аридными регионами Азии и севера Африки. Некоторые виды солянки широко используются в традиционной медицине, обладают успокаивающим, легким снотворным, общеукрепляющим, потогонным, мягким слабительным и противоглистным действиями [4].

Исследования проведены в Таркапчигайском ботанико-географическом районе (2018–2020 гг.). Он включает западные отроги Гиссарского хребта, расположенные к югу от Гузара и Дехканабада, на левобережье Кичик-Урадарьи и в бассейне реки Таркапчигай (горы Элликбаш, Сакрытау и др.). Юго-восточная граница района проходит по левому водораздельному гребню Таркапчигая. С севера район ограничивает долина Кичик-Урадарьи и Гузардарьи. Интервал высот от 450–500 до 2172 м н.у.м (рис.).

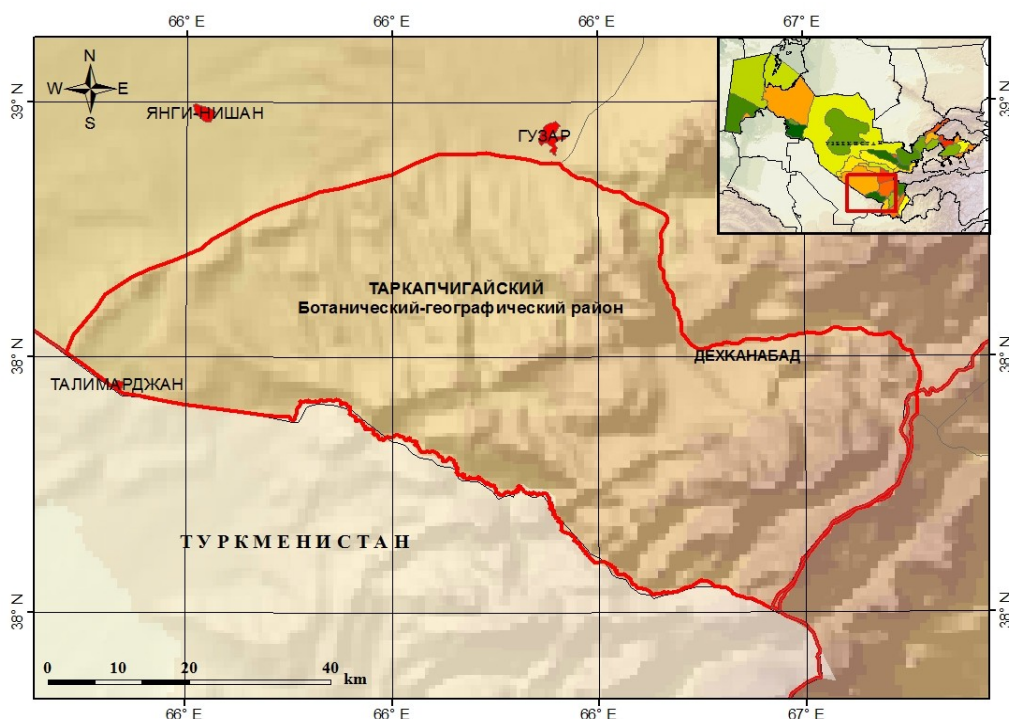


Рис. Таркапчигайский ботанико-географический район (Узбекистан)

Полученные в ходе полевых исследований результаты и гербарные образцы, сохраняемые в Национальном гербарии (TASH) Института ботаники АН РУз, критически проанализированы. По результатам исследований выявлено, что в районе произрастают 12 видов рода *Salsola* L.

1. *Salsola arbuscula* Pall. – солянка деревцевидная. Кормовое, красильное, дубильное, лесомелиоративное.

2. *S. arbusculiformis* Drobow – солянка боялычевидная. Кормовое.

3. *S. collina* Pall. – солянка холмовая. Кормовое, лекарственное.

4. *S. dendroides* Pall. – солянка древовидная. Кормовое, лесомелиоративное.

5. *S. gemmascens* Pall. – солянка почечконосная. Кормовое, лекарственное, красильное, декоративное.

6. *S. iberica* Sennen et Pau. – солянка иберийская. Кормовое.

7. *S. leptoclada* Gand. – солянка тонковетвистая. Кормовое.

8. *S. lipschitzii* Botsch. – солянка Липшица. Кормовое

9. *S. orientalis* S.G. Gmel. – солянка восточная. Кормовое.

10. *S. paulsenii* Litv. – солянка Паульсена. Кормовое.

11. *S. sclerantha* C.A. Mey. – солянка хрящцветная. Кормовое.

12. *S. vvedenskyi* Iljin et Popov – солянка Введенского. Кормовое.

В ходе экспедиций выявлено, что в Таркапчигайском ботанико-географическом районе произрастают 12 видов рода *Salsola*. Как упомянуто выше, представители данного рода считаются качественными кормовыми растениями для рогатого скота. Ведение мониторинговых работ по видам рода *Salsola* способствует обеспечению рогатого скота доступным и дешевым кормом.

Выявленные по распространению представителей рода данные используются при формировании современного списка флоры и создании кадастра сосудистых растений Таркапчигайского ботанико-географического района. Полученные научные результаты используются в обеспечении биологического разнообразия растений и в ведении многолетних мониторинговых работ природоохранных организаций.

Образцы, собранные в Таркапчигайском ботанико-географическом районе, послужат обогащению фонда Национального гербария (TASH).

Библиографический список

1. Biodiversity in Central Asia: A visual synthesis. International Environment House, Geneva, Switzerland, 2011. 83 p.

2. Магомедова Б. М., Мингажева М. М. Состояние популяций эндемика восточного кавказа *Salsola daghestanica* (Turcz.) Turcz // Вестник Башкирского университета. 2016. Т. 30, № 2. С. 46–53.

3. Бочанцев В. П. Род *Salsola* L., краткая история его развития и расселения // Ботанический журнал. 1969. Т. 54, № 7. С. 989–1001.

4. Изучение состава фенольных соединений травы солянки иберийской (*Salsola iberica* (Sennen&Pau) Botsch.) флоры республики Дагестан методом ВЭЖХ / А. А. Аминова, О. Н. Денисенко, С. С. Ляшенко, Л. А. Бережная // Здоровье и образование в XXI веке. 2016. Т. 18, № 10. С. 109–112.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЙ МЕСТНОЙ ФЛОРЫ В КРОВЕЛЬНОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ

Е. В. Лелекова, И. А. Коновалова, А. Е. Зыкин

Вятский государственный университет, LelekovaEV1980@mail.ru

Спроектированы растительные покрытия для кровельного озеленения из растений местной флоры. Проведен мониторинг их роста и развития на экспериментальных площадках с разной экспозицией склонов. С учетом требований к условиям освещенности, типов подземных органов, интенсивности освоения пространства и декоративности, отобраны 26 видов из 13 семейств флоры подзоны средней тайги. Даны рекомендации по использованию их для кровельного озеленения по экстенсивному типу в умеренных широтах.

Ключевые слова: кровельное озеленение, экстенсивный тип, растения местной флоры, экспериментальная площадка.

Озеленение крыш – отрасль ландшафтного строительства. Пионерами в разработке современной технологии устройства этих объектов считаются немецкие ученые и инженеры, заложившие основу проектирования более 30 лет назад. Сегодня наблюдается активное использование и строительство зеленых кровель в Европейских странах и США. Мировой лидер в области создания «воздушных» садов – Германия. Именно там пришли к единому соглашению ученые, представители власти и бизнеса.

В России ситуация на рынке кровельной индустрии не такая однозначная, и примеры озеленения кровель остаются единичными: их можно наблюдать в Санкт-Петербурге, Москве, Калининграде, Екатеринбурге, Воронеже и некоторых других городах. Их создание в первую очередь требует решения проблемы правильного технологического подбора растений [1, 2]. Кировская ландшафтная компания «Фрея», одна из первых в России, несколько лет создает и обустроивает это дополнительное пространство. Интересные и разноплановые проекты реализованы на Валдае, в Петергофе, Московском регионе.

Традиционно для озеленения крыш используются седумные маты из разных видов очитков и злаковые травосмеси. В 2019 г. в рамках работы над проектом «Живая кровля» данной компании, мы заложили опыт по использованию растений местной флоры для кровельного озеленения. Цель исследования – спроектировать растительные покрытия из растений природной флоры России с последующим мониторингом их роста и развития на экспериментальных площадках с разной экспозицией склонов.

Проект реализовывали в несколько этапов. На *подготовительном* составлен список из 26 видов растений разных эколого-ценотических групп: бореальной, неморальной, плюризональной и лесостепной. При отборе предпочтение отдавалось, прежде всего, многолетним травам с мочковатой корневой системой, либо горизонтальными тонкими корневищами. Для последующей оценки поведения растений в смешанных композициях, взаимного влияния друг на

друга и выявления наиболее стресс-толерантных особей подбор видов осуществляли с учетом разных стратегий их жизни.

Для проектирования растительных покрытий изготовили экспериментальные площадки, имитирующие южную, северную и западную экспозиции склонов. Площадь каждой составила 1 м². Это деревянный короб, дно которого покрыто пленкой с отверстием для выхода избыточной влаги. Сверху размещен геотекстиль, препятствующий смещению грунта по наклонной поверхности и участвующий в формировании дерновины. Непосредственно на него укладывался и уплотнялся до 8–10 см толщиной почвогрунт. Всего смонтировано 9 экспериментальных площадок: по три повторности на каждую экспозицию.

Растения были изъяты из природной среды, освобождены от органов вегетативного размножения посторонних видов и размещены на площадках в конце вегетационного периода (14 августа 2019 г.). Каждый вид на площадке представлен одной особью. Для оценки взаимного влияния, они распределены в случайном порядке. Главная задача – оценка приживаемости особей видов в новых условиях для продолжения эксперимента следующей весной.

Мониторинг роста и развития особей проводили каждые 10 дней. Учет вели по следующим показателям: фенофаза, жизненность и увеличение проективного покрытия (нарастание материнской особи и образование дочерних). Жизненность (состояние особи в конкретный момент времени) оценивали по разработанной балльной шкале: 1 балл характеризует гибель особи; 2 – наличие отмирающих органов; 3 – живая особь без признаков отмирания. Проективное покрытие оценивали в начале и в конце эксперимента и выражали в процентах от занятой растением площади. Во время каждого снятия показаний отмечали образование новых дочерних особей и нарастание материнской.

Обработку и анализ результатов проводили в лаборатории. Данные мониторингов заносили в таблицы Excel, где производили их статистический анализ с последующим построением графиков и диаграмм.

Для наблюдения выбраны 26 видов растений из 13 семейств (таб.).

Таблица

Список видов, отобранных для создания растительных покрытий

№	Название семейства	Название растений	Ареал	Отношение к свету
1	2	3	4	5
1	Boraginaceae	<i>Pulmonaria obscura</i> Dumort.	неморальный	сциогелиофит
2	Caryophyllaceae	<i>Stellaria holostea</i> L.	неморальный	гелиофит
3	Compositae	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	бореальный	сциогелиофит
		<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam	плюризональный	гелиофит
		<i>Achillea millefolium</i> L.	плюризональный	гелиофит
4	Crassulaceae	<i>Sedum telephium</i> L.	бореальный	гелиофит
5	Geraniaceae	<i>Geranium pratense</i> L.	бореальный	гелиофит
6	Hypericaceae	<i>Hypericum perforatum</i> L.	бореальный	гелиофит
7	Fabaceae	<i>Trifolium alpestre</i> L.	лесостепной	гелиофит
		<i>Trifolium aureum</i> Pollich	бореальный	гелиофит
		<i>Trifolium arvense</i> L.	бореальный	гелиофит
		<i>Trifolium repens</i> L.	плюризональный	гелиофит

1	2	3	4	5
8	Lamiaceae	<i>Glechoma hederacea</i> L.	неморальный	сциогелиофит
		<i>Ajuga reptans</i> L.	неморальный	гелиофит
9	Lycopodiaceae	<i>Diphasiastrum complanatum</i> (L.)	бореальный	гелиофит
10	Poaceae	<i>Hierochloe odorata</i> (L.) P.Beauv.	неморальный	гелиофит
		<i>Alopecurus pratensis</i> L.	бореальный	гелиофит
		<i>Poa pratensis</i> L.	бореальный	гелиофит
		<i>Melica nutans</i> L.	бореальный	сциогелиофит
11	Rosaceae	<i>Geum rivale</i> L.	бореальный	сциогелиофит
		<i>Fragaria vesca</i> L.	бореальный	сциогелиофит
		<i>Potentilla anserina</i> L.	плюризональный	сциогелиофит
		<i>Potentilla argentea</i> L.	бореальный	гелиофит
		<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	бореальный	сциогелиофит
12	Ranunculaceae	<i>Ranunculus repens</i> L.	бореальный	гелиофит
13	Scrophulariaceae	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	бореальный	сциогелиофит

Доминируют бореальные виды (61,5%); с долей менее 20% – неморальные и плюризональные, единично (*Trifolium alpestre*) – лесостепные.

Для повышения биоразнообразия растительных покрытий подбор видов семенных растений осуществляли с учетом их жизненных форм. В группу короткокорневищные / стержнекорневые растения (28% от общего числа) объединены короткокорневищные *Pulmonaria obscura*, *Alchemilla vulgaris*, *Geranium pratense*, *Geum rivale*, *Leucanthemum vulgare*, *Sedum telephium* и стержнекорневая *Potentilla argentea*. Это представители средне- и крупнолистного разнотравья. Для каждого характерно формирование компактного центра за счет развития материнской особи и дочерних на незначительном удалении от нее. Их листовые пластинки разной степени расчлененности и окраски, собраны в прикорневые розетки. Растения отлично сочетаются в разновидовых композициях и создают устойчивый напочвенный покров.

Длиннокорневищные растения (24%) отлично закрепляют и осваивают субстрат, создавая дерновину. Это особенно важно в условиях скатных крыш. К данной группе отнесены виды из семейств Poaceae и Fabaceae, а также представители разнотравья: *Trifolium alpestre*, *Hypericum perforatum*, *Achillea millefolium*, *Melica nutans*, *Hierochloe odorata* и др.

Короткокорневищные-рыхлокустовые (8%) растения не образуют кочек, снижающих общую декоративность кровли. Среди них *Alopecurus pratensis* и *Poa pratensis*.

Наземно-ползучие травы (*Trifolium repens*, *Glechoma hederacea*, *Veronica chamaedrys*, *Antennaria dioica*) формируют рыхлые куртины (16%). Их побеги полегают и стелются по поверхности, у некоторых укореняются в узлах и многократно ветвятся. В результате образуются своеобразные побеги-плети с ассимилирующими листьями, создающие напочвенный покров с соцветиями разных окрасок.

Наземно-столонные растения (16%) формируют прикорневые розетки листьев, в пазухах которых развиваются длинные столоны с дочерними особями. Это *Potentilla anserina*, *Fragaria vesca*, *Ajuga reptans*, *Ranunculus repens*. Высокая декоративность, полурозеточные побеги, интенсивное разрастание – явные преимущества представителей данной группы.

В качестве модельных видов для экспериментальных площадок мы отобрали и два однолетних растения (8%) – *Trifolium aureum* и *T. arvense*. В конце вегетационного периода они отмирают, оставляя большое количество мелких семян. Кроме того, для оценки произрастания в условиях кровли, был отобран представитель высших споровых растений – *Diphasiastrum complanatum*. Это многолетнее растение, веерообразно восходящие ярко-зеленые побеги которого выгодно отличают его в растительных композициях.

При отборе предпочтения отдавались светолюбивым и теневыносливым видам: 62% занимают гелиофиты (произрастающие в условиях интенсивной инсоляции), 38% – сциогелиофиты (выдерживающие затенение).

Подавляющее большинство растений на момент высадки имели высокую жизнеспособность: побеги и листья у них были естественного цвета, без признаков отмирания. В конце вегетационного периода половина исследуемых особей сохранила высокие показатели жизнеспособности и продолжала вегетацию. Это *Glechoma hederacea*, *Geum rivale*, *Ajuga reptans* и др. В естественной среде обитания у них наблюдались явные признаки увядания. Развитие растений и длительная фотосинтетическая активность на экспериментальных площадках говорит об успешной их адаптации к новым условиям обитания и закреплении на субстрате. Средние показатели жизнеспособности установлены у 28–35%. Они также продолжали вегетацию, но их темпы роста постепенно снижались. Среди них *Veronica chamaedrys*, *Geranium pratense*, *Alchemilla vulgaris*, *Pulmonaria obscura* и др. Считаем, что их адаптация также прошла успешно.

Растений с низкими показателями жизнеспособности от 15 до 22%. Эту группу в большинстве своем составляют закончившие период развития однолетники, а также многолетние растения, надземные части которых постепенно отмирали в течение эксперимента, а сами они переходили в состояние естественного покоя. На основании данных мониторинга следующего года будет сделан вывод о целесообразности использования их в кровельном озеленении.

В начале эксперимента большинство растений находились в фазах плодоношения (27%) и вторичной вегетации (38%). Цвело и плодоносило 18% трав. В середине осени многолетники в естественной среде перешли в состояние покоя с разной степенью выраженности. В условиях экспериментальных площадок с субстратом, поднятым над уровнем почвы, подавляющее большинство видов продолжало вторичную вегетацию и нарастание (в среднем, 68%). Процент пожелтевшей листвы и отмерших надземных побегов был значительно ниже, чем у их представителей в природных фитоценозах. По-видимому, это обусловлено лучшим прогреванием субстрата и омоложением особей при пересадке. Некоторые виды перешли к вторичному цветению (*Glechoma hederacea*, *Alchemilla vulgaris*, *Antennaria dioica*), что говорит об их успешной адаптации к новым условиям. Отмерли в фазе плодоношения, в среднем, 14% особей.

Доля растительного покрова на площадках в начале эксперимента варьировала от 25 до 32%. Согласно данным итоговой инвентаризации эти показатели выросли вдвое. Степень увеличения *проективного покрытия* на данном этапе зависела в большей степени от биологии видов, особенностей их роста и развития, чем от экспозиции склона. Освоение среды происходило с разной степенью интенсивности. Растения первой группы (19% от общего числа видов) не имели видимого прироста. Это в первую очередь однолетники и некоторые многолетние (*Trifolium alpestre*, *Sedum telephium*) травы.

Вторая группа (23%) включает растения с низким (до 1%) увеличением проективного покрытия. Это *Geum rivale*, *Hypericum perforatum*, *Melica nutans* и др. Считаем, что эти длиннокорневищные и наземно-столонообразующие травы в большей степени адаптировались к новым условиям, укоренялись и наращивали ассимилирующую массу. Предполагаем, что в следующем сезоне их развитие будет более интенсивным.

Самая объемная по числу видов третья группа трав (42%). Они увеличили свое проективное покрытие на 2,5%. В основном, это наземно-ползучие, наземно-столонообразующие и длиннокорневищные травы. Короткорневищные растения, благодаря высокой энергии вегетативного размножения, даже в конце вегетационного сезона сформировали дочерние особи рядом с материнскими, увеличив тем самым проективное покрытие.

Четвертая группа составляет 15% от общего числа видов. Это растения с наибольшим увеличением проективного покрытия: *Alopecurus pratensis* увеличил покрытие более, чем на 3,5%. Он быстро адаптировался к новым условиям произрастания и на протяжении всего эксперимента в процессе кущения образовывал новые побеги. *Glechoma hederacea*, *Ranunculus repens*, *Achillea millefolium* благодаря специализированным ползучим побегам, столонам и корневищам интенсивнее остальных осваивали новый субстрат.

Обработка и анализ полученных данных показали следующее.

1. При пересадке из природной среды большинство растений сохраняют высокую жизнеспособность. В конце эксперимента зафиксировано снижение этих показателей из-за перехода растений к естественному периоду покоя. В следующем году у подавляющего большинства исследуемых видов прогнозируется успешное начало развития.

2. В связи с размещением трав на свободный и высоко поднятый грунт экспериментальных площадок во второй половине вегетационного периода отмечено удлинение некоторых фаз их развития. В связи с этим отдельные представители разнотравья перешли в фазу вторичного цветения.

3. Проективное покрытие площадок, независимо от экспозиции склона, к концу эксперимента увеличилось вдвое. Растения по-разному повлияли на этот показатель. К концу вегетационного периода большинство успешно прошли адаптацию, в достаточной степени освоили субстрат и перешли в состояние естественного покоя.

Библиографический список

1. Стеценко С. Е., Топилин Т. А. Применение «зеленой крыши» в целях улучшения качества городской среды // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований : сб. статей по материалам XI междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2019. С. 32–37.
2. Технологические принципы подбора растений и инженерные особенности озеленения кровель Европейской части России / Т. А. Федорова, А. Г. Столярова, П. С. Кордюков, М. С. Осинцева // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2013. № 5. С. 105–112.

ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ г. КИРОВА

Л. А. Позолотина, О. Н. Пересторонина

Вятский государственный университет, pozolotina.luba@yandex.ru

В центральной части г. Кирова изучен видовой состав и жизненное состояние древесных растений. Выявлены наиболее распространенные виды деревьев и кустарников. Предложены рекомендации по выбору древесных растений для озеленения города.

Ключевые слова: зеленые насаждения, инвентаризация, деревья, кустарники, категория состояния, декоративность.

Зеленая среда определяет благоприятную экологическую обстановку в крупных городах. Озеленение г. Кирова происходит постоянно, меняется зеленый каркас микрорайонов, ландшафтно-эстетические принципы его формирования.

Объектом исследования в 2019 году стал видовой состав и жизненное состояние древесных насаждений центральной части г. Кирова, ограниченной ул. Профсоюзной, Комсомольской площадью, ул. Ивана Попова и ул. Ленина (рис. 1).

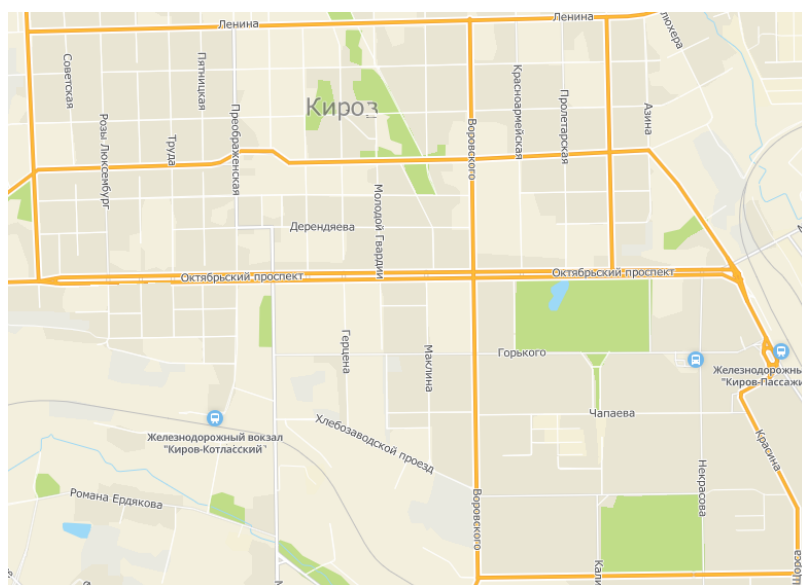


Рис. 1. Район исследования центральной части г. Кирова

Исследование проводили по методике В. С. Теодоронского [1] – сплошной пересчет деревьев и кустарников, произрастающих вдоль проезжей части. Модельными видами выбраны *Betula pendula* L., *Tilia cordata* L. и *Syringa vulgaris* L., у которых оценивали жизненное состояние по трехбалльной шкале, рекомендованной Академией коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова [2].

В исследованном секторе выявлено 22 171 древесное растение, относящихся к 50 видам из 18 семейств (табл. 1). Деревьев насчитывается 19 295 особей (87 %), кустарников – 2 874 (13%). Среди семейств преобладают Rosaceae (30 % от общего числа выявленных семейств), Salicaceae (10 %), Pinaceae (8%), Betulaceae (6%), Oleaceae (6%) (табл. 1). Самые малочисленные семейства составляют по 2%: Tiliaceae, Fabaceae, Elaeagnaceae, Sapindaceae, Hydrangeaceae, Fagaceae, Juglandaceae, Ulmaceae и Asparagaceae.

Таблица 1

Список семейств древесных растений центральной части г. Кирова

№	Семейство	Число видов		Число родов	
		n	%	n	%
1	Pinaceae	4	8	3	7,6
2	Cupressaceae	2	4	2	5
3	Tiliaceae	1	2	1	2,5
4	Salicaceae	5	10	2	5
5	Rosaceae	15	30	13	32,4
6	Aceraceae	4	8	1	2,5
7	Fabaceae	1	2	1	2,5
8	Cornaceae	2	4	2	5
9	Elaeagnaceae	1	2	1	2,5
10	Sapindaceae	1	2	1	2,5
11	Hydrangeaceae	1	2	1	2,5
12	Oleaceae	3	6	2	5
13	Caprifoliaceae	2	4	2	5
14	Betulaceae	3	6	2	5
15	Fagaceae	1	2	1	2,5
16	Juglandaceae	1	2	1	2,5
17	Ulmaceae	1	2	1	2,5
18	Viburnaceae	2	4	2	5
	Всего	50	100	39	100

По числу видов деревьев преобладают покрытосеменные – 23 (85,1% от общего числа выявленных видов) из 14 (82,4%) родов и 11 (91,6%) семейств, представленные 19 047 особями. Среди которых ведущие семейства: Salicaceae, Rosaceae, Aceraceae, Betulaceae. Доминирующие роды: *Acer*, *Populus*, *Betula*, *Salix*.

Среди видов наиболее часто встречаются особи *Acer negundo* L. (5 318), *B. pendula* (4 280), *T. cordata* (3 361) и *Populus balsamifera* (2 520). Эти виды распространены повсеместно, так как отличаются наименьшей прихотливостью, быстрым ростом и устойчивостью к газам и пыли [3].

По числу особей хвойные растения составляют 248 деревьев (2,8% от общего числа), представленные 4 видами (14,9 %) из 3 родов (17,6%) и 1 семейства (8,4%) – Pinaceae (рис. 2). Наиболее распространены такие виды, как *Larix decidua* L. (289 особей) и *Picea abies* (L.) H. Karst (147 особей).

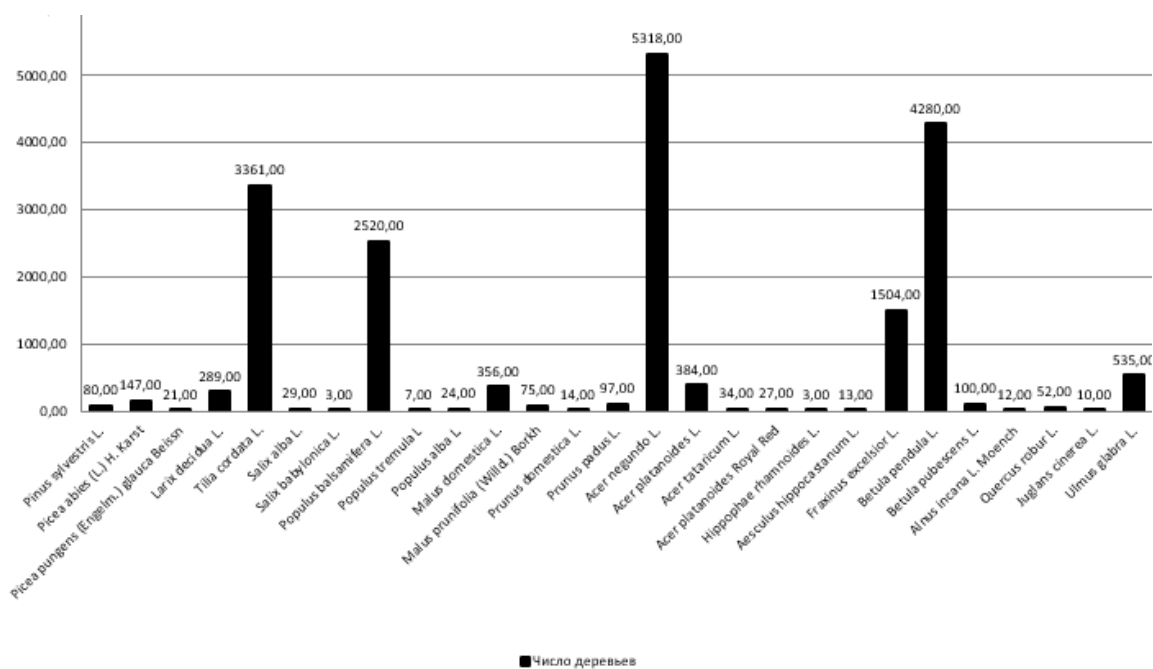


Рис. 2. Число деревьев в центральной части г. Кирова

Среди кустарников также отмечается преобладание видов покрытосеменных – 21 (91,6%) вид из 20 (90%) родов и 8 (90%) семейств, представленных 2 801 особями. Среди них ведущими семействами являются: Rosaceae, Oleaceae, Saprotifoliaceae, Cornaceae. Ведущие роды – *Syringa* и *Spiraea*.

Среди кустарников наибольшее количество особей имеют *Sorbus aucuparia* L. (719 особей) и *S. vulgaris* (461) (рис. 3).

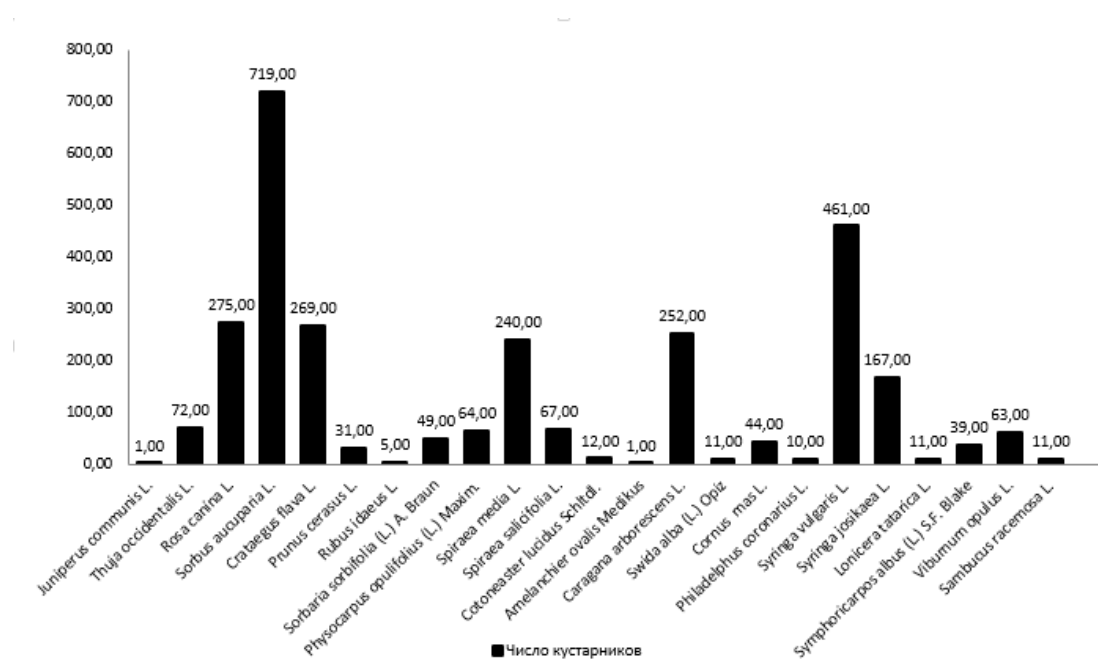


Рис. 3. Число кустарников в центральной части г. Кирова

Хвойные кустарники представлены 2 видами (8,4 %) из 2 родов (10 %) и 1 семейства Cupressaceae (10 %) – 73 особи.

Таблица 2

Оценка жизненного состояния у *B. pendula*, *T. cordata* и *S. vulgaris*

Виды	Средняя высота ствола, см	Средний диаметр ствола, см	Средняя оценка жизненного состояния, балл
<i>B. pendula</i>	3690	13,1	1,3
<i>T. cordata</i>	2990	15,7	1,1
<i>S. vulgaris</i>	240	2,9	1,2

У модельных древесных пород (*B. pendula*, *T. cordata* и *S. vulgaris*), которые были выбраны как наиболее распространенные виды в городе, на каждой улице оценивали жизненное состояние по трехбалльной шкале (табл. 2) [2], измеряли диаметр ствола на высоте 1 метра и общую высоту. Жизненное состояние у всех изученных древесных пород «хорошее» – это растения без значимых повреждений с хорошо развитой кроной или имеют незначительные повреждения, не опасные для жизнедеятельности растения (табл. 2) [2]. Такой высокий уровень жизненного состояния можно объяснить тем, что обследованные растения имеют высокую устойчивость к неблагоприятным факторам антропогенной среды [3].

В последние десятилетия наблюдается «опустынивание» городских ландшафтов в целом и в г. Кирове в частности, обедняется видовой состав зеленых насаждений и снижается качество ухода за ними. При озеленении необходимо учитывать декоративные свойства растений: форму кроны, окраску цветков, плодов. Озеленение города должно радовать население во все сезоны года: весеннее цветение (*Malus*, *Prunus*, *Syringa*), летнее цветение (*Tilia*, *Philadelphus*, *Spiraea*), осенняя окраска листьев (*Acer*, *Sorbus*, *Crataegus*) и плодов (*Sorbus*, *Symphoricarpos*, *Berberis*). Видовой состав должен соответствовать климатическим условиям региона и быть устойчивым к городской среде [4]. К таким растениям относят: *T. cordata*, *Aesculus hippocastanum* L., *Picea pungens* Engelm. f. *glauca* Beissn., *L. decidua*, *Thuja occidentalis* L., *Pinus sylvestris* L., *Cotoneaster lucidus* Schltdl., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Lonicera tatarica* L., *S. vulgaris*, *Syringa josikaea* L. и *Juniperus communis* L. Около воздушных линий электропередач следует высаживать невысокие растения [5]: *S. aucuparia*, *Crataegus flava* L., *S. vulgaris*, *S. josikaea* L. и др. Рекомендуем следить за распространением *P. balsamifera*. Несмотря на его высокие антибактериальные свойства, устойчивость к загрязнению и быстрый рост, это древесное растение распространяет семена при помощи волосков, которые вызывают раздражение слизистой оболочки у аллергиков [6, 7].

Зеленые насаждения делают нашу жизнь лучше: это зеленые уголки живой природы в городских джунглях. Каждый человек должен уделять внимание проблеме озеленения города и улучшать условия своей жизни, принимая участие в озеленении даже своих дворов.

Библиографический список

1. Теодоронский В. С., Степанов Б. В. Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство (Вертикальная планировка озеленяемых территорий): учеб. пособие. М. : Изд-во МГУЛ, 2000. 99 с.
2. Методика инвентаризации зеленых насаждений. М. : Минстрой России. Академия коммунального хозяйства К. Д. Памфилова, 1997. 24 с.
3. Дышловой В. Д., Плехов В. Н. Человек в городе: об экологических проблемах современного градостроительства. М. : Знание, 1978. 128 с.
4. Охрана природы: справочник / под ред. К. П. Митрошкина. М. : Агропромиздат, 1997. 271 с.
5. Зеленые насаждения как средство улучшения экологии города / О. С. Соловьева, Н. А. Соколова, О. Н. Бажин, А. Р. Гусейнова // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: лес. Экология. Природопользование. 2010. С. 75–83.
6. Гродзинский А. М. Проблемы биосферы и фитонциды // Фитонциды: Экспериментальные исследования, вопросы теории и практики. Киев : Наук. думка, 1975. С. 39.
7. Гетко Н. В., Шобанова И. А., Жданец С. Ф. Оптимизация окружающей среды средствами озеленения. Минск : Наука и техника, 1985. С. 60–68.

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ СТВОЛА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

И. И. Стрельников¹, К. В. Мудрецова²

¹ ГУ «Донецкий ботанический сад», *ivanstrel87@gmail.com*

² ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», *oks.mudretsova@gmail.com*

В работе представлены результаты разработки приборно-программного комплекса на базе инерциальных датчиков, предназначенного для определения параметров колебаний ствола дерева (собственная частота колебаний и коэффициент демпфирования). Указанные параметры представляют ценность для изучения биомеханических свойств растений и применимы в практике мониторинга ветровой устойчивости древесных насаждений. Полевые испытания подтвердили работоспособность прибора и информативность предложенной схемы обработки данных.

Ключевые слова: ветровая устойчивость, коэффициент демпфирования, акселерометр, гироскоп, магнитометр.

Изучение эколого-биологического влияния ветра на древесные растения является важной задачей для мониторинга аварийной опасности городских насаждений. Механическая устойчивость к ветровым нагрузкам зависит от размера и архитектуры дерева. В ходе онтогенеза, приращение биомассы растения влечет за собой появление большей нагрузки на верхние части дерева, тем самым создавая более выраженный изгибающий момент. Важными динамическими параметрами для определения аварийности деревьев являются собственная частота колебаний и коэффициент демпфирования (интенсивность затухания колебаний) [1].

К настоящему моменту предложен ряд способов для измерения данных параметров: лазерные дальномеры [2] и тензодатчики [1]. Однако имеющиеся способы остаются дорогостоящими и трудоёмкими в использовании, вследствие чего не приобрели широкого распространения в практике мониторинга городских насаждений. Современные средства, базирующиеся на микроэлектромеханических датчиках с интегрированной цифровой электроникой для обработки измерительной информации позволяют создавать мобильные сенсорные системы невысокой стоимости.

Целью нашей работы являлось изготовление и апробация прибора для измерения собственной частоты колебания деревьев и коэффициента демпфирования в полевых условиях.

Разрабатываемый прибор основан на модуле GY-87 с микросхемой MPU6050, которая объединяет в себе акселерометр и гироскоп, и магнитометром HMC-5883L. Акселерометр используется для измерения линейных ускорений, в то время как гироскоп – угловых скоростей, а магнитометр для определения вектора напряжения магнитного поля Земли [3]. Совместное использование инерциальных сенсоров позволяет определить изменение движения тела в трёхмерном пространстве. Обработка данных с модуля производится с помощью отладочной платы ESP32 dev-kit v.1. Питание прибора осуществляется от двух литий-ионных аккумуляторов. Компоненты модуля размещены в общем корпусе (рис. 1. А), который крепится на стволе дерева с помощью ленточных строп и фастекса (рис. 1. В).

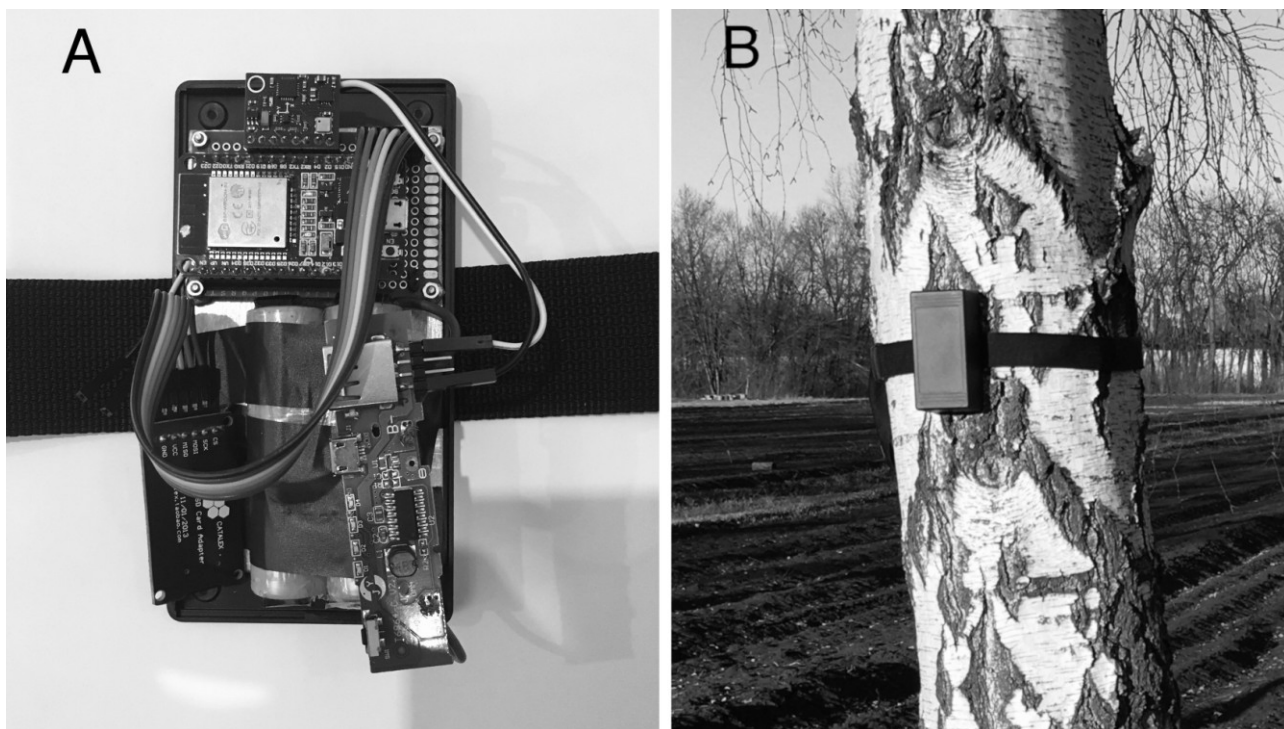


Рис. 1. Общий вид прибора: А – с разобранном корпусом;
В – в полевых условиях

Управление прибором осуществляется через web-интерфейс, который обеспечивается wi-fi модулем на плате ESP32. Для этого разработан программ-

ный код web-сервера, управляющего web-сайтом, доступным в пределах wi-fi сети. Web-интерфейс обеспечивает следующие функции: запуск процесса измерения, указание имени файла для последующего сохранения данных и скачивания полученного файла. Предложенный метод позволяет управлять прибором в полевых условиях с помощью смартфона или планшета. Измерения проводятся в ветреную погоду в течение 10 минут, с частотой 280 Гц. Данные изначально сохраняются на micro SD-карте, затем скачиваются на коммуникатор или планшетный компьютер через web-интерфейс.

Разработка прибора включала калибровку датчиков. Для акселерометра и магнитометра определяли такие ошибки показаний: как систематический сдвиг всех измерений на определенную величину, их пропорциональное изменение вдоль каждой оси и отклонение осей чувствительности от осей корпуса. Калибруемый параметр для гироскопа – смещение значений вдоль каждой оси. Процедура калибровки заключалась в считывании показаний датчиков в нескольких точно зафиксированных положениях его корпуса. При этом подразумевали, что в неподвижном состоянии вне зависимости от ориентации, показатели акселерометра должны отображать одинаковый вектор гравитации Земли, магнитометра – одинаковый вектор напряжения магнитного поля, а значения угловых ускорений должны равняться 0. Отклонения от описанного состояния считали ошибкой. С помощью методов оптимизации функций подобрали такие корректировочные параметры, которые нивелировали указанные ошибки. В последующем данные поправки использовались для всех замеров.

Обработка результатов полевых измерений осуществляется на персональном компьютере с помощью программ, написанных на Python и R. Файл конвертируется из бинарного формата в текстовый (csv). Затем производится корректировка данных на основе заранее подготовленных калибровочных параметров.

Базовая задача обработки состоит в получении из показаний акселерометра, гироскопа и магнитометра траектории перемещения прибора, а соответственно и ствола дерева в трехмерном пространстве. Теоретически, траекторию можно получить по показателям акселерометра путем двойного интегрирования. Но так как измерения производятся в собственной системе координат, относительно самого прибора, то сначала их нужно перевести в глобальную систему координат. Для этого необходимы данные об ориентации акселерометра в каждый момент времени.

В подготовленном программном обеспечении задача определения ориентации решается с применением расширенного фильтра Калмана на основе кватернионов [4]. Используя полученные векторы направления, осуществляется перепроецирование показателей акселерометра на глобальную систему координат (относительно Земли). Далее, расчет траектории движения прибора проводится с применением обычного фильтра Калмана [5].

Собственная частота осцилляций ствола дерева определяется, как наиболее выраженный пик в спектре частот колебаний. Указанный спектр рассчитывается из данных о траектории движения ствола с применением Фурье разложения. При этом используются квадраты амплитуд колебаний, что превращает спектр

частот в спектр мощности (power spectrum). В таком представлении коэффициент демпфирования может быть рассчитан, как ширина спектрального пика на середине его высоты (half bandwidth method) [6]. Указанные процедуры расчета спектра частот и мощности проводятся в среде языка программирования R с применением библиотеки seewave [7].

Для проверки работоспособности прибора провели пробные измерения. В качестве объекта выбрали дерево березы повислой. Измерения проводили в ветренную погоду (5 баллов по Бофорту). В результате получили 10 минутные показания акселерометра, гироскопа и магнетометра (всего 172000 измерений). С применением вышеописанной процедуры обработки данных успешно рассчитали спектр мощности колебаний. Согласно представленному графику (рис. 2) доминирующий пик собственной частоты ствола дерева приходится на 0,48 Гц. Ширина полузатухания, а следовательно и величина коэффициент демпфирования равна 0,24 Гц. Таким образом подтвердили, что предложенные прибор и схема обработки данных могут быть успешно применены для измерения собственной частоты и коэффициента демпфирования колебаний ствола древесного растения.

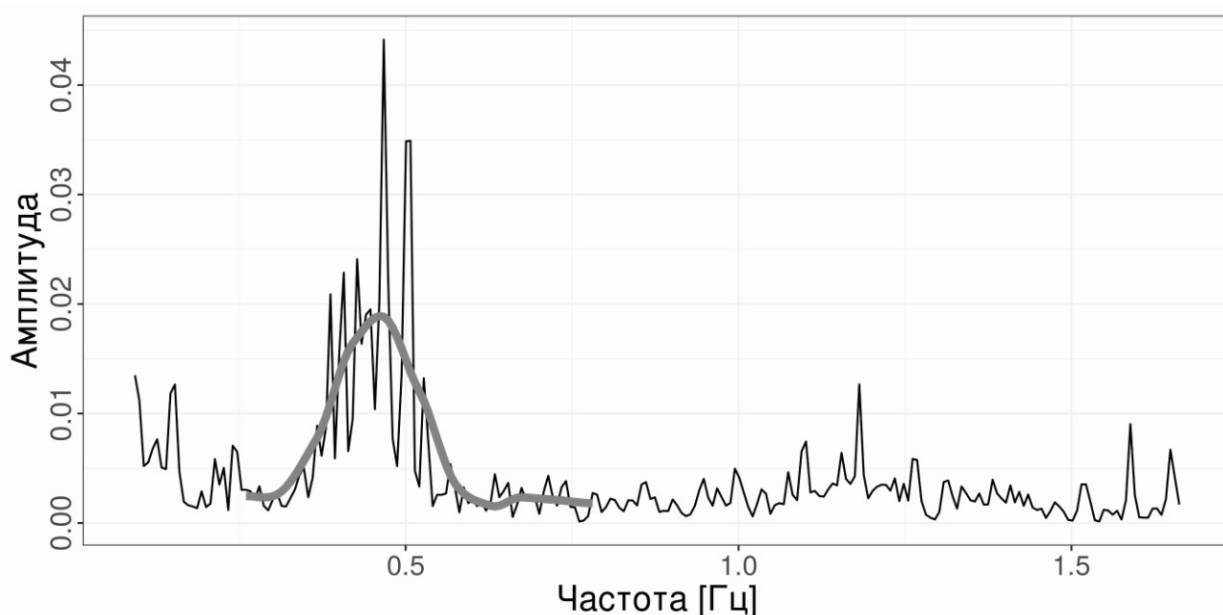


Рис. 2. Спектр мощности колебаний ствола *Betula pendula* Roth. Толстой линией выделен результат сглаживания наиболее выраженного частотного пика колебаний

Из вышесказанного можно заключить, что разработанный прибор является доступным инструментом, имеющим небольшую стоимость, достаточный функционал для применения в практике мониторинга городских насаждений. В частности, для измерения собственной частоты и коэффициента демпфирования колебаний ствола древесного растения.

В рамках предложенного метода определение аварийности заключается в сравнении параметров колебаний исследуемых растений с типичными значениями здоровых растений схожего размера. В связи с этим дальнейшая работа

будет заключаться в определении диапазона показателей колебаний распространенных в городской среде видов древесных растений.

Работа в данном направлении позволит создать эффективный метод мониторинга ветровой устойчивости городских насаждений. Кроме того, материалы исследования позволят лучше понять эколого-биологические основы влияния ветровой нагрузки на растения.

Библиографический список

1. Kane B., James K. R. Dynamic properties of open-grown deciduous trees // Canadian journal of forest research. 2011. Vol. 41. No. 2. P. 321–330. doi: 10.1139/X10-211
2. James K. R., Haritos N., Ades P. K. Mechanical stability of trees under dynamic loads // American journal of Botany. 2006. Vol. 93. No. 10. P. 1522–1530. doi: 10.3732/ajb.93.10.1522.
3. Жмудь В. А. и др. Акселерометр и гироскоп MPU6050: первое включение на STM32 и исследование показаний в статике // Автоматика и программная инженерия. 2018. № 3. С. 9–22.
4. Yun X., Bachmann E. R. Design, implementation, and experimental results of a quaternion-based Kalman filter for human body motion tracking // IEEE transactions on Robotics. 2006. Vol. 22. No. 6. P. 1216–1227. doi: 10.1109/TRO.2006.886270
5. Romaniuk S., Gosiewski Z. Kalman filter realization for orientation and position estimation on dedicated processor // Acta mechanica et automatica. 2014. Vol. 8. No. 2. P. 88–94. doi: 10.2478/ama-2014-0016
6. Papagiannopoulos G. A., Hatzigeorgiou G. D. On the use of the half-power bandwidth method to estimate damping in building structures // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2011. Vol. 31. No. 7. P. 1075–1079. doi: 10.1016/j.soildyn.2011.02.007
7. Sueur J., Aubin T., Simonis C. seewave: a free modular tool for sound analysis and synthesis // Bioacoustics, 2008. Vol. 18. P. 213–226. doi: 10.1080/09524622.2008.9753600

РИТМ СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ ПОЛУДРЕВЕСНОЙ ЛИАНЫ *SOLANUM DULCAMARA* L.

И. А. Коновалова

Вятский государственный университет, S-dulcamara@yandex.ru

Описан ритм сезонного развития одной из полудревесных лиан умеренного климата – *Solanum dulcamara* L. Отмечено смещение сроков фенологических фаз у особей, произрастающих в разных по степени увлажнения условиях. Выявлен ряд особенностей в развитии побеговых систем паслена, отражающих тропическое происхождение рода.

Ключевые слова: *Solanum dulcamara* L., ритм сезонного развития, условия переменного увлажнения / обводнения, аperiodичность.

Паслен сладко-горький (*Solanum dulcamara* L.) – один из немногих представителей полудревесных лиан рода, произрастающих в условиях сезонного климата. Несмотря на европейское происхождение [1] вида, Центр генетического разнообразия *Solanum* – тропические леса Южной Америки. Вероятно,

особенности происхождения паслена отражаются в ритме его сезонного развития. Их выявление послужило целью исследования.

Известно [2, 3], что паслен обладает высоким уровнем пластичности, позволяющим ему занимать гидрологически контрастные среды. В связи с этим, развитие побеговых систем *S. dulcamara* в течение вегетационного периода изучали в пределах растительных сообществ, расположенных в разных по степени увлажнения условиях. Исследования проводили на левом коренном берегу р. Вятка (Кировская область) – в местах с переменным увлажнением в течение года, и в ряде сообществ на берегу пруда в пос. Борок (Ярославская область) – в местах, где уровень воды в течение вегетационного сезона стабилен (в условиях обводнения).

Развитие особей оценивали в рамках фенологических фаз, описанных И. Н. Бейдеман [4] для древесных растений: вегетативная, бутонизации, цветения, плодоношения, окончания вегетации и относительного покоя. Наблюдения проводили с середины апреля до конца октября с периодичностью в 10–15 дней в Кировской области и трижды за сезон в Ярославской области.

Вегетативная фенологическая фаза в развитии особи начинается с конца апреля и продолжается в течение 4–6 недель. Начало развития побеговых систем зависит от температуры и уровня воды. На суше особь в это время представляет собой полукустарник или полудревесную лиану, в воде – специализированную диаспору (партикулу), отделившуюся от материнской особи в результате ранней морфологической дезинтеграции и перезимовавшую в водоеме. После схода весеннего паводка уже в первую неделю мая (08.05.2011 г.) на побегах прошлого года у полукустарника (полудревесной лианы) набухает и трогается в рост в хаотичном порядке неопределенное число почек регулярного возобновления. Это свидетельствует о диффузном ветвлении, свойственном модельному виду.

Известно, что весеннее пробуждение растений в водной среде запаздывает по сравнению с наземными травами в связи с медленным прогреванием воды. Поэтому в местах сильного затопления сроки начала вегетации паслена сдвигаются до первых чисел июня (09.06.2013 г.). Первые метамеры таких побегов вытянуты, листья с редуцированными листовыми пластинками быстро опадают из-за отсутствия способности развиваться и фотосинтезировать в воде. В наземно-воздушной среде побег имеет типичное строение [5].

За короткий промежуток времени (до середины июня) у особей разворачиваются все заложенные с осени метамеры с катафиллами, паракатафиллами и листьями срединной формации. В воде у таких побегов развивается особая форма стеблеродных придаточных корней: зеленых, шнуровидной формы, ветвящихся на второй год с образованием на верхушке этиолированных корней последующих порядков. На суше придаточные корни развиваются только при контакте побега с субстратом. Они имеют иное строение: бесцветные, шнуровидной формы, сильно ветвящиеся в год развития и нарастающие горизонтально в поверхностном слое почвы.

Фаза бутонизации начинается с момента закладки соцветия (с 4 декады мая). Она непродолжительна: во второй половине июня отмечено начало цвете-

ния материнского побега. Одновременно с образованием соцветия происходит акросимподиальное нарастание и акротонное ветвление побега за счет развития одной–двух верхних пазушных почек с образованием силлептических побегов замещения. В это время материнские побеги полегают и укореняются, при нахождении опоры – вьются, их базальные участки одревесневают. Побеги замещения развиваются стремительно, быстро зацветают и ветвятся, в результате чего формируется симподий нескольких порядков ветвления. Очевидно, что для *S. dulcamara* характерно итеративное ветвление, сопровождающееся акросимподиальным нарастанием, подтверждающее его лиановую природу. В результате такого развития побегов происходит растяжение фаз бутонизации, цветения и плодоношения оси и особи в целом, что способствует успешной длительной репродукции растения.

Массовое цветение приходится на 2–3 декаду июля и продолжается до второй декады августа. Начало плодоношения отмечено в середине июля (23.07.2012 г.). Созревание плодов продолжается до 3 декады сентября (22.09.2011 г.). Следует отметить, что особи, развивающиеся в воде, не цветут и не плодоносят. Соцветие закладывается, но не раскрывается.

Фаза окончания вегетации начинается в 3–4 декаде сентября и длится до выпадения снега. В это время у побегов последних порядков ветвления продолжается созревание плодов, происходит подготовка растений к периоду покоя: у них желтеют и опадают листья, отмирают неодревесневшие части побегов, засыхают соцветия. У особей, произрастающих вдали от водоемов, листья полностью опадают уже к 4 декаде сентября. В эту фазу отмечено развитие силлептических вегетативных побегов последних порядков ветвления, которые отмирают при наступлении первых холодов; возможна реализация некоторых пазушных и сериальных почек, часть развившихся побегов из которых также не успевает зацвести и отмирает. Это указывает на аperiodичность развития *S. dulcamara*.

Фаза относительного покоя начинается с выпадения снега и продолжается до его таяния и вскрытия водоемов (2 и 3 декады апреля). В это время все физиологические процессы растений замедляются.

Таким образом, у *S. dulcamara* выражены все фенологические фазы, описанные И. Н. Бейдеман [4] для древесных растений. Они имеют разную продолжительность. Сроки их наступления смещаются на более позднее время при развитии особей в воде по сравнению с наземно-воздушной средой. Способность растения к итеративному ветвлению, растяжение фаз бутонизации – цветения – плодоношения, развитие силлептических побегов с неполным циклом развития (не цветущих и плодоносящих) в конце вегетационного периода, свидетельствуют об аperiodичности развития паслена и подтверждают тропическое происхождение его рода.

Именно там, в условиях почти полного отсутствия сезонных колебаний, произрастают «вечноцветущие» виды, у особей которых цветки и плоды появляются либо одновременно, либо поочередно через очень короткие промежутки времени [6]. Так на разных ветвях одного дерева можно наблюдать бутоны, цветки и плоды. Также неравномерно в пределах особи происходит смена ли-

стве: на одних побегах они опадают, на других – сохраняются, на третьих – развиваются новые. Вероятно, предковые (тропические) формы *Solanum* обладали подобными темпами роста, проявляющимися в настоящем у *S. dulcamara* даже в условиях сезонного климата.

Библиографический список

1. Knapp S. A revision of the Dulcamaroid Clade of *Solanum* L. (Solanaceae) // *PhytoKeys*. 2013. Vol. 22. P. 1–432.
2. Genetic structure of European accessions of *Solanum dulcamara* L. (Solanaceae) / T. M. Golas, R. M. C. Feron, R. G. van den Berg, G. M. van der Weerden, C. Mariani, J. J. H. M. Allefs // *Plant Syst. Evol.* 2010. Vol. 285. P. 103–110.
3. Hydrologically contrasting environments induce genetic but not phenotypic differentiation in *Solanum dulcamara* / Q. Zhang, J. L. Peters, E. J. W. Visser, H. de Kroon, H. Huber // *Journal of Ecology*. 2016. Vol. 104. P. 1649–1661.
4. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск : Наука. Сибирское отд-е, 1974. 155 с.
5. Савиных Н. П., Коновалова И. А. Побеговые системы *Solanum dulcamara* L. // *Известия РАН. Серия биологическая*. 2019. № 6. С. 607–613. doi: 10.1134/S0002332919060110
6. Ричардс П. У. Дождевой тропический лес. М. : Изд-во иностранной литературы, 1961. 448 с.

ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛАНДЫША МАЙСКОГО В КИЛЬМЕЗСКОМ РАЙОНЕ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Г. Ахатова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
nurijascha@mail.ru*

Показано, что наиболее варьирующими морфологическими параметрами у *Convallaria majalis* являются длина соцветия и диаметр надземного побега. Средний уровень изменчивости установлен для длины и ширины нижнего листа, длины и ширины верхнего листа и количества цветков. Низкий уровень изменчивости для изученных признаков не выявлен, исключением является ценопопуляция в дубняке с примесью березы.

Ключевые слова: ландыш майский, ценопопуляция, морфологические признаки, сообщество, изменчивость признаков, Кировская область.

Семейство ландышевые (Convallariaceae) в Кировской области представлено 4 видами [1], из них *Convallaria majalis* включен в Приложение 2 Красной книги, в список редких и уязвимых видов растений, не внесенных в Красную книгу Кировской области, но нуждающихся на территории области в постоянном контроле и наблюдении [2]. Работы, посвященные видам этого семейства в Кировской области, немногочисленны. Имеются исследования по экологической характеристике и стратегии жизни майника двулистного (*Maianthemum bifolium*) [3, 4], особенностям биоморфологии купены душистой (*Polygonatum odoratum*) [5, 6] и популяционной биологии *C. majalis* [7–9].

Цель исследования – определить изменчивость морфологических признаков *C. majalis* в различных типах леса на территории Кильмезского района.

Описания растительных сообществ с *C. majalis* проводили согласно геоботаническим методам [10, 11] с подробной характеристикой видового состава и физико-географических условий. Названия растений приведены по С. К. Черепанову [12]. Уровни варьирования признаков приняты по Г. Н. Зайцеву [13]: $CV > 20\%$ – высокий, $CV = 11–20\%$ – средний, $CV < 10\%$ – низкий.

Исследования проводили в Кильмезском районе Кировской области в вегетационные сезоны 2017–2019 гг. Всего исследовано 13 ценопопуляций *C. majalis*: 1) сосняк с примесью вяза, осины травяной; 2) вязовник с примесью липы и черемухи осоково-ландышевый; 3) липняк землянично-ландышевый; 4) сосняк разнотравно-зеленомошный; 5) ельник с примесью липы хвощево-ландышевый; 6) сосняк разнотравно-ландышевый; 7) сосняк люпиново-ландышевый; 8) сосняк щитовниково-ландышевый; 9) липняк с примесью пихты и вяза злаково-ландышевый; 10) сосняк бруснично-чернично-ландышевый; 11) дубняк с примесью березы; 12) сосняк осоково-ландышевый; 13) сосняк с примесью березы ландышево-осоковый.

Для анализа изменчивости были изучены следующие морфологические признаки *C. majalis*: длина нижнего листа (см); ширина нижнего листа (см); длина верхнего листа (см); ширина верхнего листа (см); длина соцветия (см); количество цветков (шт.); диаметр надземного побега (см).

Анализ изменчивости варьирования признаков показал (рис.), что во всех исследованных ценопопуляциях *C. majalis* наиболее варьирующими морфологическими параметрами являются следующие: длина соцветия ($CV = 21,64–38,11\%$), кроме ценопопуляций 11 ($CV = 14,54\%$) и 5 ($CV = 15,09\%$), диаметр надземного побега ($CV = 22,19–45,04\%$), за исключением ценопопуляций 4, 8, 11, 12, 13, где коэффициенты вариации варьировали от 11,44 до 17,99%.

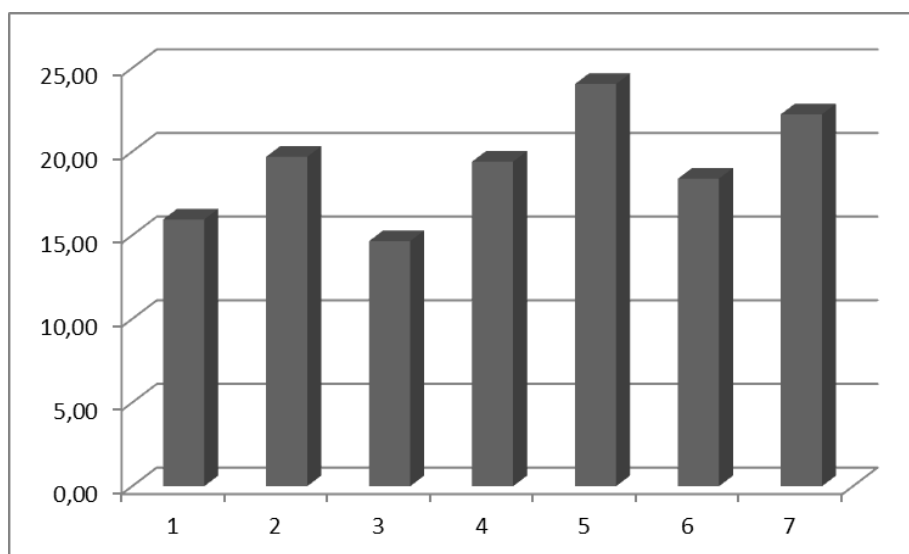


Рис. Коэффициент вариации морфологических признаков *Convallaria majalis*: 1) длина нижнего листа, см; 2) ширина нижнего листа, см; 3) длина верхнего листа, см; 4) ширина верхнего листа, см; 5) длина соцветия, см; 6) количество цветков, шт.; 7) диаметр надземного побега, см.

Средний уровень изменчивости выявлен для длины ($CV=15,95\%$) и ширины нижнего листа ($CV=19,69\%$), длины ($CV=14,65$) и ширины верхнего листа ($CV=19,40$), количества цветков ($CV=18,38\%$).

Низкий уровень изменчивости для изученных признаков не выявлен. Исключением является ценопопуляция 11, изученная в дубняке с примесью березы. Здесь по длине ($CV=9,04\%$) и ширине нижнего листа ($CV=9,68\%$), длине ($CV=8,57\%$) и ширине верхнего листа ($CV=7,83\%$) коэффициенты вариации низкие.

Выявлена корреляционная положительная связь между длиной и шириной нижнего ($r=0,96$) и длиной и шириной верхнего листа ($r=0,74$).

Таким образом, морфологические признаки очень сильно изменяются в зависимости от условий местообитаний. Наиболее варьирующими морфологическими параметрами являются длина соцветия ($CV=21,64-38,11\%$) и диаметр надземного побега ($CV=22,19-45,04\%$). Средний уровень изменчивости установлен для длины ($CV=15,95\%$) и ширины нижнего листа ($CV=19,69\%$), длины ($CV=14,65$) и ширины верхнего листа ($CV=19,40$) и количества цветков ($CV=18,38\%$). Низкий уровень изменчивости для изученных признаков не выявлен, за исключением ценопопуляции 11.

Библиографический список

1. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Сосудистые растения. Киров : ОАО Кировская областная типография, 2007. 440 с.
2. Красная книга Кировской области: Животные, растения, грибы. Киров : ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
3. Сулейманова В. Н. Особенности плодоношения и демографические характеристики ценопопуляций *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt в таежной и подтаежной зоне // Вестник Самарского государственного университета. Естественная серия. 2006. № 7 (47). С. 212–216.
4. Сулейманова В. Н., Ишмуратова М. М., Ишбирдин А. Р. Экологические характеристики и стратегии жизни *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt в лесах Европейского сектора подзоны южной тайги // Вестник Башкирского университета. 2007. Т. 12, № 4. С. 41–42.
5. Душина Е. Э., Савиных Н. П. Особенности биоморфологии *Polygonatum odoratum* в лесах особо охраняемой природной территории «Медведский бор» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2019. С. 246–251.
6. Сулейманова В. Н., Егошина Т. Л. Экологические особенности некоторых видов семейства Ландышевые (Convallariaceae) в условиях Кировской области // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 4 (29). С. 89–93.
7. Сулейманова В. Н. Оценка антропоустойчивости *Convallaria majalis* L. к антропогенному воздействию в подзоне хвойно-широколиственных лесов Кировской области // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова. Киров : ФГБНУ ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова, 2017. С. 514–516.
8. Сулейманова В. Н., Егошина Т. Л., Сулейманова Э. Н. Виталитетная структура *Convallaria majalis* L. в подзоне хвойно-широколиственных лесов Кировской области // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии». 2019. № 18. С. 416–419. doi: 10.14258/pbssm.2019085.
9. Сулейманова В. Н., Егошина Т. Л. Онтогенетические тактики и стратегии выживания *Convallaria majalis* L. в Кировской области // Биодиагностика состояния природных и

природно-техногенных систем : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2018. С. 28–32.

10. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Наука о растительности (история и состояние основных концепций). Уфа : Гилем, 1998. 413 с.

11. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.

12. Черепанов С. Н. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. : Мир и семья, 1995. 990 с.

13. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М. : Наука, 1973. 256 с.

ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ *PULSATILLA PATENS* (L.) MILL. В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Ю. Егорова¹, В. Н. Сулейманова^{1,2}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова,
n_chirkova@mail.ru

² Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Исследованы морфологические параметры особей *Pulsatilla patens* (L.) Mill. Изучены особенности изменчивости морфологических признаков в зависимости от условий произрастания вида. Установлено, что признаки внутри каждой ценопопуляции характеризуются от среднего до очень высокого уровня изменчивости.

Ключевые слова: *Pulsatilla patens*, редкий вид, изменчивость признаков, морфологические параметры, корреляционная структура.

В Кировской области по данным «Флоры Вятского края» [1], встречается 2 вида рода *Pulsatilla* L.: *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Pulsatilla flavescens* (Zuccar.) Juz.

P. patens – европейско-западносибирский вид, имеет циркумполярное распространение от Евразии до Северной Америки. Этот вид встречается в центральной и центрально-восточной частях Европы, где относится к категории редких и угрожаемых видов. *P. patens* редок и в ряде регионов РФ. В связи с чем, вид включен в красные списки большинства европейских стран и некоторых субъектов РФ в пределах своего ареала, а также международный созологический список видов (The IUCN Red List of Threatened Species) [2].

Цель работы – определить изменения морфопараметров вегетативных и генеративных структур *P. patens* в различных типах местообитаний в пределах Кировской области.

Исследования проводили в вегетационный сезон 2019 г. в 5 ценопопуляциях (ЦП) *P. patens* на территории двух особо охраняемых природных территорий (ООПТ) (табл.).

Характеристика исследуемых ценопопуляций *Pulsatilla patens*

№ ЦП	Тип фитоценоза	Местонахождение
1	Сосняк бруснично-зеленомошный	Зеленая зона городов Кирова, Кирово-Чепецка и Слободского (комплексный) Государственный памятник природы регионального значения «Бор на Лобани» (ботанический), Кильмезский район, Кировская область
2	Сосняк травяно-зеленомошный	
3	Вырубка из-под сосняка зеленомошного 10 лет	
4	Сосняк с примесью березы зеленомошно-лишайниковый	
5	Сосняк лишайниковый	

Проведены морфометрические исследования более 100 генеративных особей, у которых изучены следующие признаки: длина генеративного побега, число листьев в розетке, длина черешка нижнего листа срединной формации, число зубцов листовой пластинки нижнего листа срединной формации, длина верхней доли нижнего листа срединной формации, ширина верхней доли нижнего листа срединной формации.

Оценку изменчивости изучаемых признаков проводили по значению коэффициента вариации [3].

Древесно-кустарниковые растения в исследуемых фитоценозах представлены следующими видами: *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth., *Sorbus aucuparia* L., *Sambucus racemosa* L., *Tilia cordata* Mill., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wolf.) Klásková. Травяной покров формируют *Vaccinium vitis-idaea* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Melica nutans* L., *Poa angustifolia* L., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Convallaria majalis* L., *Betonica officinalis* L., *Galium verum* L., *Potentilla argentea* L., *Veronica officinalis* L. и др. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса колеблется от 65 до 90%. Особи *P. patens* в исследуемых ЦП размещены равномерно (ЦП 1, 2, 4, 5) или случайно (ЦП 3).

Исследования вида в различных частях ареала свидетельствуют [4–6], что *P. patens* характеризуется довольно большой морфологической изменчивостью.

Уровень изменчивости рассматриваемых признаков варьирует от среднего до очень высокого (рис.).

Согласно полученным данным, высокий и очень высокий уровень изменчивости на внутривидовом уровне наблюдается у таких признаков, как число листьев в розетке (CV от 41,3 до 97,8%), ширина верхней доли нижнего листа срединной формации (CV от 43,3 до 62,3%). Средний уровень изменчивости отмечен для длины черешка нижнего листа срединной формации (CV от 18,9 до 25%), длины верхней доли нижнего листа срединной формации (CV от 19,5 до 24,9%) за исключением ЦП 1, длины генеративного побега (CV от 16,1 до 20,0%) за исключением ЦП 2, 3. Для числа зубцов нижнего листа срединной формации (за исключением ЦП 5) характерен повышенный уровень изменчивости (CV от 26,2 до 32,6%). Ни один из изученных признаков не проявляет низкий или очень низкий уровень изменчивости.

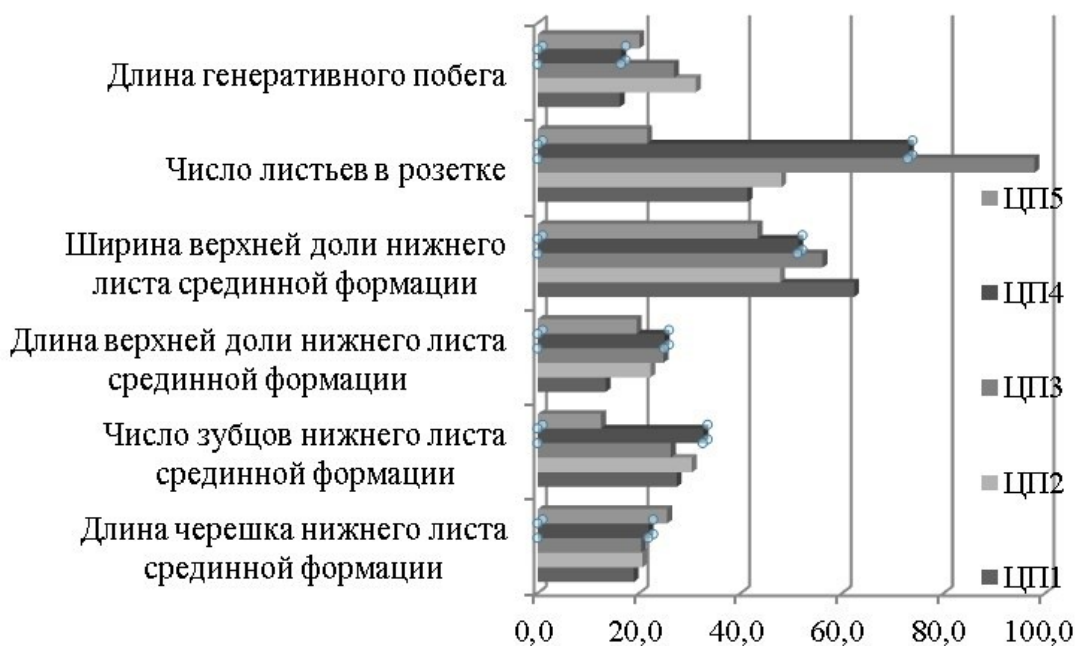


Рис. Изменчивость морфологических признаков генеративных особей *Pulsatilla patens* в изученных ценопопуляциях: по оси ординат – изучаемый признак, по оси абсцисс – коэффициент вариации признака (CV, %)

Таким образом, морфопараметры вегетативных и генеративных структур особей исследуемого вида существенно изменяются в зависимости от местобитания. Наименее изменчивыми признаками генеративных особей являются длина черешка нижнего листа срединной формации, длина верхней доли нижнего листа срединной формации, длина генеративного побега. Максимальная степень изменчивости установлена для числа листьев в розетке, ширина верхней доли нижнего листа срединной формации.

Библиографический список

1. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров : ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.
2. The IUCN Red List of Threatened Species (version 2012.1) / 2001 Categories & Criteria (version 3.1). http://www.iucnredlist.org/static/categories_criteria_3_1#categories
3. Мамаев С. А., Чуйко Н. М. Индивидуальная изменчивость признаков листьев у дикорастущих видов костяники // Индивидуальная эколого-географическая изменчивость растений. Свердловск, 1975. С. 114–118.
4. Косюкова О. В., Петрова Н. А., Степанов М. В. Изменчивость некоторых морфологических параметров прострела раскрытого и прострела лугового // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2014. Т. 14, вып. 1. С. 64–69.
5. Чуй О. В., Шумская Н. В. Биометрические параметры генеративных особей *Pulsatilla patens* (L.) Mill. в ценопопуляциях Западного Подолья // Вісник Черкаського університету. Серія «Біологічні науки». 2014. № 36 (329). С. 124–128.
6. Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л., Сушенцов О. Е. Популяционная изменчивость *Pulsatilla patens* s. l. (Ranunculaceae) в бассейне реки Вятка // Растительные ресурсы. 2017. Т. 53, № 2. С. 237–254.

ОСОБЕННОСТИ БИОМОРФОЛОГИИ *CONVALLARIA MAJALIS* В СОСНЯКАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»

Е. Э. Душина, Н. П. Савиных
Вятский государственный университет,
Dushina_Yelena@mail.ru, savva_09@mail.ru

В статье приведены результаты исследования двух ценопопуляций *Convallaria majalis* в сосновых лесах ООПТ «Медведский бор». Показано изменение морфометрических параметров особей в зависимости от типа сообщества и условий сосняков Медведского бора, выделено сообщество, способное обеспечить сохранение этого вида.

Ключевые слова: *Convallaria majalis*, особо охраняемая природная территория, сосновый лес, неморальный элемент, побегообразование, онтогенез.

В типичных местообитаниях растения имеют характерный габитус. При смене условий он изменяется, поскольку особи по-разному реализуют генетическую программу развития в зависимости от воздействия факторов среды. Особенно это характерно для видов с широким спектром местообитаний таких, как ландыш майский (*Convallaria majalis* L.) из семейства ландышевые (*Convallariaceae*). Учитывая, что структура особи отражает условия обитания растения, возможно, особенности биоморфологии способны указывать степень трансформации отдельных растительных сообществ и определять наиболее оптимальные из них для сохранения определенных видов. Поэтому целью нашего исследования стало изучение биоморфологических особенностей *C. majalis* в зависимости от типа сообщества.

C. majalis занесен в Красные книги многих областей и республик Российской Федерации. В Кировской области он включен в Приложение Красной книги – в список редких и уязвимых видов растений, не внесенных в Красную книгу Кировской области, но нуждающихся на территории области в постоянном контроле и наблюдении [1].

C. majalis – евразийский неморальный вид тенистых дубовых, сосновых и сосново-еловых лесов, сохраняющийся по вырубкам и гарям. В Кировской области довольно часто встречается в южной части [2], в том числе на территории памятника природы регионального значения «Медведский бор». 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 [3]. *C. majalis* в них встречается часто, но в основном типичен для сосняков бруснично-зеленомошных, реже – в сосняках зеленомошных и лишайниковых. Поэтому в целях проведения сравнительного анализа характеристик *C. majalis* в разных условиях обитания мы выбрали сосняки бруснично-зеленомошный и лишайниковый. В них разные условия осве-

щения, состав подлеска, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов.

C. majalis – летне-зеленый поликарпик, геофит, многолетнее длиннокорневищное травянистое растение со сложной системой гипогэогенных корневищ. Модель побегообразования – симподиальная полурозеточная: вариант верхнерозеточная модель. Каждое корневище состоит из многолетних верхнерозеточных побегов. Базальная часть – плагиотропный, укореняющийся, ветвистый участок с длинными междоузлиями и чешуевидными листьями в узлах; терминальная – длиной 1–2 см, почти вертикальная с короткими междоузлиями, ежегодно образующая надземные годичные приросты [4]. Розеточный участок развивается по типу моноподиально нарастающих трав: с укороченной многолетней вегетативной осью и специализированным однолетним генеративным побегом в виде брактеозной открытой кисти, расположенным в пазухах чешуй [5]. Годичный побег состоит из погруженной в почву укороченной оси, 3–5 низовых чешуевидных стеблеобъемлющих листьев, 1 ланцетного чешуевидного листа, в пазухе которого развивается цветonos и 2 влагалищных зеленых листьев с ланцетной или продолговато-эллиптической пластинкой. Влагалища удлинённые, замкнутые, трубчатые, охватывающие друг друга. Этот участок часто некорректно называют ложным стеблем. В надземной части вся эта система представлена единым парциальным побегом. В популяционных исследованиях длиннокорневищных трав парциальные побеги характеризуют подобно онтогенетическим состояниям отдельных особей [6, 7]. Ландыш отличается от остальных длиннокорневищных трав максимальной длительностью онтогенеза парциального побега (до 30 лет) и наименьшей потенциальной продуктивностью вегетативных зачатков, образуемых за год элементом популяции. Он способен переходить в состояния вторичного покоя и квазисенильное [8]. Поэтому в популяционных исследованиях важно отличать эти растения от истинно виргинильных семенного происхождения. Размножается вегетативным путем – корневища способны к интенсивному разрастанию, и часто клоны занимают обширные территории [4].

В июне 2019 г. проанализировано две ценопопуляции *C. majalis* близ поселка Медведок Нолинского района Кировской области в сосняке бруснично-зеленомошном (57° 23' 24" с.ш.; 49° 59' 12" в.д.) и сосняке лишайниковом (58° 23' 55" с.ш.; 50° 2' 9" в.д.).

Для характеристики условий существования растений выполняли полные геоботанические описания [9], определяли эколого-ценотические группы видов подлеска и травяно-кустарничкового яруса [6], отмечали особенности формирования подростa.

Для установления морфологических особенностей особей на пробных площадках (20x20 м) были заложены учетные площадки (1x1 м). На них определены следующие параметры парциальных побегов (рис.): длина оси соцветия, длина и ширина листовых пластинок, число цветков или плодов. В общей сумме мы проанализировали в сосняке лишайниковом 22 парциальных побега *C. majalis*, в сосняке бруснично-зеленомошниковом – 36 (табл.). При каме-

ральной обработке мы просчитали соотношение длины и ширины листовых пластинок.

Мы оценивали исследованные парциальные побеги по выше указанным признакам и согласно известным характеристикам онтогенетических состояний [10, 11]. К ювенильным (j) отнесли парциальные побеги с длиной листовой пластинки (l) – 6,3–14 см, шириной листовой (s) пластинки – 4–5 см, отношением l/s – от 3,4 и выше; к виргинильным (v) – парциальные побеги с l – 12–20 см, с s – 3–9 см, l/s – 3–2,7; к генеративным (g) – парциальные побеги с наличием соцветия, цветков или плодов, l – 12–20, s – 4–10, l/s – 2,7 и меньше. После этого были сопоставлены спектры и особенности морфологии парциальных побегов с типом растительного сообщества.

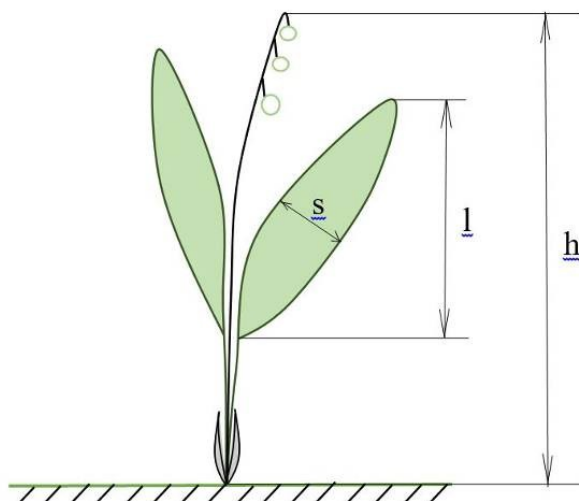


Рис. Схематичное изображение выполненных промеров *C. majalis*: h – длина оси соцветия; l – длина листовой пластинки; s – ширина листовой пластинки

Таблица

Сравнительные морфометрические показатели особей *C. majalis* в разных типах лесов

Тип леса	Число особей, шт			Онтогенетические состояния, шт			Длина листа (l ₁), см	Ширина листа, см (s ₁)	$\frac{l_1}{s_1}$	Длина оси соцветий, см
	Все-го	Ве-г.	В-Г	j	v	g				
СЛ	22	13	9	8	5	9	$\frac{15,3 \pm 2,6}{10 - 19}$	$\frac{3,6 \pm 1,4}{2,1 - 6}$	$\frac{7,2 \pm 12,3}{3,1 - 7,3}$	19,8
СБЗ	36	19	17	3	16	17	$\frac{18,5 \pm 3,4}{12 - 25}$	$\frac{3,6 \pm 0,7}{1,6 - 5,1}$	$\frac{5,3 \pm 0,8}{4,2 - 7,5}$	23,4

Примечание: СЛ – сосняк лишайниковый, СБЗ – сосняк бруснично-зеленомошный, Вег. – вегетативные особи, В-Г – вегетативно-генеративные особи.

В сосняке лишайниковом древостой представлен *Pinus sylvestris* L. Сомкнутость крон – 15%. Бонитет – II. Средняя высота древостоя – 21,30±5,13 м, средний диаметр ствола – 32,30±4,72 см, возраст – 69,30±25,58 лет. В подросте отмечены *P. sylvestris* и *Quercus robur* L. В подлес-

ке присутствует боровой вид (далее – Pn) *Juniperus communis* L., бореальный (далее – Br) *Sorbus aucuparia* L. и вид сухих песков (далее – PsTr) *Chamaecutis ruthenicus* (Fisch. Ex Woloszcz.) Klask.

Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 10%, в его составе присутствуют Br – *Vaccinium myrtillus* L., *Melampyrum sylvaticum* L., Pn – *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Pulsatilla patens* (L.) Mill., неморальный вид (далее – Nm) – *C. majalis* L., луговостепной вид (далее – Kov) – *Centaurea sumensis* Kalen..

Мохово-лишайниковый ярус представлен *Dicranum polysetum* Sw., *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot., *C. rangiferia* (L.) F. H. Wigg., *Cetraria islandica* (L.) Ach., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. На стволах деревьев присутствуют *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Evernia mesomorpha* Nyl., *E. furfuraceae* (L.) Zopf.

В сосняке бруснично-зеленомошном древостой представлен также *P. sylvestris*. Сомкнутость крон – 20%. Бонитет – I. Средняя высота древостоя – 30,00±6,08 м, средний диаметр – 34,00±9,29 см, средний возраст – 113,00±14,04 лет. Подрост представлен *P. sylvestris*, *Betula pendula* Roth, *Q. robur* (Nm) и *Picea abies* (L.) H. Karst. Подлесок состоит из *J. communis* (Pn), *S. aucuparia* (Br), *R. frangula* (Br) и *C. ruthenicus* (PsTr).

Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 25%. Он представлен *V. vitis-idaea* (Pn), *P. odoratum* (Pn), *P. patens* (L.) Mill. (Pn), *Astragalus arenarius* L. (Pn), *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth (Br), *Melampyrum sylvaticum* L. (Br), *Rubus saxatilis* L. (Br), *Orthilia secunda* (L.) House (Br) и *C. epigejos* (Br), *C. majalis* (Nm), растениями свежих лугов (далее MFr) – *Pimpinella saxifraga* L., *Fragaria vesca* L., растением опушек (ExEd) – *Hieracium umbellatum* L. Здесь выделено большее число бореальных и боровых видов, отмечено присутствие свежелуговых и опушечного видов в отличие от состава травяно-кустарничкового яруса сосняка лишайникового.

Мохово-лишайниковый покров образован *D. polysetum*, *P. schreberi*, *C. arbuscular*, *C. rangiferia*. Также присутствуют представители лишайников: *E. mesomorpha*, *H. physodes*, *Pseudoevernia furfuracea* (L.) Zopf. и *Ramalina thrausta* (Ach.) Nyl.

В сосняке лишайниковом отмечено 22 парциальных побега *C. majalis*: 13 вегетативных и 9 вегетативно-генеративных. Из них 8 ювенильных и 5 виргинильных особей. Листовые пластинки вегетативно-генеративных парциальных образований длиннее (16,7 и 14,3) и шире (4,4 см и 2,9 см), чем у вегетативных; соотношение длины и ширины листовых пластинок у вегетативно-генеративных уменьшается с 4,7 см у вегетативных до 3,7 у вегетативно-генеративных.

В сосняке бруснично-зеленомошном – 36 парциальных побегов *C. majalis*: 19 вегетативных и 17 вегетативно-генеративных (табл.). Из них 3 ювенильных и 16 виргинильных. Все морфометрические показатели листьев вегетативных и вегетативно-генеративных парциальных образований не имеют существенных отличий. Поэтому, вероятно, часть этих вегетативных парциальных образований находится в состоянии перерыва в цветении. Также в сравнении с таковыми исследованными в сосняке лишайниковом (табл.), для парци-

альных образований данного сообщества характерно наличие более длинных листовых пластинок и осей соцветий. Следовательно, здесь более оптимальные условия для существования *C. majalis*.

Таким образом, условия в этих сообществах специфичны. Сосняк лишайниковый – более светлый и сухой бор, в связи с чем здесь присутствуют не только боровые и бореальные виды, но и луговостепные. Существование *C. majalis* в этих условиях обеспечивается наличием гипогеогенного корневища и мохово-лишайникового покрова, тем более что ландыш отмечен лишь на участках, покрытых мхами. В сосняке бруснично-зеленомошном наряду с наличием боровых видов (*Juniperus communis* и *Pulsatilla patens*) и присутствием вида сухих песков (*Chamaecutis ruthenicus*) увеличивается бореальный элемент в древесном (*Betula pendula* и *Picea abies*) и травяно-кустарничковом (*Melampyrum sylvaticum*, *Rubus saxatilis*) ярусах. Здесь меньше лишайников. Поэтому такие условия можно охарактеризовать как более мезофитные, что соответствует экологическим потребностям *C. majalis*.

В сосняке бруснично-зеленомошном ценопопуляция ландыша более многочисленна, у особей лучшие биоморфологические показатели. Поэтому, поддержание состояния именно этих лесов целесообразно для сохранения *C. majalis* на особо охраняемой природной территории «Медведский бор».

Библиографический список

1. 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.
2. Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3-х томах / И. А. Губанов, К. В. Киселева, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. М. : Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. иссл., 2002. 527 с.
3. 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.
4. Жизнь растений / гл. редактор А. Л. Тахтаджян. М. : Просвещение, 1982. 543 с.
5. Актуальные проблемы современной биоморфологии / под ред. Н. П. Савиных. Киров : Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012. 610 с.
6. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / Л. И. Воронцова, Л. Е. Гатцук, В. Н. Егорова и др. М. : Наука, 1976. 217 с.
7. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии) / Л. Б. Заугольнова, Л. А. Жукова, А. С. Комаров и др. М. : Наука, 1988. 184 с.
8. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / под ред. О. В. Смирновой. М., 2004. 479 с.
9. Ипатов В. С. Описание фитоценоза. СПб., 2008. 71 с.
10. Сиротюк Э. А., Гунина Г. Н. Онтогенез *Convallaria transcaucasica* Utkin ex Grossh. в дубовых лесах Республики Адыгея // Вестник «АГУ». 2017. № 1. С. 34–40.
11. Кацовец Е. В. Эколого-фитоценотические особенности ландыша майского в степном Заволжье (на примере Красносамарского лесного массива) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 25.10.2011. Тольятти, 2011. 20 с.

БИОМОРФОЛОГИЯ ПУСТЫННИЦЫ СКАЛЬНОЙ В СВЯЗИ С ЕЕ ОХРАНОЙ

К. Д. Копосова, Н. П. Савиных

*Вятский государственный университет,
koposova2013@yandex.ru, savva_09@mail.ru*

С позиции биоморфологического подхода изучено и описано строение монокарпического побега и побегообразование пустынницы скальной (*Eremogone saxatilis* (L.) Kohn), охраняемой в Кировской области на северо-востоке ее распространения. Также отмечена динамическая и морфологическая поливариантность вида.

Ключевые слова: пустынница скальная, редкий вид, биоморфология, побег, адаптация, пациент.

Выявление механизмов формирования адаптаций у организмов к различным условиям – одна из наиболее важных решаемых проблем в современной биологии. Особенно это актуально для редких и охраняемых видов, обитающих вне пределов сплошных ареалов. Пустынница скальная – *Eremogone saxatilis* (L.) Kohn из семейства гвоздичные (Caryophyllaceae) является одним из представителей таких растений.

E. saxatilis – евроазиатский, бореально-умеренный вид [1]: распространен на территории России в европейской части и южных районах Сибири. В Средней России главным образом отмечена в нечерноземной полосе [2]. В Кировской области пустынница скальная – редкий вид, встречающийся на опушках и полянах в сухих сосновых лесах южных районов области [3], внесена в приложение Красной книги Кировской области (2014) [4].

В последнее время все чаще для разработки программ и обоснования охраны редких и исчезающих видов растений используют биоморфологический подход [5]. Поэтому целью нашей работы стало изучение биоморфологии *E. saxatilis* для выявления ее адаптаций к существованию на северо-восточной границе ареала и разработки рекомендаций по охране.

Материалы для изучения собраны в вегетационный период 2019 года в Нолинском районе Кировской области, в 117 квартале особо охраняемой природной территории «Медведский бор». Поскольку *E. saxatilis* является редким и охраняемым видом, биоморфологию ее изучали в основном без изъятия особей из состава сообщества.

Для уточнения отдельных морфологических особенностей вида просмотрели образцы гербария Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова [6] и гербарной коллекции кафедры биологии и методики обучения биологии Вятского государственного университета.

Пустынница скальная – многолетнее моноцентрическое поликарпическое плотнодерновинное растение, временами приобретающее вид миниатюрной

подушки из-за обильного ветвления и большого числа вегетативных розеточных и полурозеточных монокарпических побегов (МК).

Наименьшей структурной единицей побеговой системы любого цветкового растения является элементарный модуль (ЭМ) [7]. В зависимости от положения в составе МК, типа листа, длины междоузлия ЭМ пустынницы разнообразны (рис.1). Междоузлия могут быть как длинные, так и короткие, листья – срединной формации, чешуи и брактеи. Пазушные структуры надземных участков представлены почками, вегетативными побегами или соцветиями (рис.1, 1–6). По длительности покоя выделяются почки спящие (в подземной и приземной частях побега), регулярного возобновления (на розеточном участке надземной части) и обогащения (на однолетних удлинённых участках побега). Подземные участки сложены ЭМ из длинных междоузлий, узлов, почек и чешуевидных листьев (рис.1, 7).

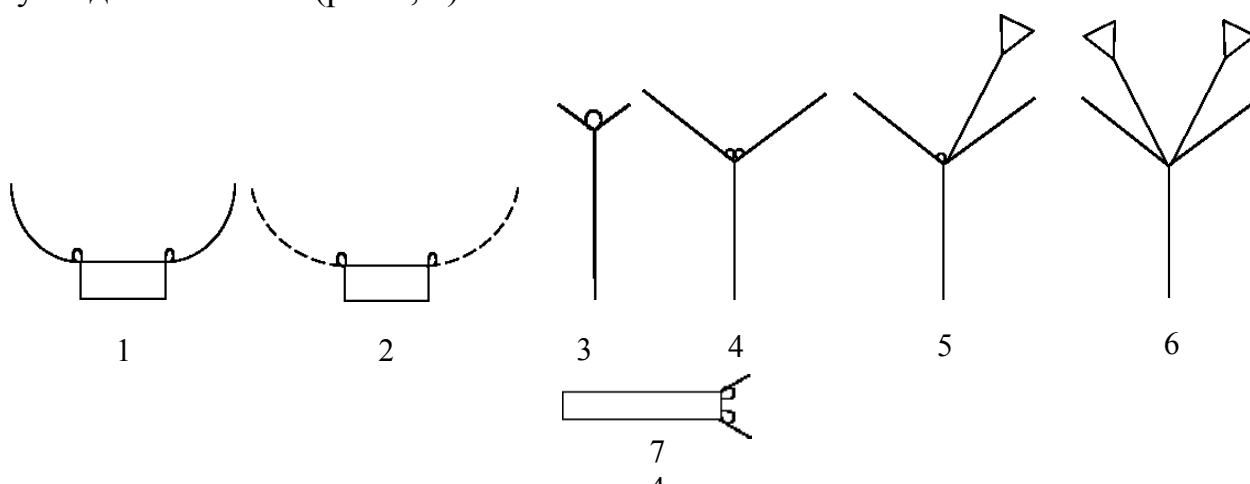


Рис. 1. Варианты элементарных модулей *Eremogone saxatilis*

ЭМ в совокупности образуют универсальный модуль (УМ) [7], который в данном случае представляет собой систему зрелого моноподиального побега [8], построенную по типу дизъюнктивной системы [9]. У побегов имеется два разветвленных участка: в базальной части с побегами замещения в фазе вегетативного ассимилирующего; на верхушке – синфлоресценция из терминального и боковых соцветий или паракладиев. Эти участки разделены средней зоной торможения с обычно не реализующимися почками обогащения. У части побегов почки возобновления трогаются в рост на следующий год, поэтому структурным элементом особи в этом случае является одноосный МК.

В структуре особи пустынницы скальной выделяются несколько типов побегов. Вегетативные побеги: 1) розеточный моноциклический, как первый этап в развитии типичного МК (рис. 2, 1); 2) верхнерозеточный с удлинённой подземной частью, образующийся из спящих почек приземной и подземной частей исходного побега (рис. 2, 11); 3) розеточный олигоциклический с неполным циклом развития, который перевершинивается с образованием такого же побега (рис. 2, 8); 4) такие же, как вариант 3, с удлинённой подземной частью (рис. 2, 13); 5) полурозеточный с неполным циклом развития – удлинённый участок развивается, но побег не цветет (рис. 2, 7, 16).

Из вегетативно-генеративных структур выделяются следующие:
 1) полурозеточные ди- и олигоциклические МК с базальной розеткой в побеговых системах, построенных по типу монохазия или дихазия;
 2) среднерозеточные с удлиненной подземной частью такого же типа.

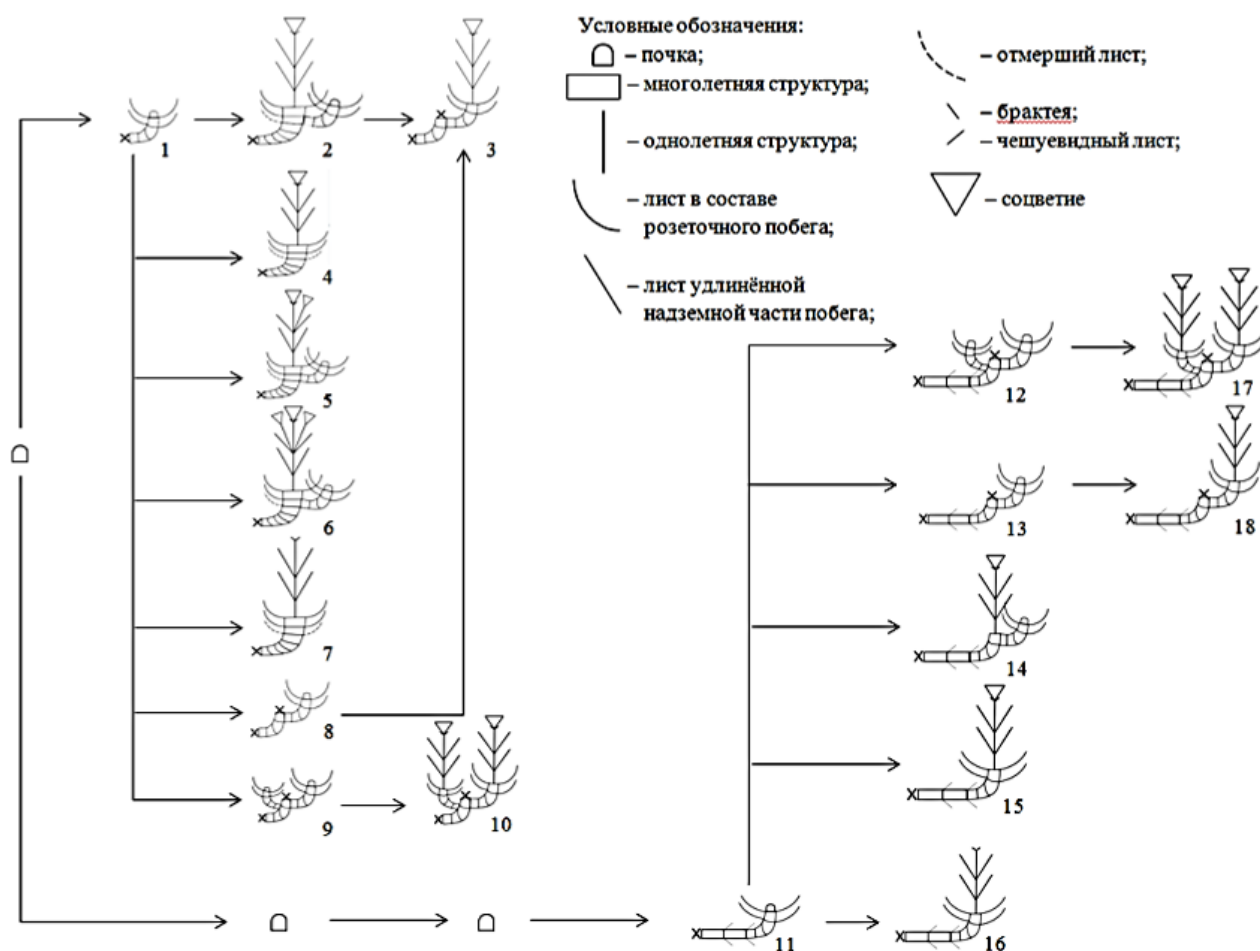


Рис. 2. Структурная поливариантность развития монокарпического побега *E. saxatilis*

Различия в развитии МК *E. saxatilis* зависят от длительности фазы почки, так как побеги образуются и из спящих почек, а также от длительности фазы вегетативного ассимилирующего побега и от способности МК к зацветанию.

В развитии МК согласно терминологии [10, 11] выделили следующие фазы: почки, промежуточная фаза, вегетативного ассимилирующего побега, бутонизации, цветения и плодоношения и вторичной вегетативной деятельности (рис. 3).

Фаза почки (рис. 3, 1) продолжается один год у дициклических побегов замещения и несколько лет в виде спящей почки у побегов с геофильным участком.

Промежуточная фаза (рис. 3, а) имеется только в развитии побегов, развивающихся из спящих почек. В это время формируется геофильный удлиненный участок с промежуточной почкой на верхушке.

Во время *фазы вегетативного ассимилирующего побега* (рис. 3, 2) формируется участок с листьями срединной формации и активно нарастающей ас-

симилирующей поверхностью. Эта фаза может продолжаться также в течение нескольких лет в зависимости от положения почки в составе побегового тела растения. В ряде случаев, происходит перевершинивание (рис. 2, 8, 9, 12, 13), формируются несколько метамеров удлиненной надземной части (рис. 2, 7, 16).

Фаза бутонизации, цветения и плодоношения (рис. 3, 3) начинается с заложения генеративных органов и заканчивается плодоношением; продолжается с июня по август. После отмирания надземного участка наступает фаза вторичной деятельности МК (рис. 3, 4). Базальная часть становится резидом многолетней оси, морфологическая целостность которой сохраняется до конца жизни особи.

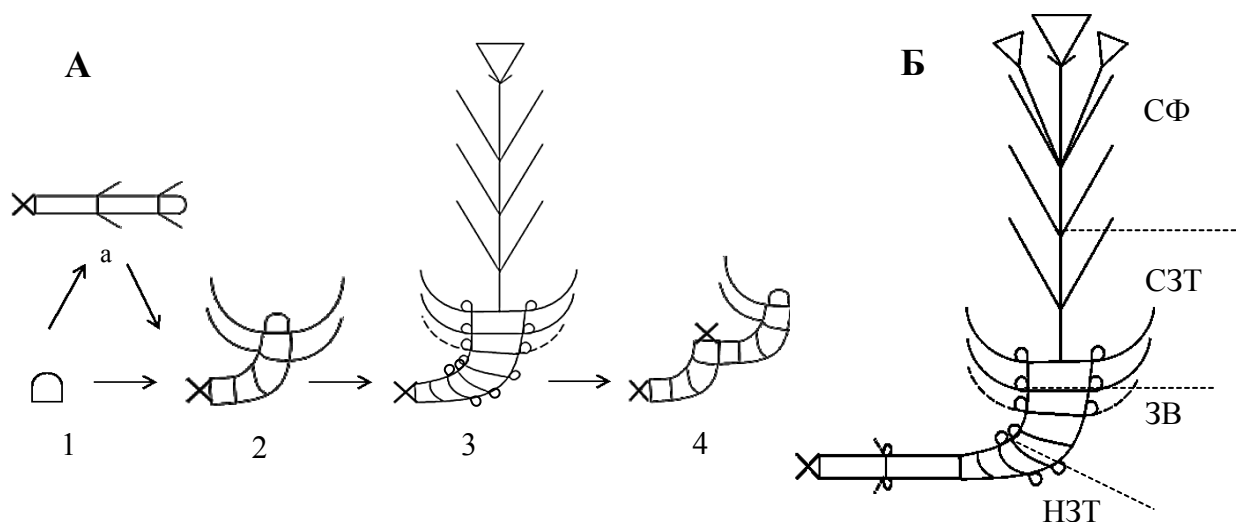


Рис. 3. Фазы в развитии монокарпического побега (А) и структурно-функциональные зоны МК *E. saxatilis* (Б): 1 – фаза почки; 2 – фаза вегетативного ассимилирующего побега; 3 – фаза бутонизации, цветения и плодоношения; 4 – фаза вторичной деятельности; а – промежуточная фаза; НЗТ, ЗВ, СЗТ, СФ – расшифровка в тексте

Эти системы строятся на основе одноосных ди- и олигоциклических МК, дифференцированных на структурно-функциональные зоны, выделенные согласно традиционной терминологии [10, 12, 13]: нижняя зона торможения, возобновления, средняя зона торможения, синфлоресценция (рис. 3).

Базальные части таких МК структурно и функционально соответствуют *нижней зоне торможения* (НЗТ), которая у полурозеточных побегов сложена короткими междоузлиями, у среднерозеточных – метамерами с длинными междоузлиями и чешуевидными листьями. *Зона возобновления* (ЗВ) представлена средней частью розеточного участка МК с почками возобновления в пазухах листьев срединной формации. *Средняя зона торможения* (СЗТ) – метамеры верхней части розеточного участка и базальной части удлиненного участка побега. *Синфлоресценция* (СФ) обеспечивает семенную продукцию, построена по типу моно- или дихазия.

Каждый тип побега занимает свое место в системе целостного растения. На основе симподиальной розеточной модели побегообразования формируются разные структуры в зависимости от местоположения почек возобновления.

Анализ спектра побегов в составе особи пустынноцветной скальной позволил наметить несколько путей в развитии их у этого растения (рис. 2), что связано с формированием, как дизъюнктивной системы зрелого моноподиального побега, так и типичных МК.

Образование дизъюнктивных систем обеспечивает повышение энергии семенного воспроизведения, поскольку в составе особи формируется симподиальная ось, способная к ежегодному цветению, в то время как развитие побегов возобновления на следующий год после цветения обеспечивает зацветание ее лишь через год. Эту особенность в развитии побеговых систем, возможно, рассматривать как вариант поливариантности развития, что было показано на примере *Atragene sibirica* [14] и *Vaccinium vitis-idaea* [7].

Описанные особенности в строении и формировании побеговых систем пустынноцветной скальной определил вектор ее развития. С одной стороны, при обильном ветвлении растение приобретает большую площадь ассимилирующей поверхности, особенно при формировании вегетативных розеточных и полурозеточных побегов с неполным циклом развития. Это обеспечивает регулярное семенное воспроизведение растения.

С другой стороны, у этого вида, как и у других подушковидных растений, внутри особи создается особенный микроклимат [15], что позволяет почкам в течение длительного времени сохраняться живыми на приземных и подземных участках, обеспечивая необходимое возобновление и семенное воспроизведение. Эта особенность *E. saxatilis* в условиях сосновых лесов поддерживается наличием мохового и лишайникового покровов, что обеспечивает возможность перехода вида к жизненной стратегии специализированного пациента.

Библиографический список

1. Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora / Н. Meusel, E. J. Jäger, E. Weinert, G. Fischer. Jena : Verlag, 1965. 841 s.
2. Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3-х томах / И. А. Губанов [и др.]. М. : Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. иссл., 2004. Т. 3. 520 с.
3. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1 Сосудистые растения. Киров : ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.
4. Красная книга Кировской области. Киров, 2014. 336 с.
5. Савиных Н. П. Сохранение биоразнообразия с позиций биоморфологии // Вестник ТвГУ. Биология и экология. 2013. Вып. 31. С. 155–165.
6. Серегин А. П. (ред.) Цифровой гербарий МГУ [Электронный ресурс]. – URL: <https://plant.depo.msu.ru/> (дата обращения 02.02.2020).
7. Современные подходы к описанию структуры растений / под ред. Н. П. Савиных, Ю. А. Боброва. Киров: ООО «Лобань». 2008. 355 с.
8. Савиных Н. П. Вероники секции *Veronica* // Биологическая флора Московской области. М. : Изд-во «Гриф и КО». 1997. Вып. 14. С. 160–180.
9. Мамедова Э. Т. Структура цветоносных побегов в сем. Геснериевых (*Gesneriaceae*): автореф. дис. ... канд. биол. наук.: 03.00.05. М., 1985. 16 с.
10. Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М. : Сов. наука, 1952. 391 с.
11. Серебрякова Т. И. Морфология растений и эволюция жизненных форм злаков. М. : Наука, 1971. 360 с.
12. Troll W. Die Infloreszenzen. Bd. 1. Jena, 1964. 615 s.

13. Борисова И. Г., Попова Г. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Бот. журнал. 1990. Т. 75, № 10. С. 1420–1426.
14. Кузнецова С. Б. Биоморфология княжика сибирского – *Atragene sibirica* L. (сем. Ranunculaceae) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. 03.00.05. Киров, 2007. 23 с.
15. Хохряков А. П. Активная, а не пассивная жизненная форма // Природа. 1994. № 6. С. 121–122.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ *LIMOSELLA AQUATICA* L.

М. Н. Шаклеина, Н. П. Савиных

*Вятский государственный университет, mariyashakleina@mail.ru,
savva_09@mail.ru*

В работе представлены результаты оценки отношения особей *Limosella aquatica* к комплексу абиотических факторов. Определены экологические предпочтения вида по шкалам отечественных и зарубежных авторов. Установлено, что особи *L. aquatica* имеют большие возможности как по использованию конкретных местообитаний, так и к произрастанию в экологически разнообразных условиях.

Ключевые слова: *Limosella aquatica*, экологические шкалы, экологическая валентность.

Экологическая пластичность растений во многом определяет их способность расселяться за пределы своего современного распространения. Толерантность каждого вида по отношению к конкретным абиотическим факторам можно оценить, количественно определить и проанализировать с использованием экологических шкал. В настоящее время наиболее часто применяются точечные Н. Еленберг [1, 2] и Е. Ландолт [3], содержащие балловые оценки экологических оптимумов видов, а также амплитудные Л. Г. Раменского с соавторами [4] и Д. Н. Цыганова [5], включающие балловую оценку диапазона на шкале фактора.

Limosella aquatica L. – циркумбореальный, арктическо-умеренно-тропический [6], плюризональный [7] вид; прибрежно-болотный [6], гигрофит [7]. Общий ареал охватывает Арктику, Скандинавию, Среднюю и Атлантическую Европу, Индию, Гималаи, Монголию, Японию, Китай (Маньчжурию), Северную и Южную Америку, Австралию и Африку [8]. Основными местообитаниями вида являются илистые и песчаные берега, отмели, пересыхающие днища водоемов, каналы, лужи, заливные и дернистые луга [8].

В Кировской области – основном месте исследования – достаточно успешное произрастание особей вида в условиях песчаных отмелей крупных рек, обусловлено прежде всего особенностями биологии, а также, вероятно, возможностями использования конкретного местообитания. Поэтому целью данного исследования стала оценка отношения *L. aquatica* к комплексу абиотических факторов для установления возможностей освоения ею биотопа. Для этого проанализированы характеристики *L. aquatica* по шкалам разных авторов.

Н. Elenberg [1, 2] в равнинных областях Западной и Средней Европы относит *L. aquatica* к светолюбивым растениям (7 по шкале освещенности), произрастающим в большинстве случаев при полной освещенности в умеренно теплом – теплом климате (6 по температурной шкале) на влажных или сырых (8 по шкале влажности), слабо кислых – слабо щелочных (7 по шкале кислотности) почвах с низким содержанием минерального азота (3 по шкале богатства почвы минеральным питанием).

Е. Landolt [3] характеризует вид как полусветовое растение (4 по шкале освещенности), распространенное преимущественно в верхне- и среднегорном поясе, часто – в нижнегорном и субальпийском (3 по температурной шкале), избегающее экстремально континентальных районов (3 по шкале континентальности), произрастающее на почвах от умеренно бедных до средне богатых (3 по шкале богатства почвы элементами минерального питания), переувлажненных (5 по шкале увлажнения), слабокислых: рН 4,5–7,5 (3 по шкале кислотности почвы), тонкодисперсных: диаметр частиц менее 0,002 мм (5 по шкале гранулометрического состава), со средним содержанием гумуса (3 по шкале гумусированности почвы).

Согласно Л. Г. Раменскому с соавторами [4] в условиях бывшего СССР особи *L. aquatica* предпочитают увлажнение, характерное для местообитаний сплавин (дельтовых плавней) и прибрежно-водной растительности (табл.).

Таблица

**Диапазон экологических условий мест произрастания
Limosella aquatica (по Л. Г. Раменскому с соавт. [4])**

Шкалы	Обилие*				
	m	c	n	p	s
Увлажнение (У)	–	–	–	105	–

Примечание: *Обилие – m – массово (более 8%), c – обильно (2,5–8 %), n – умеренно (0,3–2,5 %), p – мало (0,1–0,2 %), s – единично, знаком «–» – отсутствие данных.

У автора отсутствуют данные по виду для шкал переменности увлажнения, активного богатства и засоления почвы, аллювиальности и пастбищной дигрессии.

Д. Н. Цыганов [5] для подзоны хвойно-широколиственных лесов Европейской части бывшего СССР приводит следующий диапазон экологических условий мест произрастания *L. aquatica* (рис.).

По *термоклиматической шкале (Тм)* условия обитания вида соответствуют режимам от арктического/субарктического до средиземноморского/тропического. Термоморфа ¹ – +aM+ ².

¹ Экоморфа – тип отношения особей вида к режиму каждого из факторов среды в отдельности.

² Формула экоморфы отражает границы возможных условий существования особей вида.

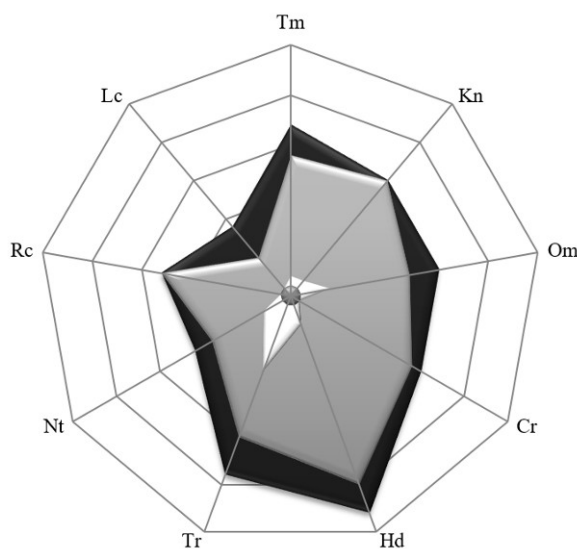
Согласно шкале континентальности климата (*Kn*) особи *L. aquatica* могут произрастать в условиях от экстраокеанического/океанического до ультраконтинентального климата. Контрастоморфа – +OU.

В соответствии с омброклиматической шкалой аридности-гумидности (*Om*) *L. aquatica* встречается в условиях от аридности/мезоаридности до гумидности/пергумидности. Омброморфа – +CF+.

Данные криоклиматической шкалы (*Cr*) свидетельствуют о возможности произрастания особей *L. aquatica* в условиях от очень суровых (средняя температура самого холодного месяца < -32) до очень теплых / невыраженных зим. Криоморфа – KQ+.

Значения шкалы увлажнения почв (*Hd*) ограничивают существование особей этого вида от полупустынных до болотных/прибрежноводных местобитаний. Гидроморфа – dP+.

Данные шкалы солевого режима почв (*Tr*) свидетельствуют о способности особей *L. aquatica* произрастать на почвах от довольно богатых до сильнозасоленных. Трофоморфа – +EH.



● – 1

● – 2

Рис. Амплитуда экологического ареала *Limosella aquatica* (по шкалам Д. Н. Цыганова [5]): 1 – диапазон шкал Д. Н. Цыганова; 2 – диапазон экологических предпочтений *Limosella aquatica*

Шкала богатства почв азотом (*Nt*) показывает возможность существования *L. aquatica* на почвах от очень бедных азотом до богатых азотом. Нитроморфа – kh

По данным шкалы кислотности почв (*Rc*) вид способен произрастать на почвах от очень кислых (рН = 3,5) до щелочных (рН > 8,0). Ацидоморфа – ag.

Диапазон значений шкалы освещенности-затенения (*Lc*) ограничивает возможность существования вида на участках от открытых пространств до светлых лесов. Гелиоморфа – GM.

Для шкалы переменности увлажнения почв (fH) данные отсутствуют.

На основе градации шкал Д. Н. Цыганова [5] по методике Л. А. Жуковой [9, 10] определена потенциальная экологическая валентность (PEV) *L. aquatica* по отношению к девяти факторам: эвривалентен к температуре ($T_m=0,76$), континентальности ($K_n=0,93$) климата, типу климата ($C_r=0,93$), увлажнению почв ($H_d=0,78$) и кислотности почв ($R_c=1,00$); гемизвривалентен к числу годовых осадков ($O_m=0,60$) и богатству почв азотом ($N_t=0,64$); мезовалентен к освещенности–затенению ($L_c=0,56$); гемистеновалентен к солевому режиму почв ($T_r=0,42$). Формула, отражающая отношение особей *L. aquatica* к факторам среды имеет следующий вид: $\text{ЭВ}_{T_m, K_n, C_r, H_d, R_c} \Gamma \text{ЭВ}_{O_m, N_t} \text{МВ}_{L_c} \Gamma \text{СВ}_{T_r}$. Климатический индекс толерантности (It клим.) равен 0,81, что характеризует *L. aquatica* как эвривалентный по отношению к комплексу климатических факторов. Почвенный индекс толерантности – 0,71, определяет вид как эвривалентный по отношению к комплексу почвенных факторов. Общий индекс толерантности – 0,74, что характеризует *L. aquatica* как эврибионтный в совокупности ко всем факторам и определяет приспособленность особей к произрастанию в экологически разнообразных условиях, а также широкую возможность использования конкретного местообитания.

Таким образом, на основании градации шкал Д. Н. Цыганова [5] и типа экоморф *L. aquatica* можно охарактеризовать как внетропический политерм, мезополифит, мезогалотроф, мезоконтинентал, ортополибионт, субкриофит, субацидофилл, субнитрофилл, гипогелиофит.

Описание микроусловий произрастания особей в Кировской области с использованием геоботанических данных в дальнейшем позволит определить диапазон действия фактора, а сводная информация об экологии и морфологических особенностях этого вида – адаптивность структур по отношению к отдельному или комплексу факторов экотопа, выяснить возможные механизмы освоения песчаных отмелей *L. aquatica* и причины успешного обитания в формирующихся на них сообществах.

Библиографический список

1. Ellenberg H. Zeigewerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Gottingen : Goltze, 1974. 216 s.
2. Ellenberg H. Zeigewerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas // Scripta geobot. 1979. Н. 9. S. 1–122.
3. Landolt E. Ökologische Zeigewerte zer Schweizer Flora // Veröff. Geobot. Inst. der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich. 1977. Н. 64. S. 1–208.
4. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л. Г. Раменский, И. А. Цаценкин, О. Н. Чижиков, Н. А. Антипин. М. : Сельхозгиз, 1956. 472 с.
5. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М. : Наука, 1983. 197 с.
6. Цвелёв Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб., 2000. 781 с.
7. Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль : ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.

8. Горшкова С. Г. Род 1335. Лужница – *Limosella* L. // Флора СССР. Т. XXII. / под ред. Б. К. Шишкина, Е. Г. Боброва. М.-Л., 1955. С. 324–325.
9. Жукова Л. А. Оценка экологической валентности видов основных эколого-ценотических групп // Восточноевропейский леса. История в голоцене и современность : в 2 кн. Кн. 1. М. : Наука, 2004. С. 256–270.
10. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений : монография / под общ. ред. проф. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола, 2010. 368 с.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ САЛАТА

А. Э. Русских¹, С. Г. Скугорева^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, mashikc98@mail.ru*

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

В статье представлены результаты модельного эксперимента по влиянию внесения в почву двух органоминеральных удобрений, содержащих гуминовые вещества: препарата, полученного из торфа, и удобрения «Сотка», на количественное содержание фотосинтетических пигментов в листьях салата сорта Дубачек МС.

Ключевые слова: органоминеральное удобрение, гуминовые вещества, салат, сорт, хлорофилл *a*, хлорофилл *b*, каротиноиды.

Важнейшими компонентами фотосинтетического аппарата растений является система пигментов, включающая хлорофиллы *a*, *b* и каротиноиды. Благодаря данным пигментам становится возможным поглощение энергии света и преобразование ее в энергию химических реакций [1]. Хлорофиллы играют ключевую роль в процессе фотосинтеза. Каротиноиды, наряду с участием в поглощении света, выполняют антиоксидантную функцию.

Известно, что гуминовые вещества (ГВ) повышают интенсивность фотосинтеза и дыхания растений, усиливают белковый и фосфорный обмен [2]. В связи с этим можно предположить, что внесение в почву удобрений и препаратов, содержащих ГВ, будет способствовать накоплению фотосинтетических пигментов в листьях растений.

Целью работы было изучить влияние внесения в почву препарата, полученного из торфа, и органоминерального удобрения «Сотка», содержащих ГВ, на накопление фотосинтетических пигментов в листьях салата.

Растения салата сорта Дубачек МС выращивали в пластиковых сосудах, в которые помещали 500 г сухой почвы. В почву вносили органоминеральные удобрения, содержащие ГВ: препарат, полученный из торфа, и удобрение «Сотка». Препарат был получен нами ранее из торфа «Гороховского производственного участка» филиала ВяткаТорф» методом выщелачивания ГВ [3]. В таблице 1 представлены данные дифференциального термического анализа по содержанию ГВ в используемых для проведения опыта почве и удобрениях.

Таблица 1

Содержание гуминовых веществ в удобрениях и почве

Содержание гуминовых веществ [*] , %	Препарат, полученный из торфа	Удобрение «Сотка»	Водная вытяжка из почвы ^{**}
Гуминовые кислоты	18,6±1,5	5,27±0,21	2,02±0,08
Фульвокислоты	4,8±0,4	1,06±0,10	следовые значения
Гиматомилановая кислота ^{***}	но	0,93±0,04	но
Общее содержание гуминовых веществ	23,4±2,1	7,26±0,35	2,05±0,11

Примечание: ^{*} – объем исследуемой вытяжки из почвы, а также препарата и удобрения составил 5 мл; ^{**} – в водной вытяжке соотношение почва: вода составило 1:10; ^{***} – для определения гиматомилановой кислоты вытяжку растворяли в этиловом спирте; но – не определено.

Опыт проводили в двукратной повторности. Схема представлена в таблице 2. В почву вносили препарат, полученный из торфа, и жидкое удобрение «Сотка» как однократно непосредственно перед посадкой семян, так и через 10 дней после посадки в качестве подкормки. Контролем служил вариант без внесения удобрений. Растения выращивали в климатической камере при температуре 24 °С при световом режиме день/ночь, равном 16 ч/8 ч.

Таблица 2

Схема постановки модельного опыта по влиянию органоминеральных удобрений на содержание пигментов в листьях растений салата

Контроль (без внесения удобрений)	Внесение препарата, полученного из торфа, в почву		Внесение удобрения «Сотка» в почву	
	однократно перед посадкой С = 0,04% [*]	через каждые 10 дней после посадки ^{**} С = 0,004% [*]	однократно перед посадкой С = 0,04% [*]	через каждые 10 дней после посадки С = 0,004% [*]

Примечание: ^{*} – концентрацию удобрения рассчитывали, исходя из общего содержания гуминовых веществ в удобрении (табл. 1); ^{**} – удобрение вносили на 10-тый и 20-тый день после посадки семян салата.

На 20-тый и 30-тый день после посадки семян салата отбирали по 6 растений из каждого контейнера. Для анализа содержания пигментов брали среднюю часть второго и третьего листьев растений, удаляли жилки, листья измельчали. Навеску листьев массой 0,200–0,300 г заливали 5 см³ 100% ацетона и фиксировали в кипящей водяной бане. Фиксированную пробу листьев растирали в фарфоровой ступке с добавлением кварцевого песка под слоем ацетона. В целях предотвращения феофетинизации во время извлечения к ацетону добавляли небольшое количество карбоната кальция для нейтрализации кислот клеточного сока, а также сульфата натрия для обезвоживания пробы. Полученный экстракт фильтровали через стеклянный фильтр с помощью вакуумного насоса. Фильтрат переносили в мерную колбу объемом 25 см³, доводили до метки ацетоном.

Согласно методике, оптическую плотность раствора измеряют на спектрофотометре при длинах волн 662 (хлорофилл *a*), 644 (хлорофилл *b*) и 470 нм (каротиноиды) в кювете с толщиной слоя 1 см [1]. Отмечали смещение максимума поглощения хлорофилла *a* на 2 нм, в соответствии с этим делали коррекцию на длины волн других пигментов. В качестве стандарта использовали 100%-ный ацетон.

В ходе исследования получены результаты, которые представлены в таблице 3. На 20-тый день после посадки при внесении в почву удобрений во всех вариантах наблюдали увеличение содержания пигментов в листьях растений: хлорофилла *a* и *b* – на 10–22%, каротиноидов – на 8–17% по сравнению с контролем. В большей степени, на 17–22% по сравнению с контролем, накопление пигментов отмечали в варианте при однократном внесении препарата, полученного из торфа, в почву перед посадкой.

На 30-тый день после посадки растений салата в двух вариантах отмечали накопление пигментов: при однократном внесении органоминерального препарата в почву (содержание хлорофилла *a* увеличилось на 20%, хлорофилла *b* – на 34%, каротиноидов – на 19%) и при внесении жидкого удобрения «Сотка» через 10 и через 20 дней после посадки (содержание хлорофилла *a* и *b* увеличилось на 11%; каротиноидов – на 10%).

Во всех опытных вариантах отмечали увеличение суммы хлорофиллов в листьях растений, особенно ярко это проявилось на 20-тый день посадки в вариантах с однократным внесением препарата (на 29,5%) и удобрения (19,7%).

Соотношение концентраций хлорофиллов *a* и *b* в тканях растений и отношение их суммы к содержанию каротиноидов являются показателями физиологического состояния растений. Отношение хлорофиллы/каротиноиды в различных вариантах отличалось незначительно и составило 4,88–5,17:1, что свидетельствует об удовлетворительном физиологическом состоянии растений [4]. Отношение концентраций хлорофиллов *a* и *b* составило 2,68–2,95:1, что хорошо согласуется с данными литературы (3:1) [4].

Таблица 3

Содержание пигментов в листьях салата (в расчете на сухую массу)

Показатель	Контроль	Внесение препарата в почву однократно	Внесение препарата в почву через 10 дней	Внесение удобрения «Сотка» однократно	Внесение удобрения «Сотка» через 10 дней
1	2	3	4	5	6
На 20-тый день посадки					
Хлорофилл <i>a</i> , мг/г	4,6±1,1	5,9±0,5	5,5±0,4	5,23±0,28	5,1±0,6
Хлорофилл <i>b</i> , мг/г	1,55±0,36	2,01±0,13	1,87±0,11	1,80±0,21	1,72±0,20
Каротиноиды, мг/г	1,28±0,28	1,54±0,18	1,43±0,11	1,41±0,10	1,39±0,17
Хлорофилл <i>a+b</i> , мг/г	6,1±1,4	7,9±0,6	7,3±0,6	7,0±0,5	6,8±0,8
Хлорофилл <i>a/b</i>	2,94	2,91	2,93	2,92	2,95
Хлорофилл (<i>a+b</i>)/каротиноиды	5,01	5,12	5,13	5,01	4,88

1	2	3	4	5	6
На 30-тый день посадки					
Хлорофилл <i>a</i> , мг/г	3,838±0,022	4,8±1,2	2,60±0,22	3,1±1,1	4,3±1,2
Хлорофилл <i>b</i> , мг/г	1,42±0,05	1,7±0,4	0,95±0,09	1,2±0,5	1,6±0,5
Каротиноиды, мг/г	1,026±0,013	1,26±0,28	0,70±0,06	0,83±0,29	1,14±0,3
Хлорофилл <i>a+b</i> , мг/г	5,26±0,08	6,5±1,6	3,55±0,28	4,3±1,6	5,9±1,7
Хлорофилл <i>a/b</i>	2,69	2,81	2,75	2,68	2,72
Хлорофилл (<i>a+b</i>)/каротиноиды	5,17	5,14	5,01	5,14	5,13

Таким образом, внесение в почву органоминерального препарата и удобрения «Сотка» непосредственно перед посадкой семян, дает лучшие показатели по накоплению фотосинтетических пигментов, чем их внесение в качестве подкормки на 10-тый и 20-тый дни после посадки.

При сравнении двух удобрений, препарат, полученный из торфа, содержащий гуминовые вещества, приводит к увеличению содержания пигментов в растениях в большей степени, чем органоминеральное удобрение «Сотка».

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

Библиографический список

1. Физиология растений: лабораторный практикум для студентов биологического факультета / А. П. Кудряшов, Т. И. Дитченко, О. В. Молчан, И. И. Смолич, О. Г. Яковец. Минск : БГУ, 2011. 76 с.
2. Безуглова О. С., Полиенко Е. А., Горовцов А. В. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) / Агрономия и лесное хозяйство. Оренбург : ОГУ, 2016. № 4 (60). С. 11–14.
3. Русских А. Э., Скугорева С. Г. Получение из торфа препарата, содержащего гуминовые вещества // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2019. С. 220–223.
4. Храмченкова О. М. Влияние экстрактов из лишайников на содержание пигментов фотосинтеза в проростках сосны обыкновенной // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4, № 7. С. 17–25.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРОВ ЭТИЛОВОГО СПИРТА РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ НА ПРОРАСТАНИЕ *LEPIDIUM SATIVUM*

Н. А. Пронина

Тулский государственный университет, pronina.nina2018@yandex.ru

В статье представлена модель загрязнения атмосферы парами этанола различной концентрации. Определены концентрации этилового спирта, при ко-

торых особи способны расти и какие при этом в них происходят изменения, а также определены минимальные концентрации, при которых растение гибнет.

Ключевые слова: биотестирование, кресс-салат, этиловый спирт, физиология растений.

Высокая степень атмосферного загрязнения урбанизированных территорий Тульской области является серьезной экологической проблемой. Наибольшее количество загрязняющих веществ попадает в атмосферу с выбросами промышленных предприятий города Тула (44,7%) и Суворовского района (22,9%). Чуть меньше трети (29,1%) всех загрязняющих веществ приходится на предприятия Новомосковска, Алексина, Ефремова и Щекинского района. По данным выборочного федерального статистического наблюдения в 2018 году выбросы в атмосферу вредных веществ организациями Тульской области составили 104,0 тыс. тонн, а атмосфера столицы региона ежегодно загрязняется 13,25 т вредных веществ, содержащихся в выхлопных газах автомобилей [1]. В связи с этим крайне важно осуществлять экологический мониторинг и проводить мероприятия, направленные на восстановление и охрану окружающей среды.

В качестве тест-растения выбран кресс-салат (*Lepidium sativum*) – высшее, высокочувствительное к химическим соединениям, фотосинтезирующее растение, рекомендованное ГОСТ 33061-2014 [2]. В данном эксперименте были использованы семена из одной партии (увеличение достоверности), с контрольной всхожестью равной 100%. Тест-функции: всхожесть, размеры и состояние растения.

Кресс-салат проращивали в пластиковых контейнерах, под воздействием паров этилового спирта различной концентрации (превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) [3]), достигаемых разбавлением 90% этанола и внесением получившихся растворов в контейнеры (табл.) [4].

Таблица

Использованные концентрации C_2H_5OH и их превышение относительно ПДК

$C(C_2H_5OH)$, %	$C(C_2H_5OH)$, моль/л	$C(C_2H_5OH)$, мг/м ³	Превышение ПДК, раз
2,5	0,539	24830000	24830
5	1,074	49460000	49460
10	2,131	98190000	98190
20	4,250	192700000	193700
40	8,120	374100000	374100
90	15,980	736200000	736200

Проращивание семян происходило в закрытых пластиковых контейнерах объемом 0,5 л. На дно семи контейнеров помещали ватные диски с 2 мл: воды, 90, 40, 20, 10, 5 и 2,5% этилового спирта. В каждом контейнере в увлажненном ватно-марлевом мешочке подвешивали по 10 семян.

Воздействие спирта высокой концентрации (больше 20%) привело к гибели зародышей (всхожесть равна нулю), при этом наблюдалось появление сахарозной оболочки, начавшей мутнеть на четвертый день (рис. 1), и изменение цвета семядолей на серый.



Рис. 1. Помутнение сахарозной оболочки

При воздействии на семена кресс-салата паров 10% этанола всхожесть составила 40%, а прорастание началось спустя 3 дня после начала опыта. Пары 5% этилового спирта задержали развитие тест-растения на сутки, а всхожесть увеличилась до 60%. Влияние 2,5% спирта прорастание не задержало, всхожесть была равна 90% (рис. 2).

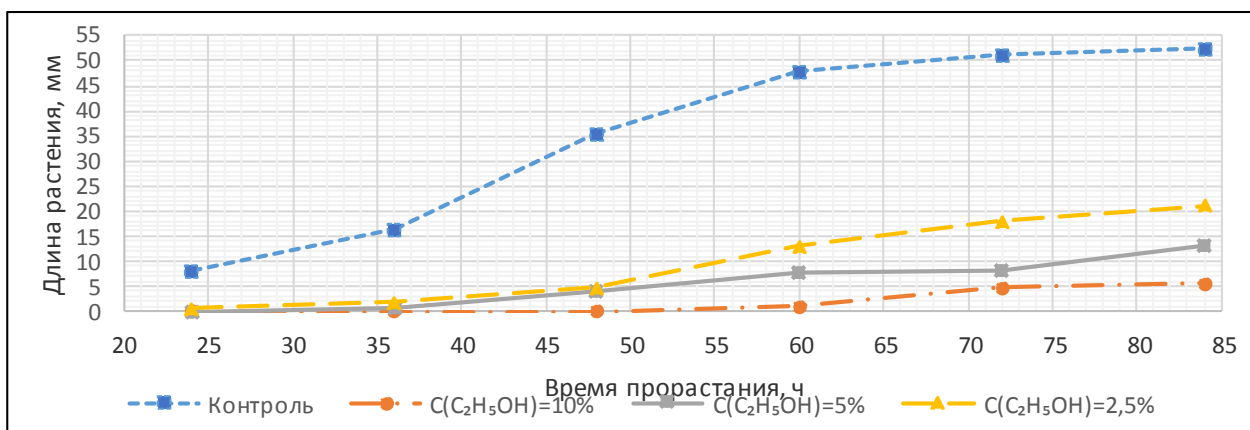


Рис. 2. Сравнение размеров проростков

Также, при воздействии 2,5% этилового спирта, во время прорастания гипокотилля, произошло изменение его цвета на желтый в связи с растворением хлорофилла (рис. 3) [5].

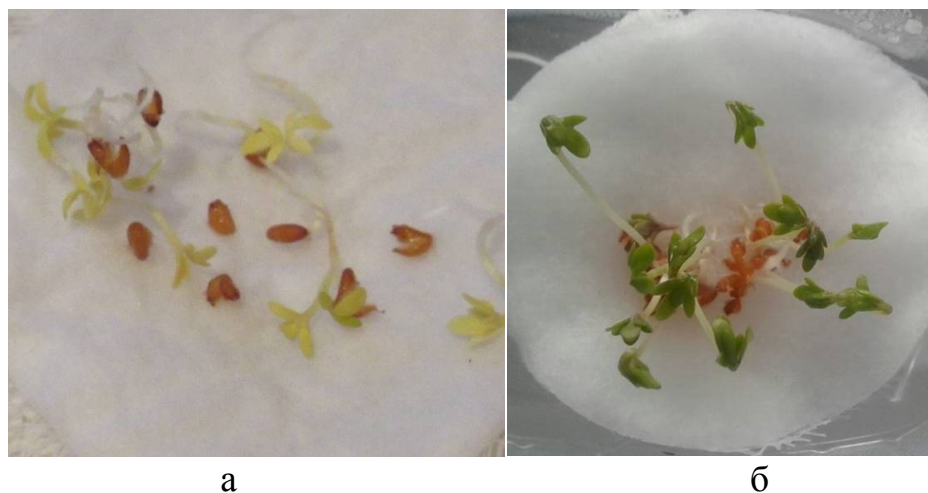


Рис. 3. Внешний вид проростков при воздействии а – 2,5% этанола; б – контроль

Содержание в атмосфере этанола концентрацией выше 4 моль/л (10% спирт) приводит к гибели растений, более низкие концентрации приводят к существенному нарушению прорастания семян, а также изменяют важнейшие физиологические процессы в растениях: в связи с растворением хлорофилла снижается интенсивность фотосинтеза.

Библиографический список

1. Доклад «Об экологической ситуации в Тульской области за 2018 год» [Электронный ресурс]. – URL: <https://tularegion.ru/ViewerJS/#../upload/iblock/561-5618b798517364634d275c9d7d702cbe.pdf> (дата обращения: 05.03.2020).
2. ГОСТ 33061-2014 «Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Наземные растения: тест на всхожесть семян и развитие проростков». М. : Стандартинформ, 2015.
3. ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/556185926> (дата обращения: 05.03.2020).
4. Рабинович В. А., Хавин З. Я. Краткий химический справочник. Изд. 2-е, испр. и доп. Л. : Химия, 1978. 280 с.
5. Полевой В. В. Физиология растений: учеб. для биол. спец. вузов. М. : Высш. шк., 1989. 464 с.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ К ПОВЫШЕННЫМ КОНЦЕНТРАЦИЯМ ЖЕЛЕЗА

О. А. Симонова^{1,2}, М. В. Симонов², Е. В. Товстик²

¹ *ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, simolga07@gmail.com*

² *Вятский государственный университет, tovtik2006@inbox.ru*

В статье приведены результаты исследования влияния ионов железа(II) в концентрациях 2,6; 13,0 и 65,0 мг/л на линейный рост и антиоксидантную активность корней ячменя в водной культуре. Оценивали 6 сортов ячменя, в том числе 5 из коллекции лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Установлено, что с увеличением дозы железа в среде для выращивания растений происходит уменьшение длины корней ячменя. По параметру антиоксидантной активности корней сорт Белгородский 100 в исследованном диапазоне концентраций оказался не менее устойчивым к ионной токсичности железа, чем районированные сорта ячменя.

Ключевые слова: стрессовый фактор, железо, устойчивость, ячмень, антиоксидантная активность, длина корня.

Химический состав почвы является одним из ведущих факторов, оказывающих значительное влияние на рост растений. Несмотря на то, что многие элементы почвы необходимы растениям для их полноценного развития, некоторые из них, в случае избыточного содержания и повышенной кислотности почвы, токсичны для растений. Одним из них является железо, которое по распространенности в земной коре занимает 4-е место.

Повышенная кислотность почв является основным неблагоприятным фактором для роста сельскохозяйственных культур в Кировской области. Отрицательное действие данного фактора, сопряжено, в том числе, с избыточным количеством алюминия и железа в почве [1]. В связи с этим большинство районированных сортов зерновых культур, выведенных в ФАНЦ Северо-Востока, это устойчивые к кислотности почвы и высокому содержанию в ней ионов алюминия. Однако, в связи с кросс-адаптацией, не исключено, что данные сорта могут быть устойчивыми и к другим стрессовым факторам, в том числе повышенному содержанию железа в почве [2–4].

Объектами исследования служили растения ячменя сортов: 346-09; 12-29-11; Фермер 198-12; Форвард; Бионик из рабочей коллекции лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. В качестве стандарта использовали сорт ячменя Белгородский 100. Выбор ячменя в качестве объекта исследований был обусловлен тем, что он является одной из ведущих зерновых культур, в том числе в северных регионах, где используется как кормовая культура [2].

Семена ячменя исследуемых сортов проращивали в водной культуре в лабораторных условиях (в термостате при температуре 23 °С, отсутствие освещенности). В качестве стрессового воздействия использовали ионы железа(II). Исследовали действие следующих концентраций: 2,6; 13,0 и 65,0 мг/л действующего вещества (д. в.) в виде соли $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. В качестве контроля использовали дистиллированную воду.

Оценку устойчивости семидневных растений ячменя к токсическому действию ионов железа(II) проводили по линейному росту корней и их антиоксидантной активности. Дополнительно рассчитывали индекс длины корней (ИДК) – соотношение длины корней в опыте и контроле.

Для определения антиоксидантной активности растений брали навеску свежих корней ячменя массой 0,20–1,00 г, растирали в фарфоровой ступке, добавляли 10 мл бикарбонатного буфера (рН = 10,30–10,65). Полученный раствор фильтровали. Об антиоксидантной активности растений ячменя судили по их способности ингибировать аутоокисление адреналина и тем самым предотвращать образование активных форм кислорода [5]. Для этого к 3 мл бикарбонатного буфера добавляли 0,1 мл 0,1%-го раствора адреналина гидрохлорида и измеряли оптическую плотность при длине волны 347 нм через 2 ч. ($ОП_1$). Далее к 2 мл буфера добавляли 1 мл фильтрата и 0,1 мл 0,1%-го раствора адреналина гидрохлорида с последующим определением оптической плотности ($ОП_2$).

Антиоксидантную активность (АОА) рассчитывали по формуле:

$$АОА = \frac{(ОП_1 - ОП_2) \times 100\%}{ОП_1}$$

По значению величины АОА судили о наличии антиоксидантной активности (более 10%). По изменению значений АОА корней ячменя исследуемых сортов относительно сорта стандарта подразделяли растения на 3 группы: дифферентные к стрессу (не изменяющие уровень АОА); гиперчувствительные по отрицательному типу (снижение уровня АОА); гиперчувствительные по положительному типу (повышение уровня АОА) [6].

Оценка линейного роста растений по значениям длины корней позволила установить токсический эффект всех исследуемых доз железа в варианте опыта для сортов 346-09 и Фермер 198-12 (табл.). В этом случае отмечали закономерное уменьшение длины корней с увеличением концентрации исследуемого элемента в среде для выращивания растений. У остальных исследуемых в опыте сортов ячменя минимальная концентрация ионов железа(II) в среде (2,6 мг/л) не оказала достоверного влияния на линейный рост корней. Известно, что уровень содержания Fe в дерново-подзолистых почвах, равный 2,6 мг/кг, является оптимальным для роста ячменя [1]. В наших исследованиях данная концентрация элемента в среде для выращивания растений не только не оказала стимулирующего эффекта, но подействовала как стрессовый фактор на некоторые сорта ячменя. Тем не менее, согласно классификации, приведенной в работе Navascode с соавт. [7] по значению ИДК (выше 65%) все исследованные сорта ячменя можно отнести к группе устойчивых к исследуемым концентрациям железа. Согласно значениям ИДК, самым устойчивым из исследованных сортов ячменя, оказался сорт Бионик. В этом случае уменьшение длины корней растений этого сорта было зафиксировано только в варианте опыта с самой высокой концентрацией железа (65,0 мг/л). Самым неустойчивым оказался сорт Фермер 198-12, у которого было отмечено минимальное значение ИДК (от 65,50 до 87,72%) по сравнению с другими исследуемыми сортами ячменя.

Таблица

Параметры устойчивости сортов ячменя к повышенным концентрациям железа

Сорт	Fe ²⁺ , мг/л	Длина корня		АОА	
		Значения, см	ИДК, %	Значения, %	% к контролю
1	2	3	4	5	6
Белгородский 100	0	14,6±0,5		91,10±0,94	
	2,6	15,3±0,1	104,79	91,88±0,19	100,86
	13,0	13,5±0,9*	92,47	93,07±0,6*	102,16
	65,0	11,3±0,2*	77,40	93,27±0,36*	102,38
346-09	0	16,4±0,2		89,98±2,87	
	2,6	16,0±0,1*	97,56	82,91±0,52*	92,14
	13,0	15,1±0,3*	92,07	80,92±0,58*	89,93
	65,0	11,5±0,5*	70,12	81,12±1,26*	90,15
Форвард	0	17,1±0,3		88,24±2,96	
	2,6	16,7±0,6	97,66	90,34±2,61	102,38
	13,0	14,2±0,6*	83,04	88,54±5,11	100,34
	65,0	11,0±0,5*	64,33	86,74±4,23	98,30
Фермер 198-12	0	17,1±0,2		84,15±0,64	
	2,6	15,0±1,2*	87,72	81,0±0,47*	96,26
	13,0	14,1±0,3*	82,46	78,83±1,48*	93,68
	65,0	11,2±0,7*	65,50	80,96±0,73*	96,21
29-11	0	15,8±0,4		88,34±2,58	
	2,6	15,7±0,3	99,37	87,63±3,51	99,20
	13,0	14,0±0,1*	88,61	87,75±2,83	99,33
	65,0	11,5±0,4*	72,78	87,60±4,24	99,16

1	2	3	4	5	6
Бионик	0	15,8±0,6		90,22±1,02	
	2,6	15,8±0,2	100,00	91,72±0,83	101,66
	13,0	15,2±0,3	96,20	93,12±0,53*	103,21
	65,0	10,9±0,4*	68,99	91,15±1,10	101,03

Примечание: * – значения в опыте достоверно отличаются от контроля.

Антиоксидантная активность корней во всех вариантах опыта уменьшилась по сравнению с контролем только у двух сортов: 346-09 и Фермер 198-12 (табл.). При этом, зависимости между значениями АОА и дозой железа в среде для выращивания растений не было установлено. У сортов Белгородский 100 и Бионик было зафиксировано увеличение значений данного параметра по отношению к контролю. Но у сорта Белгородский 100 повышение наблюдалось только в дозах 13,0 и 65,0 мг/л, а у сорта Бионик – 13,0 мг/л. Сорт Форвард и 29-11 по параметру АОА корней оказались устойчивыми к повышенным концентрациям ионов исследуемого металла. В тоже время, по литературным данным известно, что неблагоприятные факторы способствуют накоплению в клетках растений активных форм кислорода, ведущих к их повреждению [8]. Например, растения, аккумулирующие в клетках повышенные количества Fe^{2+} , могут страдать от образования гидроксил-радикала, самого токсичного из радикалов кислорода [9]. С другой стороны, у растений есть некоторые адаптивные механизмы и антиоксидантные системы, в том числе препятствующие проявлению Fe-стресса [9, 10]. Наибольшее изменение АОА фиксировали у сорта 346-09 (от 7,86 до 10,07% относительно контроля).

Таким образом, оценка линейного роста растений по длине корней позволила установить токсический эффект железа на все исследуемые сорта ячменя, особенно максимальной концентрации (65,0 мг/л). Тем не менее, по значению ИДК все изученные сорта можно отнести к металлоустойчивым (выше 65%). В то же время по параметру антиоксидантная активность корней два сорта оказались дифференцированными к стрессу: Форвард и 29-11. При этом, сорт Белгородский 100 оказался не менее устойчивым к ионной токсичности железа, чем районированные сорта ячменя.

Библиографический список

1. Небольсин А. Н., Небольсина З. П. Известкование почв (результаты 50-летних полевых опытов). СПб. : ГНУ ЛНИИСХ Россельхозакадемии, 2010. 254 с.
2. Родина Н. А. Селекция ячменя на Северо-Востоке Нечерноземья. Киров : Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. 488 с.
3. Гладков Е. А. Получение растений полевицы побегоносной с комплексной устойчивостью к тяжелым металлам и засолению методами клеточной селекции // Сельскохозяйственная биотехнология. 2009. № 6. С. 85–89.
4. Щуплецова О. Н., Щенникова И. Н., Широких И. Г. Создание генотипов ячменя с комплексной устойчивостью к эдафическим стрессам методами клеточной селекции // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 1–2. С. 16–20.
5. Сирота Т. В. Способ определения антиоксидантной активности супероксиддисмутазы и химических соединений. Заявка № 99103192 (003673), приоритет от 24.02.1999.

6. Зеленков В. Н., Марков М. В., Лапин А. А. Антиоксидантный статус растений, выявленный при изучении экосистем Тамбовской области // Экологические аспекты жизнедеятельности человека, животных и растений: монография. Белгород : ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2017. С. 177–195.

7. A genetic analysis of aluminium tolerance in cereals / S. Navacode, A. Weidner, R. K. Varshney, U. Lohwasser, U. Scholz, M. S. Roder, A. Börner // Agric. Conspec. Sci. 2010. Vol. 75. No. 4. P. 191–196.

8. Miura K., Tada Ya. Regulation of water, salinity and cold stress responses by salicylic acid // Frontiers in plant science. 2014. Vol. 5. P. 1–12.

9. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области : монография / Г. Н. Чупахина, П. В. Масленников Л. Н. Скрыпник, Н. Ю. Чупахина, П. В. Федуряев. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. 145 с.

10. Влияние различных доз железа на развитие окислительного стресса и образование ферритина у растений хрустальной травки / Н. И. Шевякова, Б. Ц. Ешинимаева, Н. В. Парамонова, В. В. Кузнецов // Физиология растений. 2009. Т. 56, № 4. С. 518–529.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

*М. С. Серебренников*¹, *С. Ю. Огородникова*², *С. В. Пестов*^{1,2}
¹ Вятский государственный университет,
² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, *svetao_05@mail.ru*

Изучена интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в листьях одуванчика лекарственного и подорожника большого, отобранных в районах г. Кирова с разной антропогенной нагрузкой. Показано, что растения из разных районов города, отличаются по интенсивности процессов ПОЛ в клетках.

Ключевые слова: урбоэкосистемы, перекисное окисление липидов, одуванчик лекарственный, *Taraxacum officinale*, подорожник большой, *Plantago major*.

В условиях городской среды растения испытывают влияние комплекса разнообразных факторов (загрязнение атмосферного воздуха, почв, грунтовых вод; электромагнитное, вибрационное, акустическое воздействие; оползневые процессы и др.) [1]. В растениях, произрастающих в городах, происходят изменения на биохимическом уровне: накапливаются вещества, обладающие протекторными свойствами (пролин, антоцианы, каротиноиды); меняется концентрация фотосинтетических пигментов, активность антиоксидантных ферментов, возрастает интенсивность окислительных процессов [2–4].

Целью работы было изучить интенсивность процессов перекисного окисления липидов в листьях травянистых растений, произрастающих в разных районах г. Кирова.

В качестве объектов исследования были выбраны широко распространенные виды травянистых растений, которые встречаются на газонах – одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Webb) и подорожник большой (*Plantago*

major L.). Листья растений отбирали в разных районах города г. Кирова (подзона южной тайги), которые отличаются интенсивностью автотранспортной нагрузки, наличием промышленных предприятий – источников загрязнения. Участки, которые характеризуются наибольшей антропогенной нагрузкой: 1) завод ОЦМ; 2) перекресток улиц Казанская и Профсоюзная; 3) перекресток улиц Воровского и Ленина; 4) АЗС в микрорайоне малые Чижи; 5) дорога в микрорайоне малые Чижи. Участки с невысокой антропогенной нагрузкой: 6) посадки березы в микрорайоне малые Чижи; 7) сквер 60-летия СССР; 8) парк Победы; 9) Областной дворец молодежи (ранее ДК «Авангард»).

Интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в растительных клетках определяли по накоплению малонового диальдегида (МДА), который образуется в процессе ПОЛ. Содержание МДА анализировали фотометрически при длине волны 532 нм на спектрофотометре Specol 1300 (Analytik Jena, Германия) [5].

Установлено, что растения, отобранные в разных районах города, отличаются по интенсивности процессов ПОЛ в клетках. Сведения о накоплении МДА в клетках листьев одуванчика представлены на рисунке 1. Содержание МДА в растительных клетках одуванчика варьировало в интервале 29–109 нмоль/г сыр. массы. По накоплению МДА в клетках листьев одуванчика участки можно разделить на 3 группы. К группе с максимальным накоплением МДА относится участок на перекрестке улиц Казанская и Профсоюзная (участок 2) – 109 нмоль/г сыр. массы. К группе со средним содержанием МДА в листьях одуванчика (70–72 нмоль/г сыр. массы) относятся участки, расположенные у завода ОЦМ (участок 1) и в посадках березы в микрорайоне малые Чижи (участок 6). Растения, отобранные с остальных участков (3, 4, 5, 7, 8, 9), отличались низким уровнем МДА в клетках (45–29 нмоль/г сыр. массы).

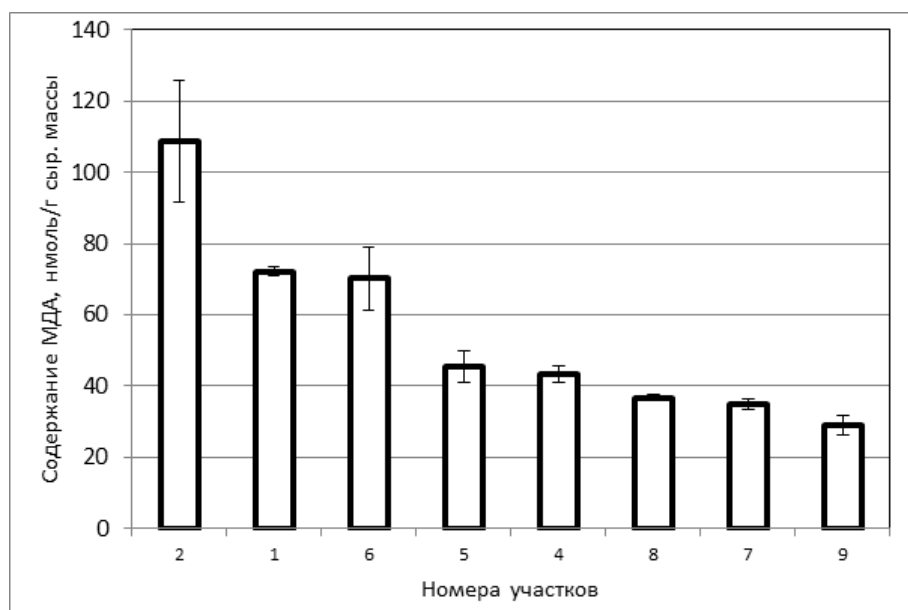


Рис. 1. Содержание малонового диальдегида в клетках листьев одуванчика лекарственного, отобранных в разных участках города

Содержание МДА в листьях подорожника, отобранных на территории города, изменялось в пределах 37–71 нмоль/г сыр. массы. Растения, в листьях которых отмечено повышенное накопление МДА (70,1–64,4 нмоль/г сыр. массы), отобраны на участках 1, 2, 5 и 6. Минимальное содержание МДА (37 нмоль/г сыр. массы) в клетках листьев подорожника отмечали на участках 8 и 9 (рис. 2).

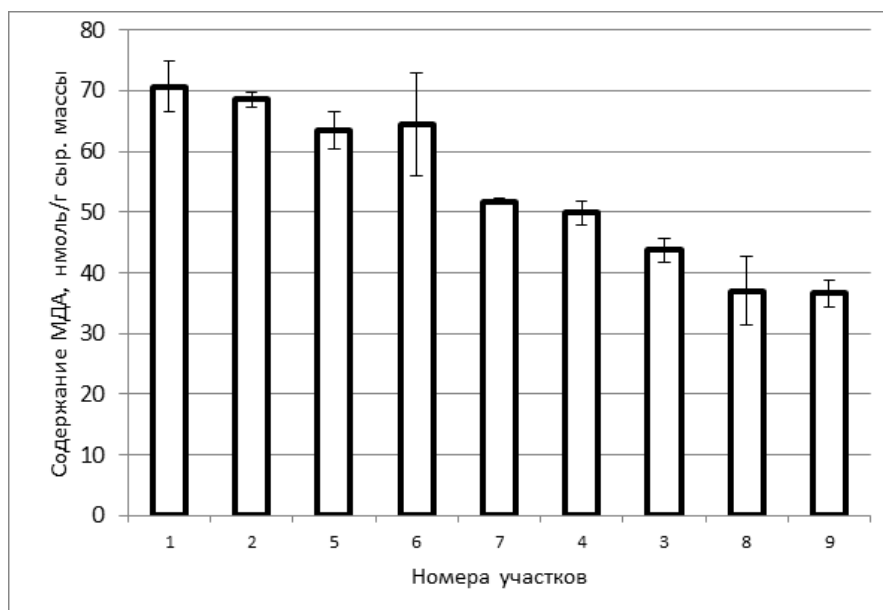


Рис. 2. Содержание малонового диальдегида в клетках листьев подорожника большого, отобранных в разных участках города

Известно, что стрессовые условия провоцируют в растительной клетке сверхпродукцию активных форм кислорода и развитие окислительного стресса [6]. Одним из показателей, характеризующих степень окислительного стресса в клетках, является интенсивность процессов ПОЛ. Выявлена зависимость между интенсивностью процессов ПОЛ и районом произрастания изученных растений. Растения одуванчика и подорожника с высоким уровнем МДА отобраны на участках 1, 2, 5, 6. Данные участки, за исключением 6, расположены на территориях со значительной техногенной нагрузкой (вблизи оживленных автомобильных дорог и в зоне влияния крупного промышленного предприятия). Участок 6 находится вдали от источников техногенного загрязнения, но на территории, которая испытывает существенную рекреационную нагрузку (зона отдыха в густонаселенном микрорайоне). Повышенное накопление МДА в листьях растений свидетельствует о неблагоприятных условиях произрастания. Растения с низкой интенсивностью процессов ПОЛ в клетках были отобраны с участков 7, 8 и 9. Эти участки расположены в парковых зонах и на территории жилой застройки. Условия на данных территориях благоприятны для растений.

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

Библиографический список

1. Особенности урбозкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока / под ред. Т. Я. Ашихминой, Л. И. Домрачевой. Киров : Изд-во ВятГГУ, 2012. 282 с.
2. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде. Структура и функция ассимиляционного аппарата. Минск, 1989. 208 с.
3. Кузнецов В. В., Шевякова Н. И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. 1999. Т. 46. С. 321–336.
4. Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта / Г. Н. Чупахина, П. В. Масленников, Л. Н. Скрыпник, М. И. Бессережнова // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 2 (18). С. 171–185.
5. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
6. Полесская О. Г. Растительная клетка и активные формы кислорода / под ред. И. П. Ермакова. М. : КДУ, 2007. 140 с.

СОРБЦИЯ ИОНОВ МЕДИ ВЫСШИМИ ГРИБАМИ И АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ

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

¹ *Вятский государственный университет, azhukova98@gmail.com*

² *Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
skugoreva@mail.ru, grigory_kantor@mail.ru*

Изучена сорбция ионов меди активированным углем (АУ) и сухой биомассой плодовых тел высших грибов *Agaricus bisporus* и *Russula atropurpurea* из растворов с концентрациями $(0,2-100) \cdot 10^{-5}$ моль/л. Выявлено, что экспериментальным изотермам сорбции лучше соответствует уравнение Фрейндлиха. Определен ряд сорбентов по снижению сорбционной способности к ионам меди: *A. bisporus* > *R. atropurpurea* > активированный уголь (АУ).

Ключевые слова: активированный уголь, высшие грибы, сорбция, изотермы сорбции.

Тяжелые металлы (ТМ) оказывают токсическое действие на биоту, легко накапливаются и плохо выводятся из организма. Медь и ее соединения занимают особое положение среди ТМ. В небольших концентрациях медь является необходимым микроэлементом, а в высоких дозах – ее соединения достаточно токсичны. В связи с этим актуальной проблемой является поиск эффективных сорбентов, способных снижать содержание меди в компонентах природной среды.

Целью данной работы было оценить сорбционные способности по отношению к ионам меди активированного угля, высших грибов шампиньона двуспорового *Agaricus bisporus* и сыроежки волнистой *Russula atropurpurea* с использованием изотерм сорбции.

Плодовые тела высших грибов высушивали до постоянной массы, измельчали и растирали в фарфоровой ступке. Измерение содержания ионов меди

в растворе проводили при температуре 23 ± 1 °С потенциометрическим методом на иономере «Эксперт-001», подключенном к персональному компьютеру с ионоселективным электродом, чувствительным к концентрации ионов меди в растворе [1].

В стакан наливали 50 мл раствора нитрата меди с различными концентрациями ионов меди: 0,2; 0,6; 1; 2, 6; 8 и $100 \cdot 10^{-5}$ моль/л (М), погружали в раствор магнит, ионоселективный электрод, двухключевой электрод сравнения, включали магнитную мешалку. Запускали программу приема данных с иономера «Эксперт-001». Пробы сухих сорбентов взвешивали и быстро вносили в стакан с раствором нитрата меди. Для приема и обработки данных использовали программу EXP2PR (ООО «ЭКОНИКС-ЭКСПЕРТ»).

При описании изотерм сорбции использовали уравнения Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радушкевича. Значения параметров изотермы сорбции, усредненные за полное время каждого измерения, были найдены методом наименьших квадратов при помощи надстройки «Поиск решения» программного пакета Microsoft Excel. Качество соответствия полученных уравнений экспериментальным данным оценивали по величине коэффициент детерминации r^2 :

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

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

В ходе работы по экспериментальным данным были построены различные варианты изотермы адсорбции и проведено их сравнение между собой по степени соответствия эксперименту (рис.). Как видно из данных таблицы, для всех изучаемых сорбентов максимальные значения коэффициента детерминации установлены для уравнения Фрейндлиха ($r^2 = 0,9977-0,9987$).

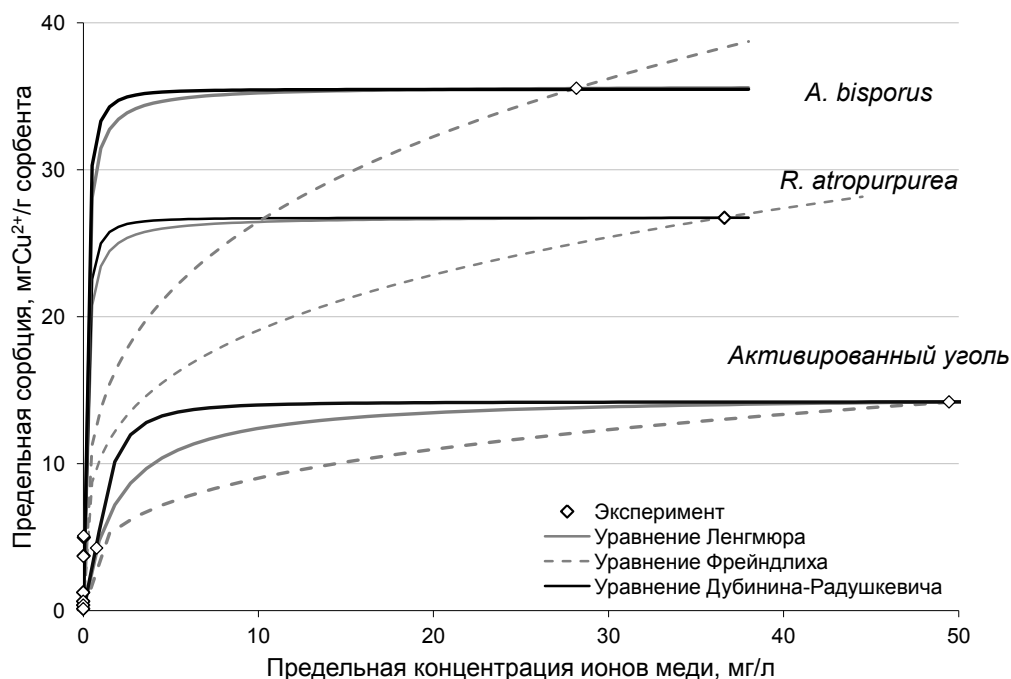


Рис. Изотермы сорбции ионов меди высшими грибами и активированным углем

Немецкий химик Г. М. Фрейндлих экспериментально показал, что с ростом концентрации раствора предельное количество адсорбированного вещества возрастает пропорционально корню n -ой степени из концентрации [2].

Расчет проводили по формуле:

$$a = \beta \cdot \left(\frac{c}{c_0} \right)^{1/n},$$

где a – масса адсорбата (в данном случае ионов меди) на единицу массы сорбента (мг/г), c – равновесная концентрация адсорбата в растворе (мг/л), c_0 – стандартная концентрация, равная 1 мг/л, β и $1/n$ – константы, определяемые экспериментальным путем.

Изотерма сорбции Фрейндлиха не имеет зоны насыщения и используется для описания сорбции из растворов с малыми и средними концентрациями. Согласно этой модели, в первую очередь заполняются сорбционные центры с более сильной связывающей способностью, при этом прочность поглощения уменьшается с увеличением степени заполнения [3].

Физический смысл константы β в уравнении Фрейндлиха состоит в том, что при равновесной концентрации адсорбата, равной 1 мг/л, β представляет собой величину адсорбции. В данной работе наибольшее значение β установлено для *A. bisporus* (13,73 мг/г); несколько ниже было значение для *R. atropurpurea* (10,47 мг/г); минимальное – для активированного угля (4,7 мг/г).

Модель Фрейндлиха хорошо описывает адсорбцию в предположении химического характера процесса, на что указывают значения n (3,51–3,83). Кроме того, модель Фрейндлиха характеризуется фактором неоднородности $1/n$, значения которого для растворов обычно находятся в интервале от 0,1 до 0,5, что указывает на хорошую адсорбцию ионов металлов на адсорбенте [4, 5]. По полученным данным показатель степени для исследуемых сорбентов изменяется в узких пределах: от 0,261 до 0,285.

Для уравнений Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича значения коэффициента детерминации изотерм были немного ниже, чем для уравнения Фрейндлиха, но также очень близки к 1 ($r^2 = 0,9922$ – $0,9977$).

Модель Ленгмюра хорошо описывает адсорбцию в мономолекулярном слое. Согласно уравнению, чем больше емкость монослоя A_{max} и коэффициент Ленгмюра K_L , тем лучшим сорбентом является вещество или материал. Из данных таблицы можно построить ряд по снижению сорбции (по A_{max} и K_L): *A. bisporus* > *R. atropurpurea* > активированный уголь.

В уравнении Дубинина-Радушкевича константа k характеризует энергию связи сорбента с ионами меди. Она имеет максимальное значение для АУ (0,286 мг²/кДж). Сухая биомасса плодовых тел *A. bisporus* характеризуется большей максимальной сорбцией ($A_{max} = 35,48$ мг/г), несколько ниже значение для *R. atropurpurea* (26,73 мг/г), минимальное значение рассчитано для активированного угля (14,21 мг/г).

Результаты обработки изотерм сорбции Cu^{2+} уравнениями Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радушкевича

Уравнение изотермы сорбции и его параметры		<i>A. bisporus</i>		<i>R. atropurpurea</i>		Активированный уголь	
Ленгмюра	A_{max} , мг/г	35,70	$r^2 = 0,9960$	26,84	$r^2 = 0,9977$	14,75	$r^2 = 0,9924$
	K_L , л/мг	7,41		6,87		0,53	
Фрейндлиха	β , мг/г	13,73	$r^2 = 0,9987$	10,47	$r^2 = 0,9980$	4,70	$r^2 = 0,9977$
	n	3,51		3,83		3,53	
	$1/n$	0,285		0,261		0,283	
Дубинина-Радушкевича	A_{max} , мг/г	35,48	$r^2 = 0,9939$	26,73	$r^2 = 0,9976$	14,21	$r^2 = 0,9922$
	k , мг ² /кДж	0,022		0,023		0,286	

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения.

Таким образом, изотермы сорбции ионов меди активированным углем и сухой биомассой плодовых тел высших грибов *A. bisporus* и *R. atropurpurea* наилучшим образом описываются уравнением Фрейндлиха. Ряд сорбентов по снижению сорбционной способности по отношению к ионам меди имеет следующий вид: *A. bisporus* > *R. atropurpurea* > активированный уголь.

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

Библиографический список

1. Сравнительный анализ эффективности использования сорбентов различной природы по отношению к ионам меди(II) / С. Г. Скугорева, Г. Я. Кантор, Л. И. Домрачева, Т. И. Кутявина // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 3. С. 12–18. doi: 10.25750/1995-4301-2018-3-012-018
2. Практикум по физической химии НГУ. Химическая термодинамика и кинетика. Адсорбция из растворов на твердой поверхности / Составитель О. В. Нецкина. Новосибирск : РИЦ НГУ, 2015. 17 с.
3. Adsorption of congo red by Ni/Al-CO₃: equilibrium, thermodynamic and kinetic studies / N. Ayawei, A. T. Ekubo, D. Wankasi, E. D. Dikio // Oriental Journal of Chemistry. 2015. Vol. 31. No. 30. P. 1307–1318. doi: 10.13005/ojc/310307
4. Weber T. W., Chakravorti R. K. Pore and solid diffusion models for fixed-bed adsorbers. // Aiche J. 1974. Vol. 20. P. 228–238. doi: 10.1002/aic.690200204
5. Adsorption of Pb(II) from aqueous solutions using activated carbon developed from Apricot stone / L. Mouni, D. Merabet, A. Bouzaza, L. Belkhiri // Desalination. 2011. Vol. 276. P. 148–153. doi: 10.1016/j.desal.2011.03.038

**РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ
В ПАТОКОМПЛЕКСЕ
HORDEUM VULGARE L. – *HELMINTHOSPORIUM* SPP.**

Т. К. Шешегова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого», sheshegova.tatyana@yandex.ru

В ходе фитосанитарного и биоэкологического мониторинга 60 образцов ячменя ярового из коллекции ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) выявлены образцы с медленной скоростью нарастания (*slow rusting*) грибной инфекции в онтогенезе растений и высокой неспецифической устойчивостью к трем видам гельминтоспориозных пятнистостей листьев (темно-бурая, сетчатая и полосатая). Иммунитетом к полосатой пятнистости характеризуются 29 образцов, высокой устойчивостью к сетчатой и темно-бурой пятнистости – 25 и 6 образцов, соответственно. Особую селекционную и экологическую ценность представляют образцы с групповой устойчивостью. Таким свойством характеризуются 4 сорта зарубежной селекции (Danuta, Makbo, Медикум 125 и Медикум 176), при возделывании которых нет необходимости в применении химических фунгицидов, что улучшает биоэкологию среды. Кроме того, они могут быть использованы в селекции в качестве генетических источников групповой устойчивости к эпифитотийно опасным гельминтоспориозным болезням.

Ключевые слова: ячмень яровой, фитосанитарный и биоэкологический мониторинг, грибные болезни, устойчивые образцы.

Биоэкологическая и фитосанитарная ситуация на посевах ячменя ярового (*Hordeum vulgare* L.) в Северо-Восточном регионе Нечерноземья РФ достаточно сложная и напряженная. Среди многих болезней этой культуры наиболее распространены и весьма вредоносны гельминтоспориозные пятнистости листьев: сетчатая (*Dreschlera teres* (Sacc.) Shoem.), полосатая (*Dreschlera graminea* (Rab.) Shoem.) и темно-бурая (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.). Симптомы проявления их начинаются в начале онтогенеза (фаза 29–30 по шкале Цадокса) и продолжаются в течение всего вегетационного периода. Раннее и сочетанное проявление пятнистостей повышают инфекционный фон патогенов в полевых биоценозах и за счет снижения ассимиляционной поверхности негативно влияют на фотосинтез и продуктивность растений. Кроме того, инфицированность зерна гельминтоспориозной инфекцией в благоприятных для патогена агроэкологических условиях может достигать 40% [1]. Такое зерно, как сырье для пищевой и комбикормовой промышленности, представляет определенную биологическую опасность в связи с его токсичностью и ухудшением биохимических показателей.

Возделываемые в настоящее время сорта ячменя ярового в большинстве своем обладают очень высокой урожайностью и хорошими параметрами каче-

ства, присущими культуре, но слабой устойчивостью к болезням. Мало сортов с комплексной устойчивостью и форм сложного генотипа, сочетающих различные механизмы защиты от вредных объектов. Что касается гельминтоспориозных пятнистостей, то в производстве отсутствуют сорта ячменя с экономически значимой устойчивостью к ним [2]. Поэтому поиск таких форм в разных генофондах культуры является весьма актуальным для селекции в заданном направлении. Создание и возделывание таких сортов не требует применения опасных химических фунгицидов, негативно влияющих на экологию среды.

Цель исследований: изучить уровень устойчивости новых образцов ячменя ярового к темно-бурой, сетчатой и полосатой пятнистости листьев и выявить иммунологически - и биоэкологически - ценные образцы для селекции на фитоиммунитет.

Исследования выполнены в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2018–2019 гг. Материалом исследований являлись 60 новых образцов из коллекции ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), представленных образцами из РФ, стран ЕС, США и Канады, Южной Америки, Австралии и некоторых других стран. Семена были высеяны в коллекционном питомнике на делянках площадью 2,7м². Повторность в иммунологических исследованиях 2-х кратная. Объем выборки для анализа по 30 растений каждого сорта. Фитосанитарный мониторинг проводили в динамике онтогенеза растений и нарастания грибной инфекции. Для этого, начиная с первых визуальных симптомов поражения и через каждые 12–14 дней, оценивали степень развития болезней. В качестве критериев устойчивости использовали методику О. С. Афанасенко [1]: размер и количество пятен на листе, их расположение в стеблестое (нижний и верхний ярус, поражение флаг – листа). После окончания мониторинга оценивали скорость нарастания грибной инфекции у изучаемых образцов с использованием показателя ПКРБ (площадь под кривой развития болезни), разработанного D. F. Johnson и R. D. Wilcoxson (1981) [3]:

$S = \frac{1}{2} (X_1 + X_2) \times (t_2 - t_1) + \dots (X_{n-1} + X_n) \times (t_n + t_{n-1})$, где

X₁ – интенсивность развития болезни в первый учет, %

X₂ – интенсивность развития болезни во второй учет, %

X_n – интенсивность развития болезни в последний учет, %

t₂ – t₁ – количество дней между первым и вторым учетом,

t_n + t_{n-1} – количество дней между последним и предпоследним учетом.

Чем меньше значение ПКРБ, тем медленнее идет нарастание инфекции в биоценозе конкретного сорта.

Взаимодействия в патосистеме «H. vulgare – B. sorokiniana»

Первые симптомы темно-бурой пятнистости у разных образцов ячменя диагностированы в фазу 29–30 (конец кущения – начало выхода в трубку). Степень поражения не превышала 3,3%, за исключением индикаторного (наиболее восприимчивого) сорта Щедрый, у которого на тот период было уже 18,7%. Не имели симптомов болезни 16 образцов. При втором учете (фаза 37 – появление флаг – листа) иммунных образцов не выявлено, но проявление болезни у большинства из них было слабым, и 48 образцов в эту фазу можно характеризовать

как высокоустойчивые. При последующих учетах доля таких образцов снизилась до 37 (3-ий учет), 15 (4-ый) и 5 (5-ый учет). Начиная с фазы 51–55 (начало колошения – середина колошения), интенсивное нарастание темно-бурой пятнистости и изменение иммунологического статуса отмечено у образцов: Соорег (Британия), Sultan (Нидерланды), Vonita (Аргентина), CI 11084 (Перу), Нахбу (США), Одесский 115 (Украина), Липень, Куфаль и Адам (Беларусь).

Оценивая образцы ячменя по критериям устойчивости в фазу 75 (молочная спелость зерна) и показателю ПКРБ, можно выделить лишь 6 с наилучшим состоянием признаков. Это образцы зарубежной селекции: Bear (США), Danuta и Orthega (Германия), Макбо (Австралия), Медикум 125 и Медикум 176 (Казахстан). Степень поражения их не превышала 10,0%, они характеризуются более длительным латентным периодом патологического процесса и медленным нарастанием гельминтоспориозной инфекции в онтогенезе растений при уровне ПКРБ 167–223. Степень поражения индикаторного сорта Щедрый составила 29%, а показатель ПКРБ – 904.

*Взаимодействия в патосистемах «Hordeum vulgare – D. teres
и D. graminea»*

Относительно раннее проявление симптомов сетчатой пятнистости (фаза 29) выявлено у 11 образцов ячменя. При последующих двух учетах (фаза 32 и 51) происходило незначительное нарастание болезни. Наибольшее развитие сетчатой пятнистости (16,5%) было у голландского сорта Sultan. При третьем учете большинство образцов еще сохраняли высокую устойчивость, а 5 из них не имели признаков поражения: местный к-5983 (Афганистан), Медикум 125 и Медикум 176 (Казахстан), Буян и Оленек (РФ). При последующих двух учетах (фаза 55 и 75) иммунологическое состояние у большинства образцов сохранялось. Преобладали высокоустойчивые (до 10%) и устойчивые (до 15%) образцы, иммунных не выявлено. В группу умеренноустойчивых (до 25%) перешли сорта: Щедрый (РФ), Рейдер (Беларусь), Одесский 115 (Украина), Mauritia и Issota (Германия). Наиболее устойчивыми и характеризующимися медленным нарастанием сетчатой пятнистости в биоценозе к фазе молочной спелости зерна характеризуются следующие образцы ячменя: Kalkul и Danuta (Германия), местные сорта к-2929 и к-2930 (Китай), местный к-3506 (Индия), местный к-5983 (Афганистан), Макбо (Австралия), Crusades и Соорег (Британия), Filippa (Швеция), Fitzroy (Австралия), CI 11084 (Перу), НСК (Аргентина), Сябра (Беларусь), Юкатан (Украина), Rodos (Польша), Медикум 11, Медикум 125 и Медикум 176 (Казахстан), Полярный 14, Буян, Оленек, Биос 1, Форсаж и Форвард (РФ). Последние два сорта созданы в ФАНЦ Северо-Востока. Степень поражения их не превышала 10%, а показатель ПКРБ – 100 ед. при состоянии признаков у индикаторного сорта Issota (Германия) 25,3% и 451 ед.

Среди гельминтоспориозных болезней ячменя наибольшую вредоносность имеет полосатая пятнистость, поскольку пораженные растения чаще всего не формируют генеративные органы, либо колос бесплоден. В изученном генотипе коллекции ВИР 29 образцов не имели симптомов болезни в течение всей вегетации, а у большинства пораженных образцов количество инфицированных растений в биоценозе не превышало 5,0%. Исключение составляют

сорта Наран (РФ), Одесский 15 (Украина) и Sultan (Нидерланды), поражение которых было на уровне 6,5–11,0%, а показатель ПКРБ 150–207. Состояние признаков у индикаторного сорта Полярный (РФ) – 40% и 806 ед.

Таким образом, лишь 4 образца ячменя из изученной генетической коллекции ВИР (Danuta, Makbo, Медикум 125 и Медикум 176) отличаются сочетанной неспецифической и длительной устойчивостью к трем видам гельминтоспориозных пятнистостей листьев: темно-бурая, сетчатая и полосатая (табл.). Выявленные образцы, обладая высокой неспецифической устойчивостью к болезням, обеспечивают определенное генетическое равновесие между растением-хозяином и патогеном, поскольку не происходит сильного давления генотипа на популяцию патогена. Длительный инкубационный (латентный) период развития патогена и медленное нарастание болезни уменьшают количество поколений патогена за вегетационный период, снижают уровень природной инфекционной нагрузки и улучшают биоэкологию среды.

Таблица

Устойчивые коллекционные образцы ячменя с длительным латентным периодом патогенеза и медленным нарастанием (*slow rusting*) гельминтоспориозных болезней в онтогенезе

Темно-бурая пятнистость		Сетчатая пятнистость	
происхождение	образец	происхождение	образец
Германия	Ortheda	Германия	Danuta
	Danuta		Kalkul
Австралия	Makbo	Швейцария	752 А
США	Beag	Швеция	Filippa
Казахстан	Медикум 125	Аргентина	NCK 95098
	Медикум 176	Перу	CI 11084
		Афганистан	Местный 5983
		Индия	Местный 3506
		Китай	Местный 2929
			Местный 2930
		Австралия	Makbo
		Беларусь	Сябра
		Польша	Rodos
		Чехия	Respect
		Франция	2033 E
		Казахстан	Медикум 11
			Медикум 125
			Медикум 176
		Украина	Юкатан
		Российская Федерация	Полярный 14
			Буян
			Оленек,
	Биос 1		
	Форсаж		
		Форвард	

Таким образом, среди 60 изученных образцов ячменя ярового из генетической коллекции ВИР 29 характеризуются иммунитетом к полосатой пятни-

стости, 25 и 6 образцов – высокой устойчивостью к сетчатой и темно-бурой пятнистости. Особую селекционную и экологическую ценность представляют образцы с групповой устойчивостью. Таким свойством характеризуются 4 сорта зарубежной селекции (Danuta, Макбо, Медикум 125 и Медикум 176), при возделывании которых нет необходимости в применении химических фунгицидов. Кроме того, они могут быть использованы в селекции в качестве генетических источников групповой неспецифической устойчивости к гельминтоспориозным болезням.

Библиографический список

1. Афанасенко О. С. Селекционная ценность специфической и неспецифической устойчивости зерновых культур к гемибиотрофным патогенам // Типы устойчивости растений к болезням : материалы науч. семинара. СПб. : ВИЗР, 2003. С. 25–32.
2. Афанасенко О. С. Устойчивость ячменя к гемибиотрофным патогенам // Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб. : ВИР, 2005. С. 592–609.
3. Johnson D. F. Wilcoxson R. D. A table of areas under disease progress curves // Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station. Texas, 1981. Vol. 137. P. 2–10.

СЕКЦИЯ 6 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

ОРНИТОФАУНА ПОЙМЕННЫХ УГОДИЙ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ЕНИСЕЙ

В. А. Бабина^{1,2}, О. В. Масленникова¹

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

² *Государственный заповедник «Центральносибирский»,
svetlanka.babina@mail.ru, olgamaslen@yandex.ru*

В статье представлены результаты учета видового разнообразия орнитофауны в Центральносибирском заповеднике и на сопредельных территориях в полевой сезон 2019 г. Маршрутные и точечные учеты, а также регистрация встреч отдельных видов проходила в лесных и прибрежных биотопах двух кордонов и антропогенных ландшафтах пос. Бор на берегах Енисея.

Ключевые слова: орнитофауна, Центральносибирский заповедник, Енисей, Приенисейская тайга, пойменные угодья.

Центральносибирский биосферный заповедник является одним из первых в стране, созданных в равнинной зональной тайге Сибири. Кроме того, это единственный заповедник России, где на значительном расстоянии (около 60 км) заповедны оба берега и акватория Енисея. Приенисейская Сибирь обладает уникальной не осложненной болотами или горными комплексами природной зональностью [1]. Поэтому основной целью создания заповедника является сохранение и изучение разнообразных наземных и водных природных комплексов среднетаежной Сибири в ее центральной части, ландшафтов поймы и долины Енисея, самой реки и ее притоков.

Мониторинг состояния орнитофауны – важная составляющая научной работы любого заповедника. В идеале такие исследования должны проводиться круглогодично и на территории всего заповедника, что по разным причинам бывает трудновыполнимо. Поэтому орнитологические исследования пойменных угодий среднего течения Енисея в полевой сезон – наиболее оптимальный вариант для Центральносибирского заповедника. Однако изучение видового разнообразия орнитофауны необходимо проводить не только на заповедных, но и на селитебных территориях. Поселки в пойме Енисея представляют интерес в связи со своей удаленностью и изолированностью не только от крупных городов, но и друг от друга. В таких населенных пунктах появляются некоторые синантропные виды, не встречающиеся в соседних лесных и прибрежных биотопах, но в тоже время не наблюдаются «типичные» городские синантропы – орнитофауна носит переходный характер.

Сбор материалов проводился с 25 июня по 9 сентября 2019 г. на территории Государственного природного биосферного заповедника «Центральносибирский» и в пос. Бор Туруханского района Красноярского Края. Кордон Комса и пос. Бор расположены на левом берегу Енисея, а кордон Лебедь на правом берегу. Проводилась визуальная и фотофиксация всех встреченных видов птиц, а также заложены маршрутные учеты в лесных и прибрежных биотопах. На кордоне Лебедь, кроме того, проводились точечные учеты с использованием орнитологической вышки.

Всего было проведено 22 маршрутных учета и учетов с орнитологической вышки. Длина заложенных учетных маршрутов – от 1 до 12,5 км. Протяженность маршрутов составила более 40 км, суммарное время наблюдений – более 20 часов. Основная часть наблюдений проводилась в период гнездования, летних послегнездовых кочевок и начала периода осенних миграций [2] в хорошую погоду в утренние часы после рассвета.

Использовались методика маршрутного учета без ограничения полосы обнаружения с расчетом плотности населения по средним дальностям обнаружения птиц [3] и методика наземных учетов водоплавающих птиц для околоводных птиц [4]. Для проведения стационарных учетов птиц с орнитологической вышки была использована видоизмененная методика [5]. Учет проводился в течение 20 минут в дневные или вечерние часы, с периодичностью в несколько дней, также проведен один часовой учет и серия наблюдений в течение одних суток. Регистрация птиц происходила по голосам и визуальному контакту, кроме того по часовой стрелке через бинокль просматривалась территория в радиусе около 1 километра.

В Средней Сибири обитает около 370 видов птиц из 19 отрядов [6]. На территории заповедника зарегистрировано 267 видов птиц, принадлежащих к 19 отрядам и 48 семействам [1].

В летне-осенний период в пойменных угодьях заповедника и на сопредельных территориях зарегистрировано 86 видов, что составляет почти треть всех представителей местной орнитофауны (рис. 1).

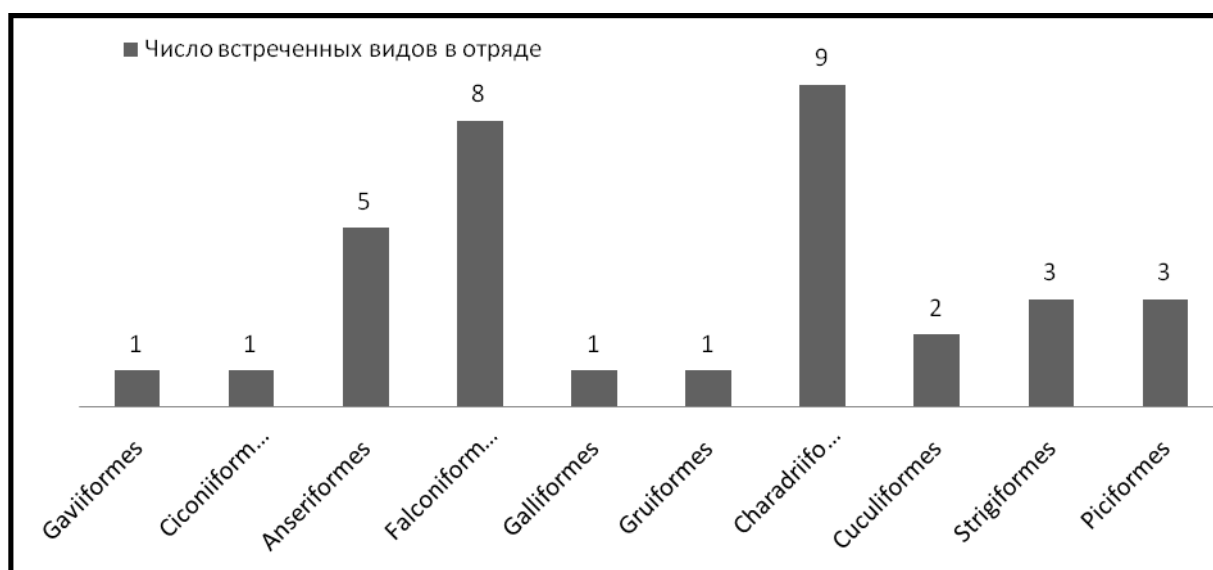


Рис. 1. Распределение птиц по отрядам (без воробьинообразных)

Встреченные птицы принадлежат к 11 отрядам: гагарообразные (Gaviiformes) – 1 вид, голенастые (Ciconiiformes) – 1 вид, гусеобразные (Anseriformes) – 5 видов, соколообразные (Falconiformes) – 8 видов, курообразные (Galliformes) – 1 вид, журавлеобразные (Gruiformes) – 1 вид, ржанкообразные (Charadriiformes) – 9 видов, кукушкообразные (Cuculiformes) – 2 вида, совообразные (Strigiformes) – 3 вида, дятлообразные (Piciformes) – 3 вида и воробьинообразные (Passeriformes) – 52 вида. Отряд Воробьинообразные представлен 14-ю семействами, наиболее многочисленными по видовому разнообразию являются мухоловковые (Muscicapidae), врановые (Corvidae) и трясогузковые (Motacillidae) (рис. 2).

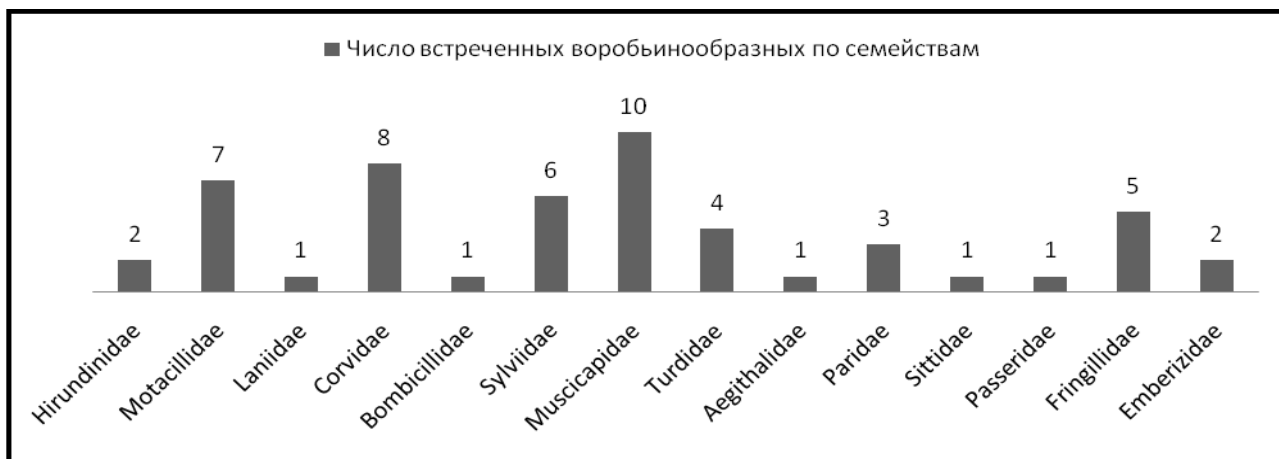


Рис. 2. Распределение воробьинообразных по семействам

На территории заповедника в акватории Енисея встречены следующие виды, занесенные в Красную книгу Красноярского Края: лебедь-кликун (*Cygnus cygnus*) (3 категория редкости), выпь (*Botaurus stellaris*) (4 категория), орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*) (3 категория). Учтены также редкие и уязвимые виды, включенные в перечень таксонов и популяций животных, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде на территории Красноярского края (Приложение к Красной книге): чернозобая гагара (*Gavia arctica*) (редкий легко уязвимый вид), дербник (*Falco columbarius*) (уязвимый вид с сокращающейся численностью) и пестрый дрозд (*Zoothera daumavaria*) (узкоареальный вид с невыявленным статусом) [7].

Несколько лебедей-кликунув неоднократно встречалось в первой половине лета в окрестностях Комсинского острова и кордона «Комса», там же в конце июня была услышана выпь.

Орлан-белохвост встречается на всем протяжении Енисея от поселка Бор до кордона «Лебедь». В летний период особи данного вида регистрировались достаточно часто (несколько раз за неделю), кроме того наблюдались и молодые особи орланов, что указывает на наличие постоянных комфортных для гнездований этих птиц условий в пойменных лесных биотопах среднего течения р. Енисей.

В пос. Бор встречено два вида краснокнижных хищных птиц Красноярского края – сапсан (*Falco peregrinus*) (4 категория) и воробьиный сыч (*Glaucidium passerinum*) (4 категория). Пара сапсанов встречена на маршрутных

учетах в начале сентября над побережьем Енисея, там же наблюдался конфликт между сапсаном и черным коршуном (*Milvus migrans*). Наличие редких видов на территории поселка свидетельствует о наличии подходящей для них кормовой базы, а также невысоком влиянии деятельности человека на их образ жизни.

Обыкновенный осоед, летящий через Енисей в западном направлении, встречен 15 июля 2019 г. Этот хищник последний раз регистрировался в заповеднике двадцать лет назад в 1999 г. [1].

В третьей декаде июля (25 и 27 июля 2019 г.) на левом берегу Енисея в окрестностях кордона Комса зарегистрированы несколько северных бормотушек (*Hippolais coligata*). Данным вид до этих наблюдений встречен только один раз в 60-х годах прошлого века [1]. Можно предположить, что эти птицы гнездятся в Центральносибирском заповеднике.

На территории заповедника доминантами являлись следующие виды: на побережье – белая трясогузка (*Motacilla alba*), малый зуек (*Charadrius dubius*) и перевозчик (*Actitis hypoleucos*), в луговых ладшафтах у кордона «Лебедь» – черноголовый чекан (*Saxicola rubicola*), в лесу у кордона «Комса» – большой пестрый дятел (*Dendrocopos major*), а на самом кордоне – чернозобый дрозд (*Turdus atrogularis*) и пятнистый конек (*Anthus hodgsoni*). На территории кордона «Лебедь» в начале июля были встречены выводки обыкновенного сорокопута (*Lanius collurio*) и белой трясогузки. Кроме того зафиксированы крупные стаи кедровок (*Nucifraga caryocatactes*), состоящие из нескольких сотен особей.

Доминантом по численности в поселке Бор является белая трясогузка, субдоминант – сорока (*Pica pica*). Только в поселке были зарегистрированы полевые воробьи (*Passer montanus*), сороки, сойки (*Garrulous glandarius*) и галки (*Corvus monedula*). В сентябре учеты проходили в период начала осенних миграций, поэтому впервые были встречены в поселке стаи снегирей (*Pyrrhula pyrrhula*), свиристелей (*Bombycilla garrulus*) и зябликов (*Fringilla coelebs*) (до этого регистрировались поодиночке). В тоже время 9 сентября не наблюдались сизые чайки (*Larus canus*) (1 сентября на побережье учтено 12 особей, а при возвращении с кордона Лебедь 19 июля на берегу наблюдалось скопление этих птиц более чем из 500 особей). В поселке Бор во время маршрутных учетов по селитебным территориям и побережью несколько раз были встречены гибриды серой и черной ворон. Их присутствие связано с тем, что Енисей является естественной границей ареалов для этих видов, причем численность серых ворон и их гибридов с черными в поселке примерно одинакова, а черных ворон значительно больше.

В окрестностях кордона «Комса» зарегистрировано 55 видов птиц, на кордоне «Лебедь» и в пос. Бор – 56 и 40 видов соответственно. Для сравнения степени сходства заповедной орнитофауны с видами, обитающими в селитебных территориях, использовался индекс Жаккара. Результаты сравнения представлены в таблице.

Сравнительный анализ сходства орнитофауны

Район исследований	Кордон Комса	Кордон Лебедь	Пос. Бор
Кордон Комса	1	46,1%	29,7%
Кордон Лебедь	–	1	30,1
Пос. Бор	–	–	1

В соответствии с полученными результатами следует, что орнитофауна поселка сильно отличается от видового состава птиц заповедника. Орнитофауна кордонов Центральносибирского заповедника имеет среднюю степень сходства, что связано с их различным широтным положением, особенностями рельефа и расположением на разных берегах р. Енисей (Енисей – естественная граница ареалов многих видов).

Во время полевого сезона 2019 г. в окрестностях двух кордонов Центральносибирского заповедника и в поселке Бор, расположенных на берегах Енисея, зарегистрировано 86 видов птиц из 11 отрядов, что составляет 32,2% видового разнообразия зарегистрированной орнитофауны. Встречено 5 видов, внесенных в Красную книгу Красноярского края: лебедь-кликун, выпь, орлан-белохвост, сапсан и воробьиный сыч, а также 3 вида из Приложения к Красной книге – чернозобая гагара, дербник и пестрый дрозд. Наиболее часто встречающимися видами являлись белая трясогузка, малый зуек и чернозобый дрозд. Орнитофауна поселка и исследуемых кордонов Центральносибирского заповедника, расположенных на берегах Енисея, имеет малое сходство с видовым составом птиц селитебных ландшафтов. Эти различия связаны с антропогенным воздействием человека на территории пос. Бор.

Библиографический список

1. Труды государственного заповедника «Центральносибирский». Красноярск : ООО «Поликор», 2012. Вып. 2 (4). 288 с.
2. Романов В. В., Мальцев И. В. Методы исследований экологии наземных позвоночных животных: количественные учеты : учеб. пособие. Владимир : Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2005. 79 с.
3. Равкин Ю. С., Доброхотов Б. П. К методике учета птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М., 1963. С. 130–136.
4. Simon Delany Guidance on waterbird monitoring methodology : Field Protocol for waterbird counting. Wetlands International, 2010. 25 p.
5. Осмоловская В. И., Формозов А. Н. Методы учета численности и географического распределения дневных и ночных хищных птиц // Методы учета численности и географического распределения наземных позвоночных. М. : Изд-во АН СССР, 1952. С. 68–96.
6. Фауна и экология птиц и млекопитающих Средней Сибири / под ред. Е. Е. Сыроечковского. М. : Наука, 1987.
7. Красная книга Красноярского края. Красноярск, 2012. 2-е издание. 572 с.

ФАУНА МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЗАПОВЕДНИКА «ЦЕНТРАЛЬНОСИБИРСКИЙ»

Г. А. Борняков^{1,2}, О. В. Масленникова¹

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

² *Государственный природный заповедник «Нургуш»,*

grishab9999@mail.ru, olgamaslen@yandex.ru

В статье представлены результаты учетов мелких млекопитающих 2019 года на четырех участках Государственного природного биосферного заповедника «Центральносибирский» и сопредельных территорий. Показана видовая структура популяций и выявлены виды грызунов, заселяющие гари после низовых пожаров.

Ключевые слова: заповедник «Центральносибирский», учет мелких млекопитающих, микромаммалии, грызуны, насекомоядные.

Мелкие млекопитающие, или микромаммалии – являются одним из важнейших компонентов таежных экосистем, составляя важную часть трофических цепей. Они служат объектами питания многих ценных пушных зверей и хищных птиц, в том числе редких, являются источниками многих инфекционных и инвазионных заболеваний сельскохозяйственных животных и человека. Исследования фауны мелких млекопитающих является важнейшей задачей, так как это позволяет определить видовой и половой состав, сезонную и годовую динамику их численности, привязанность животных к определенным местообитаниям, особенности их экологии.

Сбор материалов проводился с 25 июня по 6 сентября 2019 г. в Красноярском крае, на территории Туруханского и Эвенкийского муниципальных районов на территории Государственного природного биосферного заповедника «Центральносибирский» и в природоохранной зоне. Всего было обследовано 4 участка: кордон «Комса» – левый берег р. Енисей, кордон «Лебедь» – правый берег, кордон «Столбовая» – правый берег р. Подкаменная Тунгуска и левый берег р. Подкаменная Тунгуска (гарь 2018 года).

Нами использованы две методики отлова мелких млекопитающих: ловушко-линиями [1, 2] и методика отлова цилиндрами с помощью ловчих канавок [2, 3]. Всего было отработано 400 ловушко-суток (л.с.). У пойманных зверьков определялась масса, снимались морфометрические показатели (длина тела, хвоста, ступни, высота уха) и проводилось вскрытие с целью определения пола.

Всего на территории заповедника выявлено 28 видов микромаммалий [4], нами в результате исследований зарегистрировано 10 видов, которые относятся к двум отрядам (табл.).

При проведении учета мелких млекопитающих всего было отловлено 120 зверьков, их них 62 принадлежат к отряду насекомоядные (Eulipotyphla) и 58 к отряду грызуны (Rodentia). Соотношение насекомоядных к грызунам в

2019 г. составило 1: 1 (51,7% и 48,3%), что разительно отличается от результатов последних лет исследований: в период с 2016 по 2018 гг. наблюдалось преобладание насекомоядных в 4 раза [5, 6].

Таблица

Результаты учета мелких млекопитающих летом 2019 года

№	Вид	Количество отловленных особей
1	Бурозубка обыкновенная (<i>Sorex araneus</i>)	25
2	Бурозубка средняя (<i>Sorex caecutiens</i>)	23
3	Бурозубка малая (<i>Sorex minutus</i>)	8
4	Бурозубка крошечная (<i>Sorex minutissimus</i>)	3
5	Бурозубка равнозубая (<i>Sorex isodon</i>)	2
6	Крот сибирский (<i>Talpa altaica</i>)	1
7	Мышовка лесная (<i>Sicita betulina</i>)	12
8	Полевка красно-серая (<i>Cletrionomys rufocanus</i>)	16
9	Полевка красная (<i>Cletrionomys rutilus</i>)	29
10	Полевка рыжая (<i>Cletrionomys glareolus</i>)	1
	Всего	120

В 2016 г. отлов производился исключительно с помощью ловчих канавок, а в 2018 г. этот метод был использован лишь на кордоне «Комса», где было отловлено 4 представителя насекомоядных, включая крота сибирского. На остальных площадках отлов производился с помощью плашек. Различие в результатах исследований не связано с методиками отлова, а, по-видимому, связано с пиком обилия грызунов. Кроме того, наши учеты в 2019 г. проходили, кроме заповедника, на сопредельной с заповедником территории, на месте низового пожара 2018 г., где насекомоядные в отлове отсутствовали.

В половой структуре микромаммалей преобладают самки: 65 самок и 55 самцов (54,2% и 45,8%). Индекс обилия составил 30 особей на 100 ловушко-суток (л. с.). Процентное соотношение видов отловленных мелких млекопитающих заповедника отражено на рисунке.

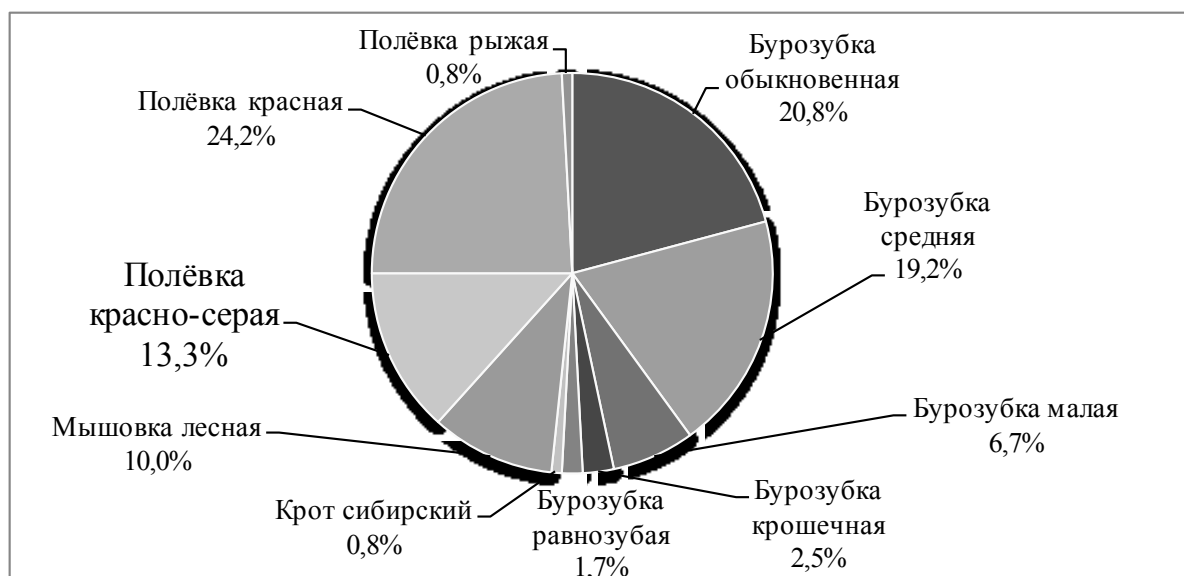


Рис. Процентное соотношение видов мелких млекопитающих заповедника

Доминирующим видом мелких млекопитающих в 2019 г. оказалась красная полевка (24,2%), субдоминантами: бурозубка обыкновенная (20,8%), бурозубка средняя (19,2%), полевка красно-серая (13,3%), мышовка лесная (10,0%).

В окрестностях кордона «Комса», на левом берегу р. Енисей, исследования проходили в сосново-кедровом лесу. За период исследований было отловлено 12 зверьков (7 представителей отряда насекомоядные и 5 отряда грызуны). Видовой состав на этом участке представлен 4-мя видами насекомоядных (крот сибирский, обыкновенная, средняя и малая бурозубка) и 2-мя видами грызунов (лесная мышовка и красно-серая полевка). Обилие мелких млекопитающих составило 9,6 экз./100 л.с. Доминирующим видом является бурозубка обыкновенная (28%), субдоминантами – полевка красно-серая и бурозубка малая (18%).

В окрестностях кордона «Лебедь», на правом берегу р. Енисей, исследования проходили в высокотравном лугу. Был отловлен 31 зверек (24 бурозубки и 7 представителей отряда грызунов). Видовой состав представлен 6 видами: обыкновенная, средняя, малая и крошечная бурозубка, красная полевка и мышовка лесная. Обилие мелких млекопитающих составило 56,4 экз./100 л.с. Доминирующим видом является средняя и обыкновенная бурозубка с долей особей по 32%, субдоминантами – полевка красная (18 %) и бурозубка малая (10%).

Исследования в районе кордона «Столбовая», правый берег р. Подкаменная Тунгуска, проходили в березняке разнотравном. Отловлена 31 бурозубка и 23 представителя отряда грызуны, всего 54 зверька. Видовое разнообразие составило 9 видов: средняя, обыкновенная, малая, крошечная и равнозубая бурозубки, мышовка лесная, красная, рыжая и красно-серая полевки. Обилие микромаммалий составило 45 экз./100 л.с. Доминирующим видом на данной территории является средняя бурозубка (24%), субдоминантами – полевка красная (21%) и бурозубка обыкновенная (19%).

Учеты проходили как же в 20 км от кордона «Столбовая» на левом берегу р. Подкаменная Тунгуска на ее 130 км. В этом месте в 2018 г. произошел низовой пожар. В результате проведенных исследований было отловлено 23 полевки (10 красно-серых и 13 красных полевков), насекомоядных отловлено не было. Обилие полевков составило 23 экз./100 л.с. Доминантным видом является красная полевка (56,5%), субдоминантным – красно-серая полевка (43,5%).

В результате исследований было отловлено 120 особей мелких млекопитающих, принадлежащих к 2 отрядам: насекомоядные и грызуны. Соотношение насекомоядных к грызунам составило 1: 1 (51,7% и 48,3%). Зарегистрировано 10 видов микромаммалий: бурозубки обыкновенная, средняя, малая, крошечная и равнозубая, крот сибирский, полевки красная, красно-серая и рыжая, мышовка лесная. Доминирующим видом мелких млекопитающих в 2019 году оказалась красная полевка (24,2%), субдоминантами: бурозубка обыкновенная (20,8%), бурозубка средняя (19,2%), полевка красно-серая (13,3%), мышовка лесная (10,0%).

В результате исследований было выявлено незначительное преобладание самок над самцами (54,2% и 45,8% соответственно). Общее обилие мелких млекопитающих составило 30 особей на 100 ловушко-суток.

Установлено, что заселение гари после низовых пожаров происходит в первую очередь грызунами (полевками).

Библиографический список

1. Кучерук В. В. Новое в методах количественного учета вредных насекомоядных и грызунов // Организация и методы учета вредных грызунов и птиц. М. : Изд-во АН СССР, 1963. С. 160–188.
2. Тимошкина О. А. Методы полевых исследований мелких млекопитающих : метод. указания. Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2012. 20 с.
3. Попов В. А. О стандартизации методики учета мышевидных грызунов и мелких насекомоядных // Фауна и экология грызунов. М. : Изд-во МГУ, 1967. Вып. 8. С. 197–202.
4. Труды государственного заповедника «Центральносибирский». Красноярск : ООО «Поликор», 2012. Вып 2(4). 288 с.
5. Котельникова Т. А., Масленникова О. В. Динамика численности мелких млекопитающих в Центральносибирском заповеднике // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2018. С. 239–243.
6. Чернышев С. П., Масленникова О. В. Учеты численности мелких млекопитающих в Центральносибирском биосферном заповеднике // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2019. С. 345–347.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ МЕЖДУ ПАЛЕАРКТИКОЙ И ОРИЕНТАЛЬНОЙ ЗОНОЙ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ В ВОДОЕМАХ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ И ЮЖНОЙ КОРЕИ

П. Г. Гарибян, А. Н. Неретина

*ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова
Российской академии наук, petr.garibyan21@mail.ru, neretina-anna@yandex.ru*

В данной работе мы предлагаем методический подход для первичного выявления переходной зоны между Палеарктикой и Ориентальной зоной на примере анализа распределения ветвистоусых ракообразных в водоемах юга Дальнего Востока России и Южной Кореи. Нами проанализирована 731 проба из водоемов, расположенных на трансекте длиной около 2500 км (от Амура до корейского острова Чеджу), и показано, что в данном регионе с севера на юг происходит изменение состава и структуры основных фаунистических комплексов ветвистоусых ракообразных: увеличивается доля южных теплолюбивых видов и уменьшается доля представителей широко распространенного евроазиатского комплекса. При этом доля видов эндемичного восточноазиатского комплекса на всем протяжении трансекты приблизительно одинакова.

Ключевые слова: ветвистоусые ракообразные, Россия, Южная Корея, фаунистика, биогеография.

Сохранение биологического разнообразия пресноводных экосистем – одна из наиболее важных проблем современности. Совсем недавно водные ресурсы казались неисчерпаемыми, однако сегодня человечество столкнулось с проблемами стремительной деградации водных экосистем. Бесконтрольное загрязнение водоемов стоками удобрений, пестицидов, канализационными и бытовыми отходами, перелов рыбы и чрезмерная рекреационная нагрузка в ближайшем будущем могут привести к полному истощению водных ресурсов по всему Земному шару. В Российской Федерации на государственном уровне предпринимаются попытки организации мониторинга состояния водных экосистем. В последние годы все больше внимания уделяется проблеме гомогенизации пресноводных фаун [1]. Биотическая гомогенизация – это увеличение с течением времени сходства между фаунами, вызванное замещением аборигенных видов вселенцами. Часто гомогенизация уже за относительно короткий период времени приводит к снижению биологического разнообразия [2]. Но даже если биоразнообразие увеличивается за счет вселения новых видов и их сосуществования с аборигенными, в долгосрочной перспективе возможна необратимая деградация аборигенных сообществ [3–5]. Центральная проблема гомогенизации – это способность видов преодолевать естественные биогеографические барьеры. «Горячими точками» гомогенизации можно назвать территории, в которых происходит размывание естественных биогеографических барьеров, например, за счет строительства каскадов водохранилищ и изменения климатических условий. В Российской Федерации к таким территориям можно отнести южные регионы. Особенно наглядно процессы гомогенизации водной фауны продемонстрированы на примере фаун рыб каскадов водохранилищ Волги [6].

В то же время, проблеме выявления переходных зон между крупными биогеографическими областями уделяется недостаточно внимания. Практически не охвачены подобными исследованиями микроскопические беспозвоночные, хотя известно, что они – важнейшее звено в пресноводных экосистемах, первичные консументы, которые служат «фактором формирования качества воды» [7]. К одной из наиболее массовых групп микроскопических беспозвоночных в пресноводных экосистемах принадлежат ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera). Несмотря на интенсивные исследования кладоцер в нашей стране, усилия ведущих коллективов преимущественно направлены на крупномасштабное биогеографическое районирование [8–10]. При этом исследованиям границ контакта между выделяемыми фаунистическими комплексами уделяется недостаточно внимания. Настоящим «белым пятном» на карте биогеографического районирования водоемов России на основе видового состава ветвистоусых ракообразных остаются южные регионы. Водные экосистемы южных регионов могут быть воротами проникновения теплолюбивых (в том числе, тропических) ветвистоусых ракообразных в водоемы России. Выявление популяций таких вселенцев и их постоянный мониторинг – важная задача для обеспечения экологической безопасности России. Однако до сих пор исследователи кладоцер ограничивались сухим описанием находок популяций отдельных теплолюбивых видов на территории России [11–12]. Масштабных попыток детального сравнения фаун и выявления переходных зон предпринято не было.

В данной работе мы предлагаем методический подход для первичного выявления переходной зоны между Палеарктикой и Ориентальной зоной на примере анализа распределения ветвистоусых ракообразных в водоемах юга Дальнего Востока России и Южной Кореи. Особенности географического положения обуславливают большое разнообразие фаунистических комплексов кладоцер в водоемах этого региона [11], но, в тоже время, делают его фауну особенно уязвимой для инвазий чужеродных видов.

В анализ мы включили пробы ветвистоусых ракообразных из субрегионов, расположенных на трансекте длиной около 2500 км от Амура до корейского острова Чеджу. Всего нами было обработано 387 проб из 170 водоемов юга Дальнего Востока России и 344 пробы из 272 водоемов Южной Кореи. Отбор проб проводили планктонными сетями и сачками различной конструкции по общепринятым методикам. Материал на месте фиксировали 96% этиловым спиртом или 4% формальдегидом. Для каждой точки отбора проб при помощи GPS-навигатора GARMIN eTrex H (Garmin Ltd., США) определяли географические координаты. В лаборатории проводили разбор проб и предварительное определение ветвистоусых ракообразных с использованием различных определителей. Результаты определений по каждой пробе вносили в базу данных в формате Microsoft Access 2007. Визуальное отображение точек сбора проб и распределения отдельных таксонов проводили в программе ArcView 3.2. Для выявления закономерностей распределения видов по исследуемой территории нами были условно выделены облака точек (мест взятия проб) из районов, для которых имелись репрезентативные выборки проб, и, соответственно, данные по которым могли быть проанализированы количественно. Для каждого облака точек была определена его средняя широта и долгота. Отдельные пробы из водоемов, которые лежали вне этих районов, не были включены в общий анализ. Для каждого облака точек мы строили диаграмму доминирования видов по числу находок, отранжировав таксоны по частоте встречаемости. Все выявленные виды кладоцер были отнесены нами к фаунистическим комплексам, предложенным А. А. Котовым [11].

Одновременно с этим мы провели регрессионный анализ связи доли встречаемости представителей фаунистических комплексов (за вычетом широко распространенных видов неопределенного статуса) от географических факторов (широты и долготы совместно, а также широты и долготы по отдельности). При помощи регрессионного анализа мы анализировали данные только по трем основным фаунистическим комплексам: эндемичному восточноазиатскому, широко распространенному евроазиатскому и южному теплолюбивому. Необходимо отметить, что весь массив проб был взят нами не строго по некой широтной трансекте, а несколько диагонально по отношению к широтному и долготному направлению. Поэтому важно было понять, действительно ли именно широта, а не долгота, определяет распространение анализируемых таксонов. Данный анализ был реализован в пакете Statistica 10.0. Связь выявляли по значению R^2 (коэффициент детерминации), а для оценки значимости выявленных отличий во встречаемости фаунистических комплексов использовался F-критерий Фишера.

В результате обработки всех собранных проб, нами было получено 3184 определения для юга Дальнего Востока России, а также 3182 определения для Кореи. Всего нами выявлено 143 вида ветвистоусых ракообразных. При этом 92 вида кладоцер были отмечены только в водоемах юга Дальнего Востока России, а 23 вида – только в водоемах Южной Кореи.

Нами установлено, что при продвижении с юга на север видовое богатство в пробах значимо возрастает ($R^2 = 0,65$, $F_{1,7} = 13,08$, $p = 0,009$), но не меняется в зависимости от долготы ($R^2 = 0,14$, $F_{1,7} = 1,16$, $p = 0,3$). В этом же направлении происходит изменение структуры фаунистических комплексов: от ситуации без выраженных доминантов в Южной Корее к ситуации с 2–3 хорошо выраженными доминантами в бассейне реки Амур. Таким образом, нами выявлен явный широтный градиент в структуре доминирования по встречаемости, что подтверждает статус исследованного региона как переходного между двумя биогеографическими зонами.

В результате обработки проб, мы получили представление о присутствии таксонов кладоцер в выделенных субрегионах. Предварительный анализ этих данных показывает, что, чем южнее расположен район взятия проб, тем больше в нем отмечается представителей южного теплолюбивого комплекса и тем меньше – представителей широко распространенного евроазиатского комплекса. При этом доля представителей эндемичного восточноазиатского комплекса во всех субрегионах приблизительно одинакова (10–20%). Результаты регрессионного анализа для полной модели (влияние долготы и широты на совокупность всех зависимых переменных, т.е. на встречаемость представителей всех трех фаунистических комплексов) показывают, что состав фаунистических комплексов зависит от широты, но не от долготы.

Исследованный нами регион на разных схемах биогеографического районирования принадлежат к разным зонам. А. Уоллес [13] относил его к Палеарктической зоне, Я.И. Старобогатов [14] напротив, к аналогу Ориентальной зоны («Сино-Индийской области»). По Л.С. Бергу [15] непосредственно по рассматриваемому региону проходит граница между двумя основными областями: Голарктической на севере и Амурской (Маньчжурской) на юге. Амурская область включает часть бассейна Амура и все реки, впадающие в Японское море до юга Кореи, а также Сахалин, Японию, Корею. Полученные нами результаты наиболее хорошо соотносятся со схемой биогеографического районирования по Л.С. Бергу. При этом вполне закономерно, что исследуемый нами регион в системах районирования, построенных на разных животных, попадает в разные зоны: он является переходным и теперь это убедительно продемонстрировано нами и на примере ветвистоусых ракообразных.

Таким образом, мы показали, что юг Дальнего Востока России представляет собой переходную зону между палеарктической и ориентальной фаунами. Однако протяженность выявленной переходной зоны остается неизвестной. В дальнейшем, для установления точных границ этой зоны мы планируем включить в анализ пробы из всех соседних регионов.

Данное исследование было выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (проект МК-525.2020.4).

Библиографический список

1. Rahel F. J. Homogenization of freshwater faunas // Annual review of ecology and systematic. 2002. Vol. 33(1). P. 291–315. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150429
2. McKinney M. L., Lockwood J. L. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction // Trends in ecology & evolution. 1999. 14(11). P. 450–453. doi: 10.1016/S0169-5347(99)01679-1
3. Angermeier P. L. Does biodiversity include artificial diversity? // Conservation Biology. 1994. Vol. 8(2). P. 600–602.
4. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States / D. Pimental, L. Lach, R. Zuniga, D. Morrison // BioScience. 2000. Vol. 50. P. 53–65. doi: 10.1641/0006-3568(2000)050[0053:EAECON]2.3.CO;2
5. Scott M. C., Helfman G. S. Native invasions, homogenization, and the mismeasure of integrity of fish assemblages // Fisheries. 2001. Vol. 26(11). P. 6–15. doi: 10.1577/1548-8446(2001)026<0006:НИНАТМ>2.0.CO;2
6. «Чужеродные виды на территории России» на портале ИПЭЭ РАН [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sevin.ru/invasive/priortargets/ВскgrPriorTarg.html> (дата обращения 15.03.2020).
7. Коровчинский Н. М. Ветвистоусые ракообразные отряда Stenopoda мировой фауны (морфология, систематика, экология, зоогеография). М. : КМК, 2004. 410 с.
8. DNA barcoding reveals high cryptic diversity in the North Eurasian *Moina* Species (Crustacea: Cladocera) / E. I. Bekker, D. P. Karabanov, Y. R. Galimov, A. A. Kotov // PLoS ONE. 2016. Vol. 11(8). doi: 10.1371/journal.pone.0161737
9. Phylogeography of the *Chydorus sphaericus* group (Cladocera: Chydoridae) in the Northern Palearctic / A. A. Kotov, D. P. Karabanov, E. I. Bekker, T. V. Neretina, D. J. Taylor // PLoS ONE. Vol. 11(12). doi: 10.1371/journal.pone.0168711
10. Phylogeography of *Daphnia magna* Straus (Crustacea: Cladocera) in Northern Eurasia: Evidence for a deep longitudinal split between mitochondrial lineages / E. I. Bekker, D. P. Karabanov, Y. R. Galimov, C. R. Haag, T. V. Neretina, A. A. Kotov // PLoS ONE. Vol. 13(3). doi: 10.1371/journal.pone.0194045
11. Котов А. А. Фаунистические комплексы Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) Восточной Сибири и Дальнего Востока России // Зоологический журнал. 2016. Т. 95(7). С. 748–768.
12. *Ilyocryptus spinifer* Herrick 1882 (Crustacea, Branchiopoda, Cladocera): первая находка вида для фауны Европы / В. С. Жихарев, А. Н. Неретина, Т. В. Золотарева, Д. Е. Гаврилко, Г. В. Шурганова // Зоологический журнал. 2020. Т. 99(2). С. 138–145.
13. Wallace A. R. The geographical distribution of animals. In 2 volumes. New York: Harper, 1876. 553 p.
14. Старобогатов Я. И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов земного шара. Л.: Наука, 1970. 372 с.
15. Берг Л. С. Разделение территории Палеарктики и Амурской области на зоогеографические области на основании распространения пресноводных рыб // Избранные труды. Изд-во АН СССР. 1962. Т. 5. С. 320–360.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОРЯДКУ ПРОВЕДЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО АВИАУЧЕТА ОХОТНИЧЬИХ ЖИВОТНЫХ

О. А. Греков

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

В работе представлены предложения по порядку проведения беспилотного авиаучета охотничьих животных. Показано, что применение беспилотных летательных аппаратов сокращает время и экономит ресурсы при проведении учета охотничьих животных.

Ключевые слова: беспилотный авиаучет, охотничьи животные.

Учет охотничьих животных необходим для государственного управления их популяциями и может осуществляться разными способами, суть которых изложена в соответствующих нормативных документах.

Одним их эффективных способов получения данных о численном составе популяций охотничьих животных выступает авиационный учет, целью которого является оперативное получение объективных данных.

В последнее десятилетие широко используются беспилотные летательные аппараты (БЛА) отечественного производства – «Supercam» и «ZALA» различных модификаций. На эти БЛА в настоящее время устанавливаются бортовые комплексы мониторинга (БКМ), позволяющие получать данные в видимом и инфракрасном спектре электромагнитного излучения. Точная привязка получаемых снимков к месту обнаружения животных реализуется за счет введения в БКМ данных от встроенных приемников спутниковой навигационной системы (СНС).

Современные БЛА могут быть самолетного или вертолетного типов. Для исследования территорий до 100 тыс. га, как правило, используются БЛА самолетного типа. Для мониторинга небольших площадей (до 1 тыс. га) применяются БЛА вертолетного типа. В последние годы распространение получили мультикоптеры. Это БЛА вертолетного типа с тремя и более несущими винтами.

Широкое использование таких авиационных средств требует знаний об особенностях их применения и разработки соответствующих нормативных документов, определяющих порядок беспилотного авиационного учета.

Кроме знаний о технических возможностях БЛА необходимо учитывать биологические особенности поведения разных видов охотничьих животных в различных биотопах и по сезонам года.

Порядок беспилотного авиационного учета должен включать в себя описание применяемых способов по этапам подготовки и выполнению полетов, способов обработки данных, в т. ч. и порядок дешифрирования аэроснимков, алгоритмы расчетов численности охотничьих животных и плотностей популяций в исследуемых районах.

При предварительном планировании полетов определяется вид авиаучета. В зависимости от условий выполнения он может быть маршрутным (линейным), сплошным (площадным) или комбинированным [2, 3].

При реализации способа сплошного авиаучета исследуемая площадь была бы полностью перекрыта. При этом оси маршрутов БЛА при проведении аэросъемки должны на 20% перекрывать соседние участки.

Биологические особенности объектов беспилотного авиаучета. Наиболее эффективно БЛА применяются для учета короткошерстных видов, которые можно обнаружить как в видимом, так и в ИК-диапазоне. Особенно эффективно обнаружение этих видов в зимнее время на контрасте температур тела и снежного покрова.

Исследования [1] показывают, что существенному повышению достоверности аэросъемки объектов учета с БЛА способствует одновременное применение оптических и тепловизионных систем, а также надежной организации синхронной съемки с применением приемников СНС, чем обеспечивается точная привязка снимков по месту и времени. Это позволяет с высокой надежностью распознавать объекты ландшафта (лесные массивы, водные объекты, открытые участки) и выделять на их фоне животных (рис.).

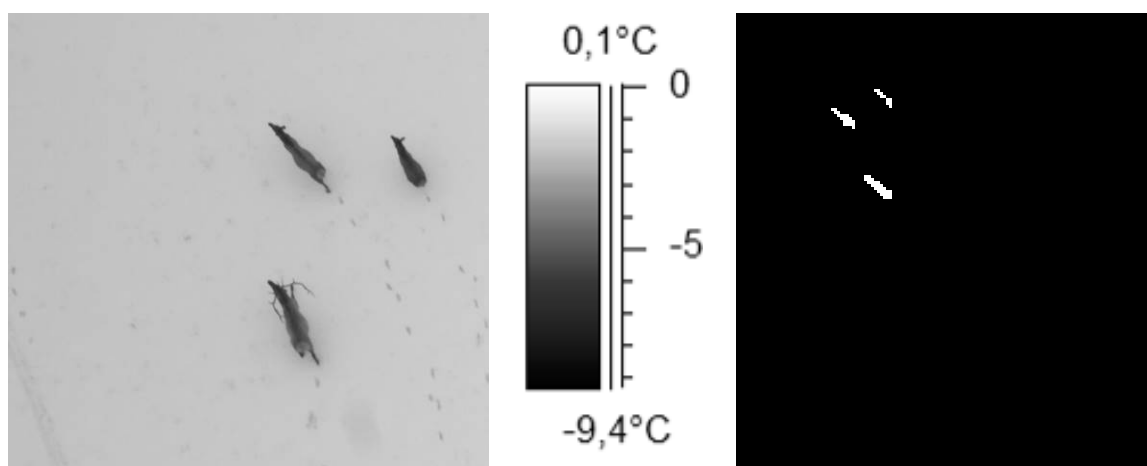


Рис. Одновременные снимки фото (слева) и ИК(справа) трех оленей на открытом пространстве

Особей охотничьих видов с густым шерстяным (перьевым) покровом при ИК-съемке обнаружить и идентифицировать затруднительно, поскольку температурный контраст у них проявляется слабо.

При планировании авиаучета необходимо принимать во внимание основные особенности биологии вида среды его обитания:

- контуры тела животного (визуальный образ) и температура его тела;
- границы ареалов охотничьих видов животных;
- характерные места его суточных и сезонных стаций обитания;
- изменения суточной и сезонной активности;
- склонность к образованию сезонных сообществ.

Некоторые демаскирующие признаки убежищ животных (норы, гнезда, хатки и т. п.) могут быть использованы при идентификации результатов съем-

ки. Подвижность и скрытый образ жизни животных затрудняют их наблюдение, обнаружение, а, следовательно, и их учет, который строится на выявлении самих животных или следов их пребывания.

Этапы проведения авиаучета. Авиаучеты с использованием БЛА могут проводиться в интересах оценки популяций охотничьих животных.

Основания для выполнения авиаучета.

Требования к выполнению полетов (районы, способы, оси маршрутов, время и условия проведения, объекты учета).

Требования к оборудованию, условиям выполнения съемок.

Требования к техническим параметрам полученных результатов съемки.

Требования к картографическим материалам.

Требования к содержанию и оформлению результатов авиаучета.

ТЗ является документом, на основании которого осуществляется планирование предстоящего авиаучета.

Выполнение беспилотного авиаучета включает три этапа (табл.).

Таблица

Содержание этапов выполнения авиаучета

Этапы Группы	Подготовка	Выполнение	Обработка данных
Оперативная группа (ОГ)	Планирование, постановка задачи ГРП и ЛЭ. Согласование полетов с контрольными органами. Подача заявок и получение разрешений.	Контроль выхода ЛЭ и ГРП в район, выдача разрешения на полеты, контроль выполнения авиаучета.	Оценка результатов, контроль подготовки отчетных материалов.
Группа руководства полетами (ГРП)	Изучение задачи и прогноза погоды. Предварительная подготовка к полетам. Контроль готовности.	Оценка погоды. Принятие решения и управление полетами. Доклад о посадке БЛА.	Участие в процессе обработки данных.
Летный экипаж (ЛЭ)	Изучение задачи. Предварительная подготовка к полетам. Контроль готовности.	Запуск и управление БЛА. Доклад о посадке.	Снятие карт памяти с БЛА. Разборка БЛА и транспортировка
Группа обработки данных (ГОД)	Изучение задачи, подготовка и проверка ПО, программирование полетных данных.	Контроль видеоинформации, отметки мест встреч с животными.	Обработка данных. Оформление отчетов.
Группа обеспечения (ГО)	Подготовка техники, Проверка системы связи и передачи данных. Планирование размещения в районе выполнения задачи.	Обеспечение своевременного выхода в район запуска БЛА, предполетная проверка систем связи и передачи информации.	Обеспечение питанием и размещением в районе.

Полученные результаты отображаются на электронных картах района авиаучета, возможно построение ортофотопланов и цифровых моделей местности с местами обнаружения охотничьих животных.

Расчет численности охотничьих животных и плотности их популяций в районе авиаучета проводится по утвержденным методикам [4, 5].

При наличии соответствующего программного обеспечения (ПО) возможно построение геопространственных 3-D моделей, позволяющих изучать биолого-экологические особенности диких животных на фоне среды их обитания (дневные, ночные, сезонные стаи; пути миграции и т.п.).

Выводы: 1. Применение БЛА значительно сокращает время и экономит ресурсы для проведения авиаучета по сравнению с другими способами.

2. Одновременное использование средств обнаружения в видимом и ИК-диапазонах позволяет повысить достоверность результатов учета и получать объективные данные о видовом, численном, возрастном и половом составе популяций животных.

3. Отображение результатов авиаучета на электронной карте повышает наглядность и удобство обработки результатов

4. При разработке нормативных документов по методике проведения беспилотного авиационного учета необходимо учитывать биологические особенности охотничьих видов, их суточного и сезонного поведения; технические характеристики БЛА и возможности его аэросъемочного оборудования; особенности планирования и выполнения полетов в районах проведения беспилотного авиаучета.

Библиографический список

1. Греков О. А. Учет численности охотничьих животных с применением современных авиационных платформ, новых технических средств и информационных технологий // Информация и Космос. 2016. № 2. С. 83–89.

2. Греков О. А. К методике проведения авиаучета охотничьих животных с использованием беспилотных летательных аппаратов // Вестник охотоведения. 2018. Т. 15, № 3. С. 176–186.

3. Кузякин В. А. Учет численности охотничьих животных. Москва : Товарищество научных изданий КМК. 2017. 320 с.

4. Челинцев Н. Г. Математические основы учета животных. Москва : Центрохотконтроль, 2000. 431 с.

5. Методические рекомендации по авиаучету лося и других лесных копытных животных на больших территориях. ФГУ «Центрохотконтроль». Москва, 2009. 26 с.

ВЛИЯНИЕ ЧЛЕНИСТОНОГИХ-ФИЛЛОФАГОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС ЛИСТЬЕВ ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ И ЖИМОЛОСТИ ОБЫКНОВЕННОЙ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ г. КИРОВА

В. В. Зиновьев¹, С. В. Пестов^{1,2}, С. Ю. Огородникова²

¹ *Вятский государственный университет,*

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

В работе представлены данные об уровне повреждения листьев липы сердцевидной и жимолости обыкновенной членистоногими – филлофагами. Приведены сведения о содержании продуктов перекисного окисления липидов

и фотосинтетических пигментов в листьях липы и жимолости, поврежденных членистоногими филлофагами. Показано, что интенсивность изменений физиолого-биохимических показателей зависит от вида растений и вида филлофага.

Ключевые слова: урбоэкосистемы, галлообразователи, минирование, перекисное окисление липидов, хлорофилл, каротиноиды.

Неотъемлемым компонентом любой экосистемы являются членистоногие-фитофаги. Они представляют собой один из факторов, определяющих жизненное состояние растений. В условиях антропогенной нагрузки устойчивость растений к фитопатогенным организмам изменяется. Учитывая эти закономерности можно состояние древесных растений и способности леса к возобновлению оценить по признакам повреждаемости их вредителями и болезнями. Наиболее специализированными группами фитофагов являются галлообразователи и минеры. Первые образуют патологическое разрастание тканей. Минеры выедают паренхиму листа, оставляя эпидермис неповрежденным. Внешне это проявляется появлением светлых пятен различной формы. Повреждение листьев сопровождается изменением физиолого-биохимического статуса листьев [1, 2]

Одними из наиболее распространенных пород деревьев, которые используют для озеленения и декорирования городских территорий являются липа сердцевидная (*Tilia cordata*) и жимолость обыкновенная (*Lonicera xylosteum*). В городе Кирове среди галлообразователей липы мелколистной наиболее часто встречаются войлочный (*Eriophyes leiosoma*) и рожковый (*E. tiliae*) клещики, а также липовая моль-пестрянка (*Phyllonorycter isski*), гусеницы которой образуют пятновидные мины на нижней стороне листа. На жимолости обыкновенной галлы образует клещик *Aculus xylostei*.

Целью работы являлось изучение уровня повреждения листьев липы сердцевидной и жимолости обыкновенной членистоногими-филлофагами и оценка влияния филлофагов на состояние пигментного комплекса и интенсивность процессов перекисного окисления в растительных клетках.

Исследования проводили на территории Дендропарка лесоводов Кировской области (липа сердцевидная) и Заречного парка (жимолость обыкновенная). Данные участки расположены в черте города Кирова (подзона южной тайги). Отобранные для биохимического анализа листья были разделены на поврежденные и неповрежденные. Для проведения исследования отбирались листья, поврежденные только одним видом галлов.

Количество фотосинтетических пигментов в листьях определяли спектрофотометрическим методом с помощью спектрофотометра SPEKOL 1300 (Analytik Jena, Германия) в ацетоновой вытяжке при длине волны 662 нм для хлорофилла «а» и 644 нм для хлорофилла «б» [3]. Определение каротиноидов проводили при 470 нм [4]. Интенсивность процессов перекисного окисления липидов анализировали по цветной реакции тиобарбитуровой кислоты с малоновым диальдегидом (МДА), который образуется в процессе ПОЛ [5].

Наиболее интенсивно листья липы повреждались липовой молью-пестрянкой. Это опасный чужеродный вредитель липовых насаждений впервые

отмечен в Кирове в 2010 году. С 2015 года ведется мониторинг популяций этого вида. В 2015-2016 годах в Дендропарке было повреждено около 70% листьев. В 2017 году произошел резкий спад интенсивности повреждения [6], а в 2018 и 2019 году этот показатель вернулся к прежним значениям. Интенсивность повреждения липы галловыми клещами по годам изменяется незначительно. В период 2015–2019 степень повреждения *Eriophyes tiliae* варьировала от 10 до 22%. Повреждение *Eriophyes leiosoma* в большинстве участков не превышает 5%. Степень повреждения жимолости галловым клещом *Aculus xylostei* в Заречном парке в 2019 году составляла около 10%. В условиях селитебной зоны интенсивность повреждения всеми названными видами фитофагов была ниже, чем в парковой зоне.

Под влиянием негативных факторов на фототрофные ткани происходят биохимические изменения в клетках. В условиях стресса активируются окислительные процессы, происходит накопление веществ с антиоксидантными свойствами. Перекисное окисление липидов – окислительная дегградация липидов является одним из симптомов окислительного стресса в растительных клетках. В стрессовых условиях изменение интенсивности процессов ПОЛ может свидетельствовать как о патологических состояниях [7], так и о процессах адаптации.

Установлено, что поражение листьев филлофагами индуцирует активацию процессов ПОЛ в клетках (табл. 1). В листьях зараженных галловыми клещами уровень МДА был выше в 2–2,5 раза, чем в неповрежденных листьях. В большей степени активацию процессов ПОЛ в клетках отмечали в листьях, поврежденных гусеницами липовой моли пестрянки.

Таблица 1

Содержание МДА в листьях липы сердцевидной, поврежденных филлофагами

	Листья без повреждений	Поврежденные листья		
		<i>E. tiliae</i> (рожковый галл)	<i>E. leiosoma</i> (войлочный галл)	<i>Phyllonorycter isski</i> (минирование)
Содержание МДА, нмоль/г сыр. массы	62±7	123±10	148±8	163±12

Ранее было показано, что заселение тканей листа галлами приводит к снижению накопления хлорофиллов, в большей степени хлорофилла б. Каротиноиды, по сравнению с зелеными пигментами, характеризовались большей устойчивостью к заселению листа клещами [7].

Липовая моль-пестрянка вызывает существенные изменения в пигментном комплексе листьев липы (рисунок). В поврежденных листьях содержание пластидных пигментов было в 25–35% меньше, по сравнению с листьями без повреждений. В одинаковой степени было снижено количество хлорофиллов и каротиноидов.

Поражение жимолости галловыми клещами приводило к биохимическим изменениям в листьях (табл. 2). В отличие от липы, филлофаги вызывали снижение интенсивности процессов ПОЛ в листьях жимолости. В листьях с галла-

ми происходило снижение уровня хлорофиллов, по сравнению со здоровыми листьями. Среди зеленых пигментов хлорофилл б отличался большей чувствительностью к повреждению листьев галловым клещом.

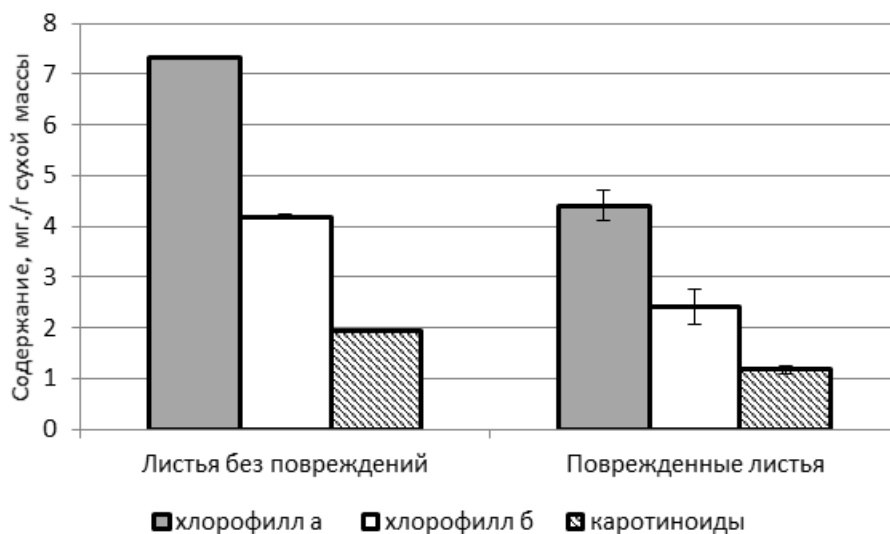


Рис. Содержание пигментов в листьях липы, поврежденных гусеницами моли пестрянки

Таблица 2

Содержание пластидных пигментов и МДА в листьях жимолости обыкновенной, поврежденных филлофагами

	Содержание МДА, нмоль/г сыр. массы	Содержание пигментов, мг/г сух. массы		
		хлорофилл а	хлорофилл б	каротиноиды
Листья без повреждений	113±4	6,12±0,22	4,55±0,31	1,76±0,08
Листья с повреждениями	91±9	5,65±0,43	2,77±0,38	1,67±0,11

Таким образом, поражение листьев филлофагами в условиях урбосистем зависит от вида вредителей. Обилие чужеродного вида липовой моли-пестрянки значительно изменяется по годам, а численность аборигенных видов галловых клещей значительно не менялась все годы наблюдения. В условиях селитебной зоны интенсивность повреждения всеми изученными видами фитофагов была ниже, чем в парковой зоне. Поражение листьев насекомыми вызывает изменения биохимических процессов в клетках. Степень изменений зависит от вида растений и вида филлофага.

Поражение листьев липы филлофагами вызывало значительную активацию процессов ПОЛ в клетках; напротив, в пораженных клещами листьях жимолости интенсивность процессов ПОЛ снижалась. Поражение листьев галлообразователями приводит к снижению уровня хлорофиллов, в большей степени хлорофилла б. Каротиноиды – более устойчивы в условиях заражения листьев клещами. В листьях липы, поврежденных чешуекрылыми, происходило значительное снижение уровня пластидных пигментов, что свидетельствует о серъ-

езной опасности данного вида вредителей для ассимиляционного аппарата растений.

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

Библиографический список

1. Пестов С. В., Тычинкина И. Г., Огородникова С. Ю. Влияние галловых клещей на состояние ассимиляционного аппарата липы сердцевидной // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 44. С. 188–201.
2. Пестов С. В., Огородникова С. Ю. Состояние фотосинтетического аппарата древесных растений при повреждении галловыми клещами // Поволжский экологический журнал. 2019. № 3. С. 163–185.
3. Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М. : Наука, 1971. С. 154–170.
4. 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.
5. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
6. Зиновьев В. В., Пестов С. В. Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в городе Кирове // Человек и природа : сб. науч. статей. Чебоксары : Плакат, 2018. С. 141–144.
7. Apel K., Hirt H. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction // Annu. Rev. Plant Biol. 2004. Vol. 55. P. 373–399.

БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ СЕРОЙ ЦАПЛИ *ARDEA CINEREA* L. В ОКРЕСТНОСТЯХ с. БУЙСКОГО УРЖУМСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Д. Кислицына, В. А. Забиякин

Марийский государственный университет, zabiakin@marsu.ru

В статье представлен материал по изучению биологии и экологии популяции серой цапли *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758 на территории села Буйского Уржумского района Кировской области. В исследовании изучались биологические особенности популяции этого вида птицы, в том числе численность особей, особенности питания и гнездования.

Ключевые слова: пруд, серая цапля, гнездо, питание.

Серая цапля – вид занесенный в Красную книгу Кировской области и имеющий статус V – восстановленный вид, выходящий из-под угрозы исчезновения. В работах Л. К. Круликовский (1913) отмечено, что в таких южных районах Кировской области как Уржумский она гнездиться уже давно [1]. Также П. В. Плесский (1927) отмечал отдельные встречи с цаплями в центральных рай-

онах Кировской области [2]. Самая многочисленная колония, по данным А. Н. Соловьёва (1986), находилась в северной части области в Мулинском лесничестве Нагорского района и Татауровском лесничестве Нолинского района [3]. Б. Д. Злобин. (1988) отмечал обитание цапли в Советском районе на Васильевском острове, который находится на р. Вятке [4]. Образовалось поселение на левом берегу р. Вятки у пос. Кордон напротив г. Советска. Также были найдены колонии из 13 особей у с. Старый Бурец Малмыжского района, но гнезда на этой местности не были найдены [5]. За последние годы публикаций, описывающих распространение и экологию этого вида птицы в Кировской области, нами найдено не было.

По описанию В. Е. Флинта (2000), серая цапля, встречаемая в Кировской области, имеет крупные размеры около 86 см. Окраска соответствует видовой – пепельно-серая с более светлой головой, шеей и брюшком; с хохолком, отчетливо была видна полоска на шее и концы крыльев черные, переливающиеся. Клюв желтый, ноги желтовато-серые. Молодые и неполовозрелые похожи на взрослых в зимнем наряде, но более тусклые, с желтовато-серым клювом. Обитатель берегов водоемов среднерусской тайги. Осторожна; часто неподвижно стоит на берегу, втянув шею, или бродит по мелководью. Легко взлетает, взмахивая усиленно крыльями; летит плавным медленным полетом. От всех цапель отличается серой окраской [6].

Изучение популяции серой цапли проводились нами в рамках учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков в рамках подготовки программы бакалавриата 06.03.01 «Общая биология». Исследования проводились в течение 2-х лет, с 2018 по 2019 гг., в весенний и летний период. Маршрут был проложен вдоль пруда, имеющего искусственное происхождение. Именно на нем местные жители неоднократно отмечали встречи с цаплями. Пруд расположен на севере-востоке района. Длина пруда составляет 4,4 км. Площадь – 91 га, общий объем водоема – более миллиона кубических метров. По левому берегу пруда находится поле с небольшим участком хвойного леса, в непосредственной близости от правого берега располагается смешанный лес. Непосредственно по берегам имеются густые заросли рогоза. Через пруд протекает р. Буй, правый приток Вятки, а также в пруд впадают речки Сюбинка, Орсюбинка. Длина маршрута составляла 2,39 км. Общее количество выходов на маршрут составило 11, пройдено за это время около 30 км.

Весенний прилет цапель в изучаемый период приходился на последние числа марта – начало апреля. Нами было установлено, что гнездовой период у наблюдаемых нами птиц начинался, как правило, 12–18 апреля и продолжался до конца месяца. В месячном возрасте окрепшие птенцы оставили гнездо и стали переходить на другие ветки, а на 50 день встали на крыло.

Данные по встречаемости серой цапли представлены в таблице 1 и 2. Как показали наши наблюдения, численность гнездящихся особей серой цапли в полевой период 2018–2019 гг. незначительно варьировала.

Так, численность птиц в 2018 г. была несколько выше, так, средняя температура в весенний период 2018 г. составляла 2,6–11,6, а в летний период в

июне – 14,4, в июле – 20,6, в августе – 16,6 °С. Можно предположить, что на данный показатель оказывал влияние погодный фактор.

Таблица 1

Встречаемость серой цапли за апрель – август 2018 г.

Дни наблюдений	17.04	1.05	28.05	9.06	25.06	16.07	29.07	13.08	29.08	Σ
Самцы	1	2	3	2	2	1	2	1	1	15
Самки	1	1	2	2	3	2	1	1	1	14
Температура воздуха, °С	+20	+22	+24	+20	+30	+24	20	+28	+26	

Средняя температура в летний период 2019 г. составляла в июне 15,8, в июле – 16,0, в августе – 13,4, а в осенний период в сентябре – 8,8, в октябре – 4,5 °С.

Таблица 2

Встречаемость серой цапли за июнь-октябрь 2019 г.

Дни наблюдений	19.06	23.06	28.06	5.07	12.07	16.07	9.08	19.09	20.10	Σ
Самцы	2	2	1	0	1	3	0	0	0	9
Самки	1	2	0	0	0	2	1	0	0	6
Температура воздуха, °С	+24	+25	+20	+17	+19	+27	+17	+13	+7	

Мы изучили процесс питания серой цапли. По данным визуального наблюдения и изучения погадок было выяснено, что в их рационе доминировала животная пища. При осмотре мест питания нами были найдены и определены погадки, по ним был определен их примерный рацион. В него входила рыба мелкого и среднего размера, преимущественно семейства Карповых (плотва, окунь, карась и др.). Их доля составляла по нашим данным 58–60%. Также в рационе цапли была отмечена молодежь лягушек и их личинки головастики (36–37%), которых они вылавливали в местах концентрации кладок лягушек. Были отмечены единичные случаи питания беспозвоночными, в частности жуками-плавунцами (по надкрыльям) (6–7%). Были найдены немногочисленные останки рептилий, мышевидных грызунов и насекомых. Как показали наши наблюдения, предпочитаемыми местами кормежки цапель были мелководья пруда расположенные на открытых, хорошо просматриваемых участках. Регулярно отмечалась пара цапель на кормежке около стихийного пляжа, месте концентрации кладок и головастиков прудовой лягушки. По нашим наблюдениям серую цаплю нельзя назвать ни дневным, ни сумеречным, ни ночным видом. Взрослые птицы кормились сами и добывали пищу для потомства и в ранние утренние часы, прилетая за кормом с 2 ч 50 мин до 5 ч 45 мин, и в вечерние – с 21 до 23 ч. Наблюдаемых на кормежке цапель не пугало отдаленное присутствие человека (300–400 м), и, но при приближении людей ближе 250 м к берегу они разом взлетали.

В окрестностях села Буйского серая цапля устраивала гнезда только на деревьях. Места, где были замечены серые цапли, – это деревья около построек

человека, которые располагались вблизи водоема. Видимо серые цапли в какой-то мере адаптировались и не избегали близости жилья человека. Гнездовые участки серой цапли в окрестностях села Буйское располагались на участке смешенного леса, который был расположен в 200 м от берега пруда и в 500 м от ближайшего дома. Всего было обнаружено и взято под наблюдение 2 гнезда. Также было замечено, что наблюдаемые цапли предпочли устроить свои гнезда на березе и осине. Высота гнездовых деревьев варьировала от 15 до 20 м. Гнезда размещались на боковых ветках со средним диаметром 35–40 см, в 3–4 метра от вершины. Под каждым гнездом нами были найдены и исследованы многочисленные следы помета и погадок.

Наблюдения за гнездовым периодом проходили в 2018 г. По нашим наблюдениям можно сказать, что в 2018 г. и 2019 г. гнездились одни и те же пары. В 2019 г. пары перед гнездованием, в течение шести дней, обновили свои старые гнезда. Все гнезда серых цапель располагались в труднодоступных и незаметных для глаза человека местах. В нашем случае гнезда были построены из веток деревьев, березы и осины, диаметр которых составлял 1–1,5 см. В строительстве гнезда участвовали обе особи, но самец принимал в постройке большее участие.

По нашим наблюдениям в первые недели в кладке было только одно яйцо, второе яйцо было отложено через 2 суток. В целом кладка заняла 8 дней. На 8 день в одном гнезде было обнаружено 4 яйца, а во втором 5. В насиживании участвовали оба партнера, однако самка сидела на кладке большее количество времени, по нашим наблюдениям примерно в два раза. Срок инкубации, насиживания яиц составил у наблюдаемых пар 26,5–27 суток. Вылупление птенцов произошло 15 мая. 16 мая под гнездами была найдена яичная скорлупа. До 11 июня птенцы выкармливались родителями и оставались в гнезде до конца месяца.

По результатам наших наблюдений можно сделать вывод, что серая цапля в окрестностях села Буйское гнездится регулярно. Гнездование начинается со второй половины апреля. Кладка состоит из 4–5 яиц, которые они откладывают в течение 8–9 дней. Инкубационный период проходит 26,5–27 дней. Обычность вида серой цапли на территории села Буйского Уржумского района Кировской области убеждает нас, что вид здесь находится в оптимальных условиях существования.

Библиографический список

1. Круликовский Л. К. К сведениям о птицах южных уездов Вятская губернии // Записки Уральского общества любителей естествознания Т. 32. Вып. 2. Сарапул, 1913. С. 3–43.
2. Плесский П. В. Орнитологические исследования в Вятском крае. Вятка. Тр. Вят. гос. музей, 1927. Т. 1. С. 23–44.
3. Соловьёв А. Н. Сокровища Вятской природы. Киров : Волго-Вят. кн. изд-во, 1986. С. 159.
4. Злобин Б. Д. Животные // Редкие животные и растения Кировской области. Киров : Волго-Вят. кн. изд-во, 1988. С. 9–84.
5. Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий. Т. 1. Неворобьиные. Ч. 1. Киров : ООО «Триада-С», 1999. С. 432.

6. Птицы Европейской России : полевой определитель / В. Е. Флинт, А. А. Мосалов, Е. А. Лебедева, С. А. Букреев, В. М. Галушин, В. А. Зубакин, А. Л. Мищенко, Т. В. Свиридов, П. С. Томкович, Н. П. Харитонов, Д. А. Шитиков. М. : Алгоритм, 2000. С. 221.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ПО ВИДОВОМУ РАЗНООБРАЗИЮ ЗООБЕНТОСА

А. В. Мельникова¹, А. Р. Ильясова²

¹ *Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТатарстанНИРО»),
d.bugensis@mail.ru*

² *Казанский (Приволжский) федеральный университет, Lie4ka_101@mail.ru*

В статье по материалам исследований, проведенных в 2015–2016 гг., представлен таксономический состав зообентосалиторации озера Изумрудное (г. Казань). Рассмотрены сезонная динамика численности и биомассы основных групп зообентоса. Выявлено сравнительно низкое видовое разнообразие, что указывает на происходящий процесс дестабилизации литорального комплекса озера. Мелководные участки озера Изумрудное характеризовались III классом качества вод, что соответствует «умеренно загрязненным».

Ключевые слова: зообентос, озеро Изумрудное, видовое разнообразие, встречаемость, качество воды, сезонная динамика.

Водоемы, располагающиеся в черте крупных мегаполисов, являются объектами многоцелевого использования и испытывают огромную антропогенную нагрузку. Таким водоемом является озеро Изумрудное, расположенное в Кировском районе г. Казани в лесопарке Залесный. Озеро молодое, имеет искусственное происхождение и относится к малым озерам. Водоем является одним из самых популярных мест летнего отдыха у местных жителей. Питание его преимущественно грунтовое. Для водоема характерна узкая мелководная зона. По гидрохимическим показателям вода в озере относится к маломинерализованным ($186\text{--}231\text{ мг/дм}^3$) с жесткостью $2,4\text{--}3,0\text{ ммоль/дм}^3$ и к гидрокарбонатно-магниево-кальциевому типу [1]. Водоем имеет изумрудно-голубой цвет, благодаря чему получил свое название. По трофности относится к ультраолиготрофным озерам [2]. Озеро является малоизученным, так единственная информация, доступная о составе и структуре зообентоса, датируется лишь 1999 г.

Отбор проб зообентоса (69) проводили на мелководных участках озера с апреля по октябрь в 2015 и 2016 гг. по общепринятым и стандартным методам в гидробиологии [3–5]. Камеральная обработка выполнялась в лабораторных условиях в соответствии с общепринятыми в гидробиологии методами [6–9]. Для количественной оценки видовой структуры исследованных сообществ рассчитывались индекс видового богатства Маргалефа и Менхиника, индекс видового разнообразия Шеннона (по численности), индекс выравненности Пиелу, индекс доминирования и частоту встречаемости [4]. Для оценки достоверности разли-

чий этих показателей по месяцам использовали дисперсионный анализ способом ANOVA (Tukey's HSD test) [10]. Оценка качества вод оценивалась по данным четырех индексов: индекс видового разнообразия Шеннона, рассчитанного как по численности (H_N), так и по биомассе (H_B), индекс сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека (S), биотический индекс Вудивисса ($БИ$) и хирономидный индекс Е. В. Балускиной (K).

Фауна зообентоса на мелководных участках озера Изумрудное (Юдинский карьер) включала 100 таксонов водных беспозвоночных, в том числе 79 рангом ниже рода: Hydrozoa (2 таксона), Nematoda (1), Oligochaeta (12), Hirudinea (4), Gastropoda (12), Bivalvia (1), Hydracarina (1) и Insecta (67: Collembola (1), Ephemeroptera (5), Odonata (8), Hemiptera (3), Coleoptera (9), Trichoptera (6) и Diptera (35)). Высокое таксономическое разнообразие было характерно для отряда Diptera, который был представлен в основном хирономидами (27). Также большой вклад в видовое разнообразие вносили моллюски (13 таксонов) и олигохеты (12 таксонов). Наибольшая частота встречаемости в пробах была характерна для водяных клещей, поденки *Caenis horaria* (Linnaeus, 1758) и хирономиды *Stictochironomus* sp. [11, 12]. Эти же виды формировали комплекс доминирующих видов, которые составили более 60% суммарной биомассы зообентоса. В ходе исследований были обнаружены инвазионные виды – брюхоногие моллюски *Lithoglyphus naticoides* C. Pfeiffer, 1828 и *Physella acuta* Draparnaud, 1805. В 2016 г. был обнаружен единичный экземпляр клопа *Ranatra linearis* Linnaeus, 1758. Данный вид был включен в Красную книгу Республики Татарстан под статусом – редкий вид, численность которого сокращается (III категория) [12].

Анализ частоты встречаемости донных беспозвоночных в озере показал, что к основным видам зообентоса литорали относятся поденка *C. horaria*, водяные клещи, двукрылые насекомые *Stictochironomus* sp., *Ceratopogonidae* sp. и *Cladotanytarsus mancus* (Walker, 1856), и личинка стрекозы *Ischnura pumilio* (Charpentier, 1828) (встречаемость которых составила >50%). К тому же, первые четыре указанных таксона являются «константными» (постоянно или почти постоянно присутствующими в озере), так как $P > 75\%$ [4]. Второстепенные виды (встречаемость которых находилась в пределах 20–50%) были представлены олигохетой *Stylaria lacustris* (Linnaeus, 1767), поденкой *Cloeon simile* Eaton, 1870, клопом *Micronecta* sp. и хирономидами *Cricotopus (Isocladius) gr. sylvestris*, *Cryptochironomus gr. defectus*, *Polypedilum gr. nubeculosum* и *Psectrocladius (Psectrocladius) sordidellus* (Zetterstedt, 1838). Большинство же выявленных видов (87) зообентоса относятся к случайным и редким ($P < 20\%$). Среднее количество видов в пробе составило 12 ± 1 , наибольшее значение этого показателя соответствовало 26, а наименьшее – 4.

За период исследований средняя численность и биомасса зообентоса на литорали озера составили 1800 ± 296 экз./м² и $1,23 \pm 0,20$ г/м² соответственно. Основной вклад в количественные показатели вносили представители двукрылых насекомых, так их средние значения за два года по численности составили 891 ± 215 экз./м² и по биомассе – $0,51 \pm 0,14$ г/м². Существенно им уступали Hydracarina (439 ± 106 экз./м² и $0,19 \pm 0,05$ г/м² соответственно) и Ephemeroptera

(213 ± 42 экз./м² и $0,26 \pm 0,06$ г/м² соответственно). Следовательно, комплекс доминирующих видов включал представителей этих групп, на долю которых приходилось 74,2% суммарной численности и 61,3% биомассы зообентоса (табл. 1).

Таблица 1

Комплекс доминирующих видов зообентоса и их индекс доминирования (I_d), значения численности (N , экз./м²) и биомассы (B , г/м²) на литорали озера Изумрудное

Вид	I_d	N	B
<i>Stictochironomus</i> sp.	3,54	259±116	0,24±0,09
<i>Hydracarina</i> sp.	3,50	439±106	0,19±0,05
<i>Caenis horaria</i>	2,71	125±28	0,11±0,04
<i>Ceratopogonidae</i> sp.	1,67	113±34	0,06±0,02
<i>Cloeon simile</i>	1,19	68±20	0,11±0,04
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	1,15	332±81	0,03±0,01

Индекс видового разнообразия Шеннона в среднем составил $1,9796 \pm 0,0748$ бит/экз., а медиана – $2,0344$ бит/экз. Значения колебались в пределах $0,7369$ – $3,4502$ бит/экз. Максимальные его значения были отмечены в июле ($2,4931 \pm 0,1263$ бит/экз.) и августе ($2,4663 \pm 0,1693$ бит/экз.), а минимальные – в июне ($1,5205 \pm 0,1516$ бит/экз.; $p < 0,04$).

Среднее значение индекса Маргалефа равнялось $1,70 \pm 0,07$, а Менхиника – $0,49 \pm 0,04$. Медиана их составила $1,59$ и $0,37$ соответственно. Анализ сезонной динамики показал, что достоверно наибольшие значения обоих индексов были характерны для августа ($2,19$ и $0,77$ соответственно), наименьшие – для мая ($1,33$ и $0,30$ соответственно; $p < 0,03$). В озере Изумрудное значение Пиелув в среднем составило $0,56 \pm 0,02$, а медиана – $0,53$. Наибольшие значения индекса наблюдались в июле ($0,64 \pm 0,04$) и августе ($0,67 \pm 0,05$), а минимальные – весной ($0,51 \pm 0,03$) и в июне ($0,50 \pm 0,05$), однако достоверных отличий не было выявлено.

Данный водоем соответствует альфа-олиготрофному типу и характеризуется очень низким классом продуктивности [4]. В ходе изучения структуры зообентоса было выявлено сравнительно низкое видовое разнообразие, что указывает на происходящий процесс дестабилизации литорального комплекса озера. А также свидетельствует о преобладании одного или нескольких видов по численности, в данном случае водяных клещей (24,4% от общей численности зообентоса) и хирономид *C. mancus* (18,4%) и *Stictochironomus* sp. (14,4%), что подтверждается полученными значениями видового богатства. Однако в целом компоненты донного комплекса озера развиваются одинаково, согласно индексу выравненности Пиелу. Суммарные показатели численности зообентоса на мелководных участках озера за период исследования составили 1800 ± 296 экз./м², а суммарная биомасса – $1,23 \pm 0,20$ г/м². Основной вклад в количественные показатели вносили представители двукрылых насекомых (по численности – 891 ± 215 экз./м² и по биомассе – $0,51 \pm 0,14$ г/м²). На втором месте по вкладу находились водяные клещи (439 ± 106 экз./м² и $0,19 \pm 0,05$ г/м² соответственно) и представители отряда поденок (213 ± 42 экз./м² и

0,26±0,06 г/м² соответственно). Средние значения и медиана рассматриваемых индексов за исследуемый период представлены в таблице 2.

Таблица 2

Средние значения ($M\pm m$) и медиана индекса Шеннона, рассчитанного как по численности (H_N) и по биомассе (H_B), индекса сапробности (S), биотического индекса Вудивисса ($БИ$) и хирономидного индекса Балужкиной (K)

Индекс	$M\pm m$	Медиана	Качество воды
H_N	1,9796±0,0748	2,0344	загрязненные – умеренно загрязненные
H_B	2,1673±0,0795	2,2724	умеренно загрязненные
S	2,339±0,021	2,334	умеренно загрязненные
$БИ$	7,2±0,2	7,0	чистые
K	4,45±0,27	4,62	умеренно загрязненные

Анализ сезонной динамики показал, что лучшее качество воды по большинству рассматриваемых в работе индексов отмечалось в осенний период (табл. 3).

Таблица 3

Сезонная динамика средних значений ($M\pm m$) индекса Шеннона (по численности (H_N) и по биомассе (H_B)), индекса сапробности (S), биотического индекса Вудивисса ($БИ$) и хирономидного индекса Балужкиной (K)

Индекс	Весна	Лето	Осень
H_N	1,7797±0,1207	2,0534±0,1384	2,0958±0,1141
H_B	1,9268±0,0980	2,1460±0,1479	2,4322±0,1358
S	2,332±0,033	2,428±0,036	2,245±0,027
$БИ$	7,0±0,3	6,9±0,4	7,7±0,2
K	3,66±0,48	5,17±0,38	4,43±0,48

Минимальные значения индексов видового разнообразия были выявлены в весенний период (ANOVA: $p=0,03$) и вода по данным показателям соответствовала переходному состоянию от «загрязненных» к «умеренно загрязненным». Тогда как в остальные сезоны степень загрязненности воды характеризовалась как «умеренно загрязненные». В летний период были отмечены достоверно наибольшие значения индекса сапробности ($p=0,0008$), а минимальные – осенью. Однако во все рассматриваемые сезоны воды по данному индексу соответствовали «умеренно загрязненным» – III класс качества. Для остальных индексов достоверных отличий по сезонам не было выявлено. Степень загрязненности вод мелководных участков озера по значениям индекса Вудивисса колебались от «чистых» до переходного состояния из «умеренно загрязненных» до «чистых» (летом). А по данным индекса Балужкиной во все рассматриваемые периоды класс качества воды находился в диапазоне «умеренно загрязненные».

Таким образом, согласно полученным данным, в течение исследуемого периода мелководные участки озера Изумрудное характеризовались III классом качества вод, что соответствует «умеренно загрязненным». В озере за последние годы произошли изменения экологических условий, что привело к ухудше-

нию качества воды в озере. Одной из основных причин ухудшения качества воды является возрастающая рекреационная нагрузка.

Библиографический список

1. Курлянов Н. А., Мусин Р. Х. Вертикальная гидрохимическая зональность озер Среднего Поволжья // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии : материалы Всерос. конф. с междунар. участием с элементами научной школы. Томск, 2015. С. 517–521.
2. Галеева А. И., Мингазова Н. М. Использование универсальной лимно-экологической классификации для региональной типизации и инвентаризации озерного фонда на примере г. Казани // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 1 (4). С. 925–929.
3. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутр. вод. 2000. № 1. С. 69–82.
4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. 240 с.
5. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. Л. : Гидрометеиздат, 1984. 40 с.
6. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В. А. Абакумова. Л. : Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
7. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
8. Frost S., Huni A., Kershaw W. E. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna // Can. J. Zool. 1972. Vol. 49. P. 167–173.
9. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. Л. : Гидрометеиздат, 1984. 40 с.
10. Халафян А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных. М. : Бином-Пресс, 2007. 512 с.
11. Мельникова А. В., Ильясова А. Р. Экологическое состояние озера Изумрудное // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2016. № 1. С. 43–46.
12. Мельникова А. В., Ильясова А. Р. Структура зообентоса мелководных участков озера Изумрудное (г. Казань) // Вода: химия и экология. 2017. № 7. С. 57–64.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЕВРОПЕЙСКОГО ХАРИУСА *THYMALLUS THYMALLUS* L. В ОЗЕРАХ ЗАПАДНЫХ СКЛОНОВ ПРИПОЛЯРНОГО И ПОЛЯРНОГО УРАЛА

В. И. Пономарев

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

Впервые изложены материалы по распространению европейского хариуса *Thymallus thymallus* в горных озерах бассейнов уральских рек. Рассмотрены биологические показатели и особенности экологии, связанные с обитанием в горных водоемах высоких широт. Показано, что изменчивость меристических показателей хариуса в ряде случаев выходит за рамки установленных для вида.

Ключевые слова: европейский хариус, горные озера, Приполярный и Полярный Урал, распространение, морфология, экология.

Ареал европейского хариуса занимает значительную часть территории Европы [1]. В последние десятилетия этот вид стал редким в большинстве регионов. Во многих западноевропейских странах он отнесен к числу исчезающих и подлежит особой охране. Популяции европейского хариуса р. Урал и верховьев Волги включены в Красную книгу Российской Федерации и девяти субъектов страны.

В то же время хариус *Thymallus thymallus* остается одним из наиболее массовых, и при этом совершенно недостаточно изученных видов рыб европейского Северо-Востока. При этом до последнего времени в литературе практически отсутствовали какие-либо сведения об ихтиофауне и рыбном населении многочисленных озер региона. В связи с этим в данной работе поставлена цель дать характеристику распространения, популяционной структуры и особенностей экологии европейского хариуса в горных озерах западных склонов Приполярного и Полярного Урала.

Сбор материалов осуществлен в 1996–2019 гг. Отлов рыбы выполнен при помощи стандартного ряда ставных жаберных сетей длиной 30 м, высотой 1,8 м и ячеей 10, 20, 30, 40, 50 и 60 мм. Лабораторная обработка проведена по классическим методам ихтиологических исследований [2]. Возраст рыб определен по чешуе.

Европейский хариус обитает в большинстве водотоков бассейнов уральских, равнинных, тиманских и тундровых притоков р. Печора [3, 4]. Как правило, он распространен от самых истоков до устьевых участков печорских притоков, а также на большей части протяжения магистрального русла этой крупнейшей североευропейской реки. В верховьях тех горных рек европейской части Приполярного и Полярного Урала, где отсутствуют арктический голец или сибирский хариус, европейский хариус нередко представляет собой единственный обитающий здесь вид рыб.

При обследовании рыбного населения около 180 озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала установлено, что 44 из них населены европейским хариусом. Все эти озера – высокоширотные: их географическое положение ограничено с юга $64^{\circ}21'$ с.ш. и с севера $68^{\circ}05'$ с.ш. При этом роль европейского хариуса в рыбной части местных водных сообществ существенно различается (рис.). В некоторых водоемах, как глубоководных, так и промерзающих в зимний период «кормовых» озерах хариус *Thymallus thymallus* образует моновидовую рыбную часть водного сообщества. В составе рыбного населения горных озер, включающих европейского хариуса, доминантом, как правило, является или этот вид, или арктический голец, сибирский хариус и обыкновенный голянь [5].

Европейский хариус обнаружен нами в следующих озерах западных склонов Приполярного и Полярного Урала: Торговое, Длинное и два безымянных озера бассейна реки Торговая, три озера бассейна р. Малый Паток, озера Номты и Паток (бассейн Патока), два озера бассейна р. Большой Паток. Отме-

чен в двух безымянных озерах в бассейнах низовьев рек Потэмью и Сивьяхи, двух Базовых озерах, озере Сынаты и еще пяти безымянных водоемах бассейна р. Войвож-Сыня, Пономаревское и двух безымянных бассейна р. Вангыр, озерах Малое Болбанты и Падежаты бассейна р. Кожим, озерах Пага, Большая Лохорта, Хойлаты и ряде безымянных озер бассейна р. Лемва, озерах Естото, Большое Кузты и двух безымянных водоемах бассейна р. Большая Уса, озерах Проточное, Плаунты, Чаньты и двух безымянных озера бассейна р. Малая Уса, озерах Гнетьты и Коматы бассейна р. Кара.

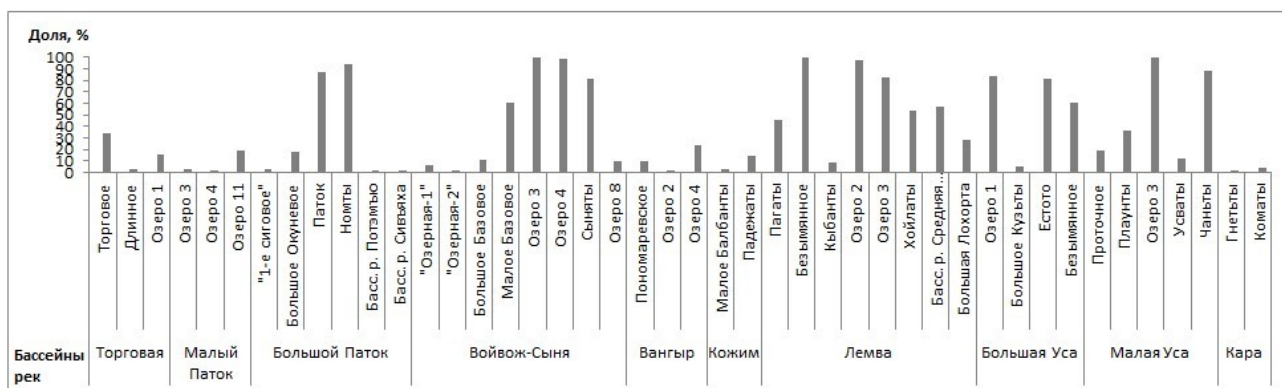


Рис. Доля европейского хариуса в озерах Приполярного и Полярного Урала. Условные номера безымянных озер по: [5]

Максимальная высота над уровнем моря уральских озер, населенных европейским хариусом, составила 694,3 м (озеро Падежаты), в то время как для водоемов с арктическим гольцом – 932,9 м (озеро Верхнее Болбанты), а сибирским хариусом – 757,4 м (озеро Форельное).

Хариус *Thymallus thymallus* обитает совместно с сибирским хариусом в озерах Торговое, Длинное, Паток, Номты, Падежаты, Хойлаты, Большая Лохорта, Гнетьты, Коматы и двух безымянных озерах бассейнов рек Торговая и Лемва. Кроме того, оба вида одновременно отмечены в реках Паток, Кожим с притоками, Лемва с притоками и Кара. В некоторых водоемах наблюдается их гибридизация [6].

В ряде глубоководных уральских озер, таких как Длинное, Торговое, Паток, Номты, Сынаты, безымянных озерах в истоках р. Озерная, озерах Падежаты, Малое Балбанты, Пагаты, Хойлаты, Естото, Чаньты, Усваты, Гнетьты хариус обитает постоянно. В горные озера бассейнов некоторых рек, в частности, Малый Паток, Войвож-Сыня и Вангыр молодь хариуса заходит на нагул, в результате чего в верховьях этих рек в летнее время отмечаются преимущественно старшевозрастные группировки. Наконец, в некоторых мелководных озерах (например, в бассейне р. Большой Паток) хариус встречается только транзитом, в период его нерестовой миграции во впадающие в эти озера ручьи.

Установлено, что, как правило, европейский хариус нерестится в озерах рассматриваемого региона в конце мая-начале июня. В отдельные годы в горных озерах на высоте свыше 500 м над уровнем моря это происходит вплоть до начала и, как исключение, до середины июля. В озерах нерест идет в прибрежье, на песчано-каменистых субстратах. В конце июня 2019 г. мы наблюдали

икрометание хариуса в промоинах сохранявшего ледовый покров озера Сынаты (бассейн р. Войвож-Сыня, высота над уровнем моря 526 м), при температуре 2-3 °С.

Рацион питания европейского хариуса рек европейского Северо-Востока исключительно разнообразен, однако преобладают личинки поденок, ручейников, веснянок и рыба [4, 7–9]. Высока встречаемость в питании личинок поденок, моллюсков, наземных насекомых, крупных личинок двукрылых, а также водорослей и детрита. Крупные особи потребляют мышевидных грызунов и лягушек.

Пищевой спектр хариуса изученных нами озер Урала имеет как общие черты сходства, так и отличия, межсезонные и в различных водоемах. К числу первых прежде всего следует отнести ключевую роль личинок ручейников в питании хариуса во всех обследованных водоемах. В пищевом комке хариуса, наряду с личинками ручейников, также доминировали моллюски и ветвистосые ракообразные (оз. Сынаты), куколки и личинки хирономид (озера Паток, Пагаты и Падежаты), наземные насекомые (озера Паток и Чаньты), двукрылые (оз. Усваты).

В таблице приведен ряд биологических показателей европейского хариуса из наших сборов разных лет в озерах рассматриваемого региона. Оказалось, что величина этих показателей весьма изменчива и, как правило, отражает особенности биологии группировок хариуса, постоянно или временно населяющих те или иные озера.

Практически все изученные водоемы расположены в удаленных труднодоступных районах, свободных от любых форм хозяйственной деятельности человека. Многие из этих озер находятся в пределах федеральной особо охраняемой природной территории – национального парка «Югыд ва». Лишь некоторые из озер доступны для любительского нерегулируемого рыболовства, возможного только при использовании авиационной или вездеходной техники.

Таблица

Биологическая характеристика группировок европейского хариуса озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала

Кол-во возрастных групп	Кол-во изученных рыб	Средняя длина, мм минимум-максимум	Средняя масса, г минимум-максимум	Доля половозрелых, %	Средний возраст	Возраст массового созревания	Соотношение самцы:самки, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Озеро Торговое (басс. р. Торговая). Июль 2019 г.							
7	25	333±14 159–479	481±56 41–1165	40	7,3	6+	36:64
Озеро Бол. Окуновое (басс. р. Бол. Паток). Май 1996 г.							
4	18	413±9 362–459	790±48 480–990	100	8,7	4+	61:39
Озеро Паток (басс. р. Бол. Паток). Июль 2006 г.							
7	57	239±5 116–415	140±12 11–720	14	4,9	6+	54:46

1	2	3	4	5	6	7	8
Озеро Номты (басс. р. Бол. Паток). Июль 2006 г.							
7	81	241±5 201–371	146,7±10,67 71–504	27	5,2	6+	57:43
Озеро Пономаревское (басс. р. Вангыр). Июль 2004 г.							
3	7	204,6±22,9 128–285	99±31 17–225	0	2,0	–	43:57
Озеро-исток р. Озерная (басс. р. Войвож-Сыня). Август 2007 г.							
6	8	337±20 205–410	428±72 152–684	57	5,1	4+	57:43
Озеро Бол. Базовое (басс. р. Войвож-Сыня). Июль 2009 г.							
5	28	247±11 174–384	198±29 52–679	18	3,3	5+	54:46
Озеро Сыняты (басс. р. Войвож-Сыня). Сентябрь 2010 г.							
8	89	308±5 174–430	308,2±16 49–725	53	5,1	5+	70:30
Озеро Падежаты (басс. р. Кожим). Июль 2005 г.							
1	24	343±2 309–357	503±11 350–602	79	5,0	–	50:50
Озеро Пагаты (басс. р. Лемва). Июнь 2007 г.							
6	76	290±5 199–420	255±15 70–789	43	4,5	5+	43:57
Озеро Хойлаты (басс. р. Юн-Яга). Август 2009 г.							
5	29	244±17 100–367	240±36 8–730	21	3,0	4+	55:45
Озеро Естото (басс. р. Бол. Уса). Август 2009 г.							
6	63	267±7 98–363	218±14 9–582	5	4,1	4+	44:56
Озеро Плаунты (басс. р. Мал. Уса). Июль 2008 г.							
6	30	295±22 181–865	258±27 59–606	80	5,4	5+	33:67
Озеро Усваты (басс. р. Мал. Уса). Июль 2008 г.							
4	48	324±7 195–405	397±25 66–759	17	4,6	5+	54:46
Озеро Чаньты (басс. р. Мал. Уса). Август 2006 г.							
5	54	282±9 121–390	292±27 21–495	11	4,3	6+	48:52
Озеро Коматы (басс. р. Кара). Август 2003 г.							
2	22	264±12 180–450	225±33 51–244	29	4,4	–	61:39

Ранее при сопоставлении меристических признаков европейского хариуса бассейнов ряда рек европейского Северо-Востока России было установлено, что их индивидуальная изменчивость укладывается в ранее установленные границы видовых показателей [4]. Однако при определении этих признаков у хариуса озера Сыняты, служащего истоком р. Войвож-Сыня (приток III порядка р. Печора), нами установлено, что за пределы видового диапазона вышла индивидуальная изменчивость количества ветвистых лучей в А (10–14 вместо 9–11), числа неветвистых лучей в А (II-IV вместо III-IV) и в Р (I-II вместо I). По-

видимому, длительное обитание в условиях изоляции дало возможность проявления рецессивных признаков – двух неветвистых лучей в анальном и грудном плавниках.

Для горных истоков р. Войвож-Сыня характерны большие уклоны (более 15 м/км), высокая скорость течения (до 2,8 м/с). В сборах из озера отсутствовали особи старше 9+ лет, тогда как на нижерасположенных участках р. Войвож-Сыня нередко встречались экземпляры 10+-15+ лет. Нерест в озере идет позже, чем в этом водотоке, в связи с более поздним распалением ледового покрова. Группировка европейского хариуса озера Сыняты репродуктивно изолирована от остальной части популяции р. Войвож-Сыня. С этим обстоятельством можно связать выявленное отличие меристических показателей, в большей степени подверженных влиянию экологических факторов, чем генетические [4].

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Распространение, систематика и пространственная организация фауны и населения наземных и водных животных таежных и тундровых ландшафтов и экосистем европейского северо-востока России», № АААА-А17-117112850235-2.

Библиографический список

- 1 Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. / Под ред. Ю. С. Решетникова. М. : Наука, 2002. 379 с., 253 с.
2. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М. : Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
3. Пономарев В. И., Сидоров Г. П. Обзор ихтиологических и рыбохозяйственных исследований в бассейне реки Печора // Водные организмы в естественных и трансформированных экосистемах Европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 2002. С. 5–33. (Тр. Коми научного центра УрО Российской АН, № 170).
4. Сидоров Г. П., Решетников Ю. С. Лососеобразные рыбы водоемов европейского Северо-Востока. М. : Тов-во научных изданий КМК, 2014. 346 с.
5. Пономарев В. И. Рыбы озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2017. Вып. 2 (30). С. 16–29.
6. Генетический контроль эстераз у сибирского хариуса *Thymallus arcticus* Pall. / П. Н. Шубин, Т. И. Челпанова, А. Б. Захаров, В. И. Пономарев // Генетика. 1986. Т. 22. № 1. С. 129–133.
7. Соловкина Л. Н. Рост и питание рыб Вашуткиных озер // Гидробиологическое изучение и рыбохозяйственное освоение озер Крайнего Севера СССР. М. : Наука, 1966. С. 164–170.
8. Пономарев В. И., Шубина В. Н., Серегина Е. Ю. Популяционные особенности питания хариуса *Thymallus thymallus* L. (на примере тиманских притоков р. Печора) // Биология внутренних вод. 2000. № 2. С. 116–124.
9. Шубина В. Н. Бентос лососевых рек Урала и Тимана. СПб. : Наука, 2006. 401 с.

ВИДОВОЕ БОГАТСТВО И ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КАРАБИД (INSECTA: CARABIDAE) НАГОРНОГО ПЛАТО ГОРЫ ЧАТЫР-ДАГ КРЫМСКИХ ГОР

В. Б. Пышкин, В. Г. Кобечинская
Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского,
vpbiscri@mail.ru

Созданная в рамках программы *CrimInsecta* база данных «Carabidae» по таксономии, экологии и хорологии карабид Крымского полуострова позволила выделить комплексы нагорных экосистем, изучить их таксономическую структуру и разнообразие.

Ключевые слова: Крым, экосистема, насекомые, карабиды, биологическое разнообразие.

Семейство жужелиц (Carabidae) является одной из наиболее многочисленных и экологически разнообразных групп отряда жесткокрылых (Coleoptera). В мировой фауне их насчитывается более 25 тыс., в России – около 2 тыс. видов (3293 таксонов: 5 подсемейств, 40 триб, 184 рода, 289 подродов). На Крымском полуострове описано более 400 видов из всех его природных зон. Жужелицы играют важную роль в регуляции энергетических и информационных потоков, круговороте вещества в экосистемах, в поддержании их гомеостаза. Поэтому, они являются прекрасными биоиндикаторами состояния наземных экосистем.

Изучение видового и таксономического богатства жужелиц нагорных биогеоценозов горы Чатыр-Дага проводилось в рамках программы *CrimInsecta*. Ее основой является информационная система, предназначенная для сбора, хранения и объединения авторских разработок по видовому составу, биологии, экологии и хорологии насекомых Крыма. Организационной основой базы данных «Carabidae» являются материалы фондовой коллекции КФУ им В. И. Вернадского, ЗИН АН России, Зоологического музея Харьковского национального университета, Днепропетровского национального университета, многих частных коллекций, а также многочисленные литературные источники [1–5].

В создаваемую базу данных «Carabidae» нагорных биогеоценозов Чатыр-Дага включены сведения о 76 видах из 32 родов, которые объединены в 17 триб и 11 надтриб трех подсемейств семейства Carabidae Latreille, 1802: Cicindelinae Latr., 1802, Brachininae Bon., 1810 и Carabinae Latr., 1802 (табл. 1).

Первое подсемейство представлено всего одним транспалеарктическим видом из рода *Cicindela* L., 1758: *C. (Cicindela) campestris* L., 1758 – лесной мезофил эпигеобионт летающий. Второе подсемейство двумя: степным мезофилом *Brachinus (Brachinus) elegans* Chaud., 1842 и луговым гигрофилом *B. (B) explodens* Duft., 1812.

Таблица 1

**Видовое и таксономическое богатства семейства Carabidae Latreille, 1802
в нагорном лесо-лугово-степном биогеоценозе г. Чатыр-Даг**

Subfamilia	Количество таксонов						Сумма таксонов
	Species	Subgenus	Genus	Subtribus	Tribus	Supertribus	
Carabinae Latr., 1802	73	37	30	11	16	10	177
Cicindelinae Latr., 1802	1	1	1	1	1	1	6
Brachininae Bon., 1810	2	1	1	0	1	0	5

Последнее подсемейство (Carabinae) характеризуется наибольшим видовым и таксономическим разнообразием: сумма таксонов 177, видовое богатство 73. Из десяти надтриб подсемейства зарегистрированных в нагорном биогеоценозе Чатыр-Дага наибольшим таксономическим разнообразием отличается надтриба *Psydritae* Lec., 1853 (табл. 2).

Таблица 2

Видовое и таксономическое богатства карабид подсемейства Carabinae Latr., 1802 в нагорном лесо-лугово-степном биогеоценозе г. Чатыр-Даг

Supertribus	Количество таксонов					Сумма таксонов
	Species	Subgenus	Genus	Subtribus	Tribus	
Pelophilini	2	2	2	0	1	7
Notiophilitae	2	0	1	0	1	4
Carabitae	9	7	2	0	1	19
Trechitae	7	3	4	3	2	19
Patrobitae	1	0	1	1	1	4
Psydritae	23	15	11	3	5	57
Harpalitae	19	6	3	1	1	30
Panagaeitae	1	1	1	0	1	4
Callistitae	4	2	3	2	2	13
Lebiitae	5	1	2	1	1	10

Большинство ее видов многоядные хищники. Обитают на поверхности почвы, в подстилке, скважинах почвы, норах, пещерах, некоторые охотятся на деревьях. Живут во всех парцеллах яйлинских биргеоценозов.

Надтриба объединяет четыре трибы: *Pterostichini* Bon., 1810, *Sphodrini* Laporte, 1834, *Platynini* Bon., 1810, *Zabrinini* Bon., 1810. Последняя, самая крупная, наиболее разнообразна морфоэкологически. На плато она представлена двумя родами. Род *Amara* Bon., 1810 с луговыми мезофилами *A. (Amara) aenea* (Deg., 1774) и *A. (A) ovata* (F., 1792); эврибионтами *A. (A) eurynota* (Panz., 1797) и *A. (A) tibialis* (Paykull, 1798); луговым *A. (A) communis* (Panz., 1797) и степными ксерофилами *A. (Paracelia) crenata* Dej., 1828, *A. (P) apricaria* (Payk., 1790), *A. (Curtonotus) aulica* (Panzer 1796). Все они относятся к миксофитофагам геохортобионтам гарпалоидным. Второй род *Zabrus* Clairv., 1806 представлен степными ксерофилами *Z. (Zabrus) tenebrioides* (Gz., 1777) и *Z. (Pelor) spinipes* (F., 1798): миксофитофаги, геохортобионты заброидные.

Остальные трибы представлены одним-тремя, в основном эврибионтными видами, миксофитофагами, стратобионтами скважниками поверхностно-

подстилочными. Род *Pterostichus* Bon., 1810: *P. (P.) nigrita* (Payk., 1790) *P. (Platysma) niger* (Schall., 1783) *P. (Morphnosoma) melanarius* (Ill., 1798). Род *Calathus* Bon., 1810: *Calathus (Calathus) fuscipes* (Gz., 1777), *C. (Calathus) fuscipes* (Gz., 1777) *C. (Neocalathus) melanocephalus* (L., 1758), *Poecilus (Poecilus) cupreus* (L., 1758), *Oxypselaphus (A) dorsalis* (Pontop., 1763), *Agonum (Anchomenus) dorsal* Pont., *Olisthopus sturmii* (Duft., 1812).

Содоминантом по биоразнообразию является надтриба Harpalitae (сумма таксонов 30, видовое богатство 19), где по видовому богатству доминирует триба Harpalini Bon., 1810. Род *Harpalus* Latr., 1802 на яйлах представлен эврибионтами: *H. (Pseudoophonus) rufipes* (Deg., 1774), *H. (P.) calceatus* (Duft., 1812), *H. (Harpalus) smaragdinus* (Duft., 1812), *H. (H.) affinis* (Schrank, 1781); степными ксерофилами *H. (Pseudoophonus) griseus* (Panz., 1797), *H. (H.) zabroides* Dej., 1829, *H. (H.) amplicollis* Men., 1848, *H. (H.) tardus* (Panz., 1797), *H. (H.) caspius* (Stev., 1806); степные мезофилы: *H. (H.) dimidiatus* (P. Rossi 1790), *H. (H.) rubripes* (Duft., 1812), *H. (H.) latus* (L., 1758); лесной мезофил *H. (H.) rubripes* (Duft., 1812). Все они относятся к геохортобионтам гарпалоидным.

Род *Ophonus* Dej., 1821, надтрибы Harpalitae в изучаемой экосистеме, представлен миксофитофагами стратохортобионтами, двумя степными ксерофилами: *O. (Hesperophonus) jailensis* (Schaub., 1926) и *O. (H.) sabulicola* (Panz., 1796), степным *O. (Metophonus) cordatus* (Duft., 1812) и лесостепным *O. (M.) rupicola* (Sturm, 1818). Остальные роды надтрибы представлены 1–3 видами: *Stomis (Stomis) pumicatus* (Panz., 1796), *Poecilus (Poecilus) cupreus* (L., 1758), *Pterostichus (Pseudomaseus) nigrita* (Payk., 1790), *P. (P.) niger* (Schall., 1783), *P. (Morphnosoma) melanarius* (Ill., 1798), *Calathus (Calathus) fuscipes* (Gz., 1777), *C. (C.) fuscipes* (Gz., 1777), *C. (Neocalathus) melanocephalus* (L., 1758), *Laemostenus (Laemostenus) venustus* (Dej., 1828), *Oxypselaphus (A.) dorsalis* (Pontop., 1763), *Agonum (Anchomenus) dorsal* Pont., *Olisthopus sturmii* (Duft., 1812), *Synuchus nivalis* (Panzer, 1797) – большинство из которых эврибионты, стратобионты скважники поверхностно-подстилочные.

На основе данных по таксономическому и экоморфологическом разнообразию карабидофауны нагорного чатырдагского биогеоценоза можно судить о сложности его парцеллярной структуры, закономерностях природных и антропогенных сукцессий в экосистемах, проводить экологический мониторинг их состояния.

Библиографический список

1. Апостолов Л. Г., Мальцев И. В. Экологический и зоогеографический анализ фауны насекомых Крыма // Природные комплексы Крыма, их оптимизация и охрана. Симферополь : СГУ, 1984. С. 5–105.
2. Петрусенко С. В. Жужелицы Крыма (видовой состав, зоогеографический анализ, зонально-ландшафтное распределение). Киев : Наукова думка, 1972. С. 1–3.
3. Перваков В. П., Мальцев И. В., Эйдельберг М. М. Жужелицы (Carabidae, Coleoptera) Крыма // Экология и таксономия насекомых Украины. Киев, 1985. С. 61–68.
4. Мальцев И. В., Петрусенко А. А., Петрусенко С. В. К изучению жужелиц (Insecta, Carabidae) Крымской яйлы. Одесса : ОГУ, 1969. С. 1–4.

5. Медведев С. И. Про происхождение энтомофауны горных вершин Крыма // Проблемы энтомологии на Украине. Киев : Изд-во Ан УРСР, 1959. С. 65–68.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ *HIRUNDO RUSTICA*, *DELICHON URBICUM* И *APUS APUS*

Д. Р. Сиргалина

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
deankiss254@gmail.com

В статье описана сравнительная экология городской и деревенской ласточек, а также стрижа. Изучено горизонтальное и вертикальное распределение видов в зоне симпатрии, суточная активность. Приведено сравнение кормовых спектров и площадей кормовых территорий данных видов.

Ключевые слова: *Hirundo rustica*, *Delichon urbicum*, *Apus apus*, сравнительная экология.

В настоящее время существует мало информации о биотических взаимоотношениях *Hirundo rustica*, *Delichon urbicum* и *Apus apus*. Также неизвестны причины снижения численности городской и деревенской ласточек. Именно поэтому сравнительная экология данных видов представляет интерес для понимания механизмов взаимоотношения между близкородственными видами в зоне симпатрии.

Целью нашей работы являлось изучение механизмов снижения конкуренции кормовых и топических конкурентов в зоне их совместного обитания в градиенте с севера на юг.

Наблюдение за распределением колоний вели линейным маршрутным учетом без ограничения ширины полосы [1] и точечным учетом в г. Казани, г. Орске и Зеленчукском районе Карачаево-Черкессии в летний период 2017–2018 гг. Суточную активность определяли визуальными наблюдениями с 9:00 до 20:00 (n = 15). Нами были выделены площадки, на которых мы изучали экологию *Delichon urbicum* и *Hirundo rustica* в условиях изолированного обитания друг от друга, а также площадки, в которых два вида или даже три делили одну территорию.

О численности деревенской *Hirundo rustica* и городской *Delichon urbicum* ласточек в городе Казани в прошлом известно не много. В 1788 г. Д. Н. Зиновьев [2] относил их к «диким видам». Через 100 лет А. А. Першаков определяет статус обоих видов и черного стрижа *Arus apus* как наиболее обыкновенных [3]. В г. Казани большое число колоний было локализовано в районах со старой застройкой 50–80-х гг. Гнезда располагались под балконами домов по улицам Павлюхина, Белинского, Декабристов, Восстания. К 2000 г. осталось всего несколько колоний на проспекте Ибрагимова, в речном порту, в районе старого автовокзала, в пос. Дербышки и Левченко. В настоящее время в Казани существует две колонии. Под опорами моста Ленинской дамбы располагается

20 гнезд (нежилых). Также в начале мая 2019 г. большая колония городской ласточки была замечена в районе моста Миллениум, при обследовании данного места мы обнаружили 235 гнезд, не все из них были жилые. Рядом на песчаном обрыве образовывалась колония береговой ласточки, но по нашим дальнейшим наблюдениям выяснилось, что она покинула данное место, так и не достроив гнезда.

Гнездование деревенской ласточки отмечалось в ряде поселков на окраинах Казани: Кадышево, Савиново, Юдино. Также для *Hirundo rustica* нередки и одиночные поселения. Например, на аэродроме Куркачи.

В Орске городская ласточка не гнездится, а деревенская может гнездиться в окрестностях города. Стриж – доминирующий вид.

В Карачаево-Черкессии деревенская ласточка обитает во всех населенных пунктах от г. Невинномысск. Также колониальное гнездование было обнаружено в Древнем Аланском городище около п. Нижний Архыз. Гнезда располагались в двух заброшенных храмах, которые часто посещаются туристами. В Северном храме 38 гнезд, из которых 30 жилых. В Среднем храме 3 жилых и 3 заброшенных. Нами был отмечен интересный случай единичного гнездования деревенской ласточки в колонии городской. Ее гнездо располагалось в нише потолка 8-го этажа 9-этажного жилого дома.

Городская ласточка была замечена только в районах с высотной застройкой (п. Нижний Архыз, Зеленчук). В естественных биотопах использует для гнездования постройки человека. Так, на горе Семиродники, 26 гнезд с южной стороны и 18 с северной располагались на высотной металлической конструкции.

Стриж является полностью синантропным видом, который занимает только высотные здания. В горах был встречен в естественных для вида биотопах – скалах (Софийские водопады, 2–3 пары).

При рассмотрении горизонтальной структуры кормовых участков ласточек выяснилось, что территория, на которой ласточки охотятся, представляет открытые, лишенные древесной растительности участки. Радиус кормовой территории городской ласточки – 160 м, а деревенской – 350. Выяснить радиус стрижа не удалось, так как он может отлетать на тысячи км.

На вертикальную структуру кормовых участков данных видов прямо влияет наличие или отсутствие пищевых конкурентов. Так, при совместном обитании с ласточками, ярус стрижа всегда находится выше. Ярус городской находится выше деревенской. А при отсутствии городской ласточки деревенская может подниматься выше, также как и стриж, при отсутствии конкурентов может спускаться ниже.

Пищевые предпочтения были взяты из литературных источников, при их рассмотрении выяснилось, что у городской ласточки с деревенской почти полное совпадение в пищевых предпочтениях. У стрижа с городской и деревенской ласточками имеются значимые различия.

При сравнении кормовой активности наблюдались межвидовые отличия. Частота кормления городской ласточки составляет 0,17 раз раз в мин. ($n = 210$), деревенской – 0,22 ($n = 30$). У деревенской ласточки активность кормления птенцов была значимо выше ($p = 0,03$, Ньюман-Кейлс).

Таким образом, близкородственные и конвергентные виды, группы воздухоплавателей могут успешно существовать в зоне симпатрии, разделяя воздушное пространство.

Библиографический список

1. Попов В. А. Редкие и исчезающие виды животных Татарии. Казань : Татарское книжн. изд-во, 1978. 96 с.
2. Рахимов И. И. Авифауна республики Татарстан по данным на 2002 год // Орнитологический вестник Поволжья. Вып. 1. Казань : КГПУ/СОПР, 2002б. С. 21–30.
3. Першаков А. А. Список птиц Казанского края // Любители природы : тр. студ. науч. кружка. Казань, 1929. Вып. 3. С. 3–68.

ЧЕМ И КАК МОЖНО ЗАМЕНИТЬ ОКУЛЯР-МИКРОМЕТР?

Р. А. Суходольская¹, Г. А. Тимофеева²

¹ *Институт проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан,
ra5suh@rambler.ru*

² *Богородская СОШ Пестречинского района Республики Татарстан,
t.g.a.2007@mail.ru*

В статье представлены предпосылки создания компьютерной программы морфометрических промеров жуков. Приведены пошаговые правила использования этой программы, а также ссылки, по которым последняя может быть получена из Интернет-ресурсов. Рассматривается возможность использования этой программы при морфометрическом анализе других насекомых.

Ключевые слова: морфометрические промеры, жужелицы, программа промеров на компьютере, Manual Carabid morphometric measurement for method by Sukhodolskaya.

Несмотря на важность проблемы, только относительно недавно были предложены методы, использующие независимые источники данных – фенетические и молекулярные [1– 7]. Тем не менее, продолжают широко использоваться количественные методы, основанные на сравнительном анализе морфологических признаков. Эти методы называют «числовой» таксономией, или фенетикой. Такие интегративные подходы к таксономии позволяют предлагать независимые, более воспроизводимые пути к очерчиванию границ видов.

Необходимым элементом в такой работе является морфометрический анализ, когда производятся промеры мерных признаков. Как известно, с этой целью используют окуляр-микрометр, а цифру, увиденную на его линейке, записывают вручную в журнал. При наличии большой выборки это занимает много времени и вносит определенный элемент субъективизма при проведении промеров. К тому же линейка окуляр-микрометра дает результат с точностью только до одной цифры после запятой.

В данном сообщении описывается компьютерная программа, созданная специально для морфометрических промеров жуков-жужелиц, сбором и анали-

зом которых на протяжении двух десятилетий занимаются в лаборатории биомониторинга Института проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан. Программа опробована многими исследователями и может быть использована для промеров не только жуков, но и других насекомых. Программа была сделана и опробована на Python 2.7.13 с numpy 1.11.3 и openCV 3.1. Успешность реализации программы в других версиях не гарантируется, но, по-видимому, возможна.

Сначала жуков раскладывают на ватные слои по 3–5 штук в линию с приложенным определителем масштаба (миллиметровая бумага) и фотографируют. Пример получаемых фотографий и признаков, которые следует измерить, представлен на рисунке.

Процесс обмеров включает несколько последовательных действий:

1. Загрузку директория с папкой с фотографиями (символы Юникода не поддерживаются).

2. Если надо развернуть фотографию, нажимаем клавишу «R». Далее идет обрезка фотографии путем двойного клика левой клавиши мыши в левом правом углу фото и двойного клика правой клавиши – в правом нижнем углу. Далее – «C» – для возвращения изображения (уже обрезанной фотографии) на экран.

3. Ставим реперные точки, обозначая десятимиллиметровый масштаб. Далее двойными кликами обозначаем терминальные точки: основание надкрылий по срединной линии, вершина надкрылий, плечевой угол левого надкрыля, плечевой угол правого надкрыля, середина основания переднеспинки, середина вершины переднеспинки, левый угол основания переднеспинки, правый угол основания переднеспинки, конец губы, середина шеи, внутренняя сторона левого глаза, внутренняя сторона правого глаза. Таким образом, в самой программе высвечиваются 14 ландмарков (первые две соответствуют установленному масштабу). Далее нажимаем «S», переходим с фотографий в саму программу и обозначаем пол животного. Далее нажимаем «Enter» и переходим к следующему жуку на фотографии.

4. Когда изображения жуков на фотографии заканчиваются, следует нажать «Q», чтобы перейти к следующей фотографии.

5. Если процесс обмеров следует закончить, нажимается «P».

6. Результаты промеров выводятся в два текстовых файла – непосредственно результаты промеров в миллиметрах и таблица с обозначениями ландма-

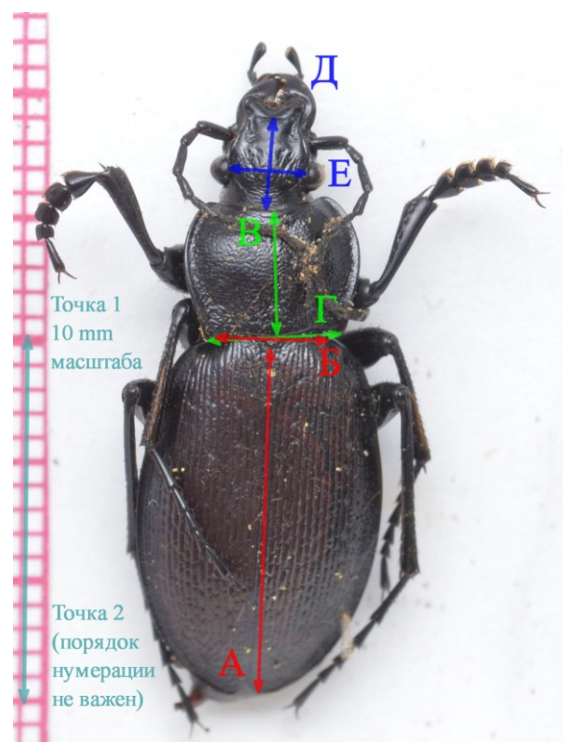


Рис. Измеряемые признаки жука *Carabus aeruginosus* Fischer von Waldheim, 1823

рок, которые затем могут использоваться в геометрической морфометрии при оценке изменчивости формы жука.

Ниже приводится непосредственный фрагмент программы.

```
import numpy as np, cv2, os, copy, math, ctypes
Latency, Pressed, SCALE = 300, None, 10.0
user32 = ctypes.windll.user32; user32.SetProcessDPIAware()
Width, Height = user32.GetSystemMetrics(0), user32.GetSystemMetrics(1); print
type(Width), Width, type(Height), Height
def address_fix(address):
if address[0] and address[len(address)-1] in (" ", "\"):
fixed_address = address[1:len(address)-1]
else:
fixed_address = address
for i in range(len(address)):
if address[i] == '\\':
fixed_address = fixed_address[:i]+'/'+fixed_address[i+1:]
return fixed_address
def file_type(name):
```

.....

Программа доступна по пермиссивной лицензии на Hit Hub.

Библиографический список

1. The impact of species concept on biodiversity studies / P. M. Agapow, O. R., Bininda-Emonds, K. A. Crandall, J. L. Gittleman, G. M. Mace, J. C. Marshall J.C., Marshall, A. Purvis // *Review of Biology*. 2004. 79(2). P. 161–179.
2. Neglected Taxonomy and Continuing Extinctions of Tuatara (Sphenodon) / C. H. Daugherty, A. Cree, J. M. Hay, M. B. Thompson // *Nature*. 1990. 347(6289). P. 177–9.
3. Isaac N. J. B., Mallet J. , Mace G. M. Taxonomic inflation: its influence on macroecology and conservation // *Trends of Ecology and Evolution*. 2004. 19(9). P. 464–469.
4. Padial J. M., De la Riva I. Taxonomic inflation and the stability of species lists: The perils of ostrich's behavior // *Systematic Biology*. 2006. 55(5). P. 859–867.
5. Carstens B. C., Dewey T. A. Species Delimitation Using a Combined Coalescent and Information-Theoretic Approach: An Example from North American Myotis Bats // *Systematic Biology*. 2010. 59(4). P. 400–414.
6. How to fail at species delimitation / B. C. Carstens, T. A. Pelletier, N. M. Reid, J. D. Satler // *Molecular Ecology*. 2013. 22(17). P. 4369–4383.
7. Edwards D. L., Knowles L. L. Species detection and individual assignment in species delimitation: can integrative data increase efficacy? // *Proceedings of Royal Society B-Biological Sciences*. 2014. 281(1777). P. 20132765.

СТРУКТУРА ОРНИТОКОМПЛЕКСА ЦЕНТРА ЙОШКАР-ОЛЫ

Н. В. Турмухаметова, О. Н. Елнаева
Марийский государственный университет, bonid@mail.ru

В статье представлены результаты исследования видового состава, плотности населения и структуры орнитокомплекса центральной части города Йошкар-Олы. Зарегистрировано 13 видов птиц с доминированием сизого голубя, плотность которого высока во все сезоны года. Орнитокомплекс изученной территории включает в основном птиц открытых пространств, урбофилов, оседлых, дуплогнездных и всеядных.

Ключевые слова: орнитокомплекс, плотность населения птиц, *Columba livia* Gmelin, синантропы, урбоэкосистема.

Проблема синантропизации животных в настоящее время занимает многих исследователей. В экологии города и в жизни человека птицы играют немаловажную роль: уничтожают вредных насекомых внутригородской растительности, утилизируют некоторые бытовые отходы, принимают участие в переносе вещества и энергии по пищевым цепям. Птицы являются одними из наиболее удобных объектов изучения, в том числе в городских экосистемах [1, 2]. Цель работы – описать видовой состав, плотность населения и экологическую структуру орнитокомплекса в условиях Йошкар-Олы. Интерес к вопросу обусловлен недостаточной изученностью населения птиц в различных городских компонентах Йошкар-Олы.

Исследование было проведено в 2018–2019 гг. в центральной части города – бульвары Победы и Чавайна, которую относят к зоне умеренного загрязнения среды со средней автотранспортной нагрузкой и отсутствием крупных промышленных предприятий [3]. Птиц учитывали маршрутным методом с использованием трансекты фиксированной ширины, максимально обозреваемой с линии хода учетчика. В пределах центрального парка города и пешеходного моста птиц учитывали без ограничения расстояния до них и ширины учетных полос. Пересчет на площадь производили по средней дальности обнаружения раздельно-групповым (интервальным) методом [4, 5]. В результате данные наблюдений за птицами, полученные по всему маршруту, разными методами, суммировались. Протяженность проходимого во время учетов маршрута составляла 4,5 км. За год было проведено 17 учетов птиц. Суммарная длина маршрута составила 76,5 км. Учет проводили постоянно в одно и то же время – с 10.00 по 12.00. Были зарегистрированы все встреченные птицы, сидящие на земле и зданиях, летающие особи.

В Республике Марий Эл (РМЭ) описано 247 видов птиц, из них гнездящихся – 181 [6]. На маршруте нами было зарегистрировано 13 видов птиц, которые относятся к 4 отрядам с преобладанием Воробьинообразных и 8 семействам с доминированием Врановых [7]. Это голубь сизый (*Columba livia* Gmelin, 1789), ворона серая (*Corvus cornix* L., 1758), галка (*Coloeus monedula* L., 1758),

грач (*Corvus frugilegus* L., 1758), ворон (*Corvus corone* L., 1758), сорока (*Pica pica* L., 1758), воробей полевой (*Passer montanus* L., 1758), в. домовый (*P. domesticus* L., 1758), трясогузка белая (*Motacilla alba* L., 1758), синица большая (*Parus major* L., 1758), ласточка городская (*Delichon urbicum* L., 1758), стриж черный (*Apus apus* L., 1758). Нетипичным обитателем прогулочной зоны города является сизая чайка (*Larus canus* L., 1758), наблюдаемая в местах кормления населением голубей. Доля видов птиц на городском маршруте составила 16% от состава орнитокомплекса ООПТ «Сосновая роща» г. Йошкар-Олы [8].

Летом орнитокомплекс изученной территории урбоэкосистемы более разнообразен, чем в зимний период года ($P < 0,001$). Во все сезоны доминировали особи *C. livia*, средняя плотность этого вида составила за год 846,93 особи на км² [9]. Преобладание сизого голубя на бульварах связано с наличием мест гнездования – чердаки домов, круглогодичной подкормкой птиц людьми, близлежащим расположением мусорных баков [10]. Второстепенными видами являются воробьи и галки, остальные виды – малозначимыми.

Большинство птиц изученного местообитания относятся к группе птиц открытых пространств (61%), дуплогнездных (46%) и оседлых (46%). Из числа зарегистрированных в рекреационной зоне города видов гнездятся здесь 10, что составляет 5,52% от гнездящихся в РМЭ и 76,92% от обнаруженных видов. В городе птицы строят гнезда под крышами домов (черный стриж, городская ласточка, голубь сизый, воробьи), на деревьях (грач, ворона серая, воробьи), на чердаках, карнизах (галки). Такие птицы, как чайка озерная, ворон и сорока прилетают в город только покормиться, гнездиться улетают на опушку леса (сорока), в лесопарковую зону (ворон), на озера или болота (чайка озерная).

По степени приспособленности птиц к городу изученные виды птиц относятся к урбофилам (46%), синантропам (39%), урбафобам (15%).

Трофическая структура изученного орнитокомплекса включает всеядных птиц (54%), растительноядных (23%) и насекомоядных (23%). По сезонам года доля участия птиц в данных группах изменяется ($P < 0,05$).

Таким образом, население птиц на территории центральной части урбоэкосистемы составило 13 видов с доминированием сизого голубя. Остальные виды вносят незначительную долю участия в плотность населения птиц. Наблюдаемое небольшое видовое разнообразие птиц в центре Йошкар-Олы может объясняться ограниченным количеством мест для гнездования, шумовым загрязнением. Однако птицы и в таких условиях находят места для гнездования. Орнитокомплекс изученного местообитания представлен такими преобладающими группами, как птицы открытых пространств, дуплогнездные, оседлые, урбофилы и всеядные. Доля встреченных видов птиц на исследуемой территории, в том числе гнездящихся, незначительна от орнитокомплекса республики.

Библиографический список

1. Божко С. И. К характеристике процесса урбанизации птиц // Вестник Ленингр. ун-та. 1971. Вып. 2, № 9. С. 5–14.
2. Птицы городов России / под ред. В. М. Храброго. М. : КМК, 2012. 514 с.

3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Марий Эл в 2018 году : доклад. Йошкар-Ола : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Респ. Марий Эл, 2019. 227 с.
4. Равкин Ю. С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.
5. Романов В. В., Мальцев И. В. Методы исследований экологии наземных позвоночных животных: количественные учеты : учеб. пособие. Владимир : изд-во Владимир. гос. ун-та, 2005. 79 с.
6. Иванов Н. В. Позвоночные животные Марийской АССР. Очерки о животных Марийской АССР. Йошкар-Ола : Мар. кн. изд-во, 1983. 147 с.
7. Елпаева О. Н., Турмухаметова Н. В. Орнитофауна одной из центральных улиц города Йошкар-Олы // Современные проблемы медицины и естественных наук : сб. статей Межд. науч. конф. Вып. 8, Йошкар-Ола, 15–19 апреля 2019 г. / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2019. С. 124–125.
8. Корнев В. А. Птицы лесопарка «Сосновая роща» г. Йошкар-Олы // Экология города Йошкар-Олы: научное издание / Мар. гос. ун-т; отв. ред. О. Л. Воскресенская. Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2007. С. 216–229.
9. Турмухаметова Н. В., Ильина М. Б. Суточная и сезонная динамика численности сизого голубя в условиях Йошкар-Олы // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. (г. Киров, 5 декабря 2019 г.). Киров : ВятГУ, 2019. С. 373–375.
10. Ильина М. Б., Турмухаметова Н. В. Некоторые особенности экологии сизого голубя в условиях г. Йошкар-Олы // Современные проблемы медицины и естественных наук : сб. статей Межд. науч. конф. Вып. 8, Йошкар-Ола, 15–19 апреля 2019 г. / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2019. С. 141–142.

НАСЕЛЕНИЕ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) СРЕДНЕТАЕЖНОГО УЧАСТКА «ТУЛАШОР» ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

Л. Г. Целищева, С. В. Бакка
Государственный природный заповедник «Нургуш»,
nurgush-nauka@yandex.ru

В статье представлены результаты исследований жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) на участке «Тулашор» заповедника «Нургуш», где установлено обитание 49 видов. Дана краткая характеристика фауны и населения жуужелиц лесных и лугового биоценозов подзоны средней тайги в Кировской области.

Ключевые слова: заповедник «Нургуш», участок «Тулашор», средняя тайга, жуужелицы, Coleoptera, Carabidae.

Жуужелицы – одно из самых значительных семейств среди жесткокрылых как по числу видов, так и по их роли в естественных сообществах. Они играют существенную роль в биогеоценозах как энтомофаги, регулирующие численность беспозвоночных животных. В фауне России их отмечено 1968 видов [1], в Кировской области – 274 [2].

Государственный природный заповедник «Нургуш» в настоящее время включает два кластерных участка, удаленных друг от друга на расстояние

370 км: «Нургуш», который расположен в центральной части области в подзоне южной тайги, и «Тулашор», находящийся в подзоне средней тайги на границе с Республикой Коми. На участке «Нургуш» в фауне жужелиц насчитывается 140 видов, что свидетельствует о достаточно высокой изученности семейства [3]. Сведения о фауне и населении жужелиц северного участка «Тулашор», расположенного в Нагорском районе Кировской области, публикуются впервые. В целом карабидофауна подзоны средней тайги менее изучена по сравнению с южной и северной тайгой, на европейском Северо-Востоке в ней отмечено 168 видов жужелиц [4]. Значительное влияние на формирование фауны и населения жужелиц данной подзоны оказывают продолжительный период с отрицательными температурами, избыточное увлажнение, преобладание хвойных и хвойно-мелколиственных лесов на подзолистых почвах [5].

Основным материалом для данной статьи послужили сборы, выполненные С. В. Бакка с помощью ловушек Барбера с 10 мая по 28 июля 2016 г. В качестве почвенных ловушек использовались пластиковые стаканы объемом 250 мл. Было заложено 4 линии по 50 ловушек, установленных через 5 м (табл. 1), выборка беспозвоночных проводилась два раза (в середине и конце периода исследований). Отработано 15150 ловушко-суток, собрано 1553 экземпляра жужелиц. Определение видов выполнено Л. Г. Целищевой по руководствам [6, 7]. Систематический порядок и видовые названия в приводимом ниже списке даны по О. Л. Крыжановскому и др. [8]. Численность жужелиц характеризовалась по уловистости, выраженной в числе экземпляров на 10 ловушко-суток (экз./10 л. с.), и числу экземпляров (экз.) в сборах. Оценка роли видов в сообществе осуществлена с использованием пятибалльной шкалы [9]. Виды, имеющие балл обилия 4 и 5, рассматривались как доминантные, 3 – обычные.

В результате исследований методом почвенных ловушек на 4 линиях было выявлено 39 видов жужелиц, относящихся к 18 родам. Из них на территории охранной зоны встречено 35 видов, в заповеднике – 20 (табл. 2).

Таблица 1

Характеристика расположения временных ловчих линий для учета почвенных беспозвоночных на участке «Тулашор» в 2016 г.

№ линии	Территория	Квартал	Местообитание	Координаты начала линии	Координаты окончания линии
1	Охранная зона	49	Закустаренный луг на территории б. п. Тулашор, (коренной берег р. Федоровки)	50.01861155 в.д., 59.62241641 с.ш.	50.01908932 в.д., 59.62033644 с.ш.
2	Заповедник	33	Высоковозрастная пихтово-еловая тайга с осинной в ур. Пожмашор, (пойма р. Федоровки, склон левого коренного берега и первая надпойменная терраса)	50.07675589 в.д., 59.65451332 с.ш.	50.07908992 в.д., 59.65317096 с.ш.
3	Охранная зона	40	Сосново-березовые молодняки с елью (30–35 лет) в ур. Пожмашор	50.08779335 в.д., 59.65192582 с.ш.	50.08595620 в.д., 59.65043091 с.ш.
4	Заповедник	34	Высоковозрастная тайга в ур. Галанин лог (сосново-еловый черничный лес)	50.09571592 в.д., 59.6601328 с.ш.	50.09576404 в.д., 59.6583736 с.ш.

Таблица 2

Видовой состав, число собранных экземпляров жужелиц и их доля в сборах на участке «Тулашор» заповедника «Нургуш» в 2016 г. (по материалам почвенных ловушек)

№ п/п	Видовой состав	Линии ловушек* (число экз./балл обилия**)				Итого на участке «Тулашор»	
		Охранная зона		Заповедник			
		№ 1	№ 3	№ 2	№ 4	Число экз.	%
		3900 л. с.	3900 л. с.	3850 л. с.	3500 л. с.		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–	–	1	0,06
2	<i>Notiophilus palustris</i> (Duftschmid, 1812)	2	–	–	–	2	0,13
3	<i>Notiophilus germinyi</i> Fauvel, 1863	4	–	2	–	6	0,39
4	<i>Carabus glabratus</i> Paykull, 1790	4	35/4	21/3	17/3	77	4,96
5	<i>Carabus schoenherri</i> Fischer von Waldheim, 1823	19/3	–	–	3	22	1,42
6	<i>Cychrus caraboides</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	–	4	6	0,39
7	<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus, 1758).	2	–	–	–	2	0,13
8	<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	–	–	1	–	1	0,06
9	<i>Blemus discus</i> (Fabricius, 1792).	1	–	–	–	1	0,06
10	<i>Trechus secalis</i> Paykull, 1790	30/3	14/3	116/4	30/3	190	12,2
11	<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	1	–	–	–	1	0,06

1	2	3	4	5	6	7	8
12	<i>Bembidion mannerheimi</i> (C.R. Sahlberg, 1834)	7	–	–	–	7	0,45
13	<i>Patrobus assimilis</i> Chaudoir, 1844	–	–	12	5	17	1,09
14	<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	5	–	–	–	5	0,32
15	<i>Poecilus versicolor</i> Sturm, 1824	25/3	–	–	–	25	1,61
16	<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	12/3	45/4	21/3	7	85	5,47
17	<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer, 1796)	2	–	–	–	2	0,13
18	<i>Pterostichus minor</i> (Gyllenhal, 1827)	8	–	–	–	8	0,52
19	<i>Pterostichus nigrita</i> (Paykull, 1790)	1	1	10	9	21	1,35
20	<i>Pterostichus diligens</i> (Sturm, 1824)	5	–	–	–	5	0,32
21	<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer, 1797)	58/4	3	10	3	74	4,76
22	<i>Pterostichus aethiops</i> (Panzer, 1797)	8	–	–	–	8	0,52
23	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)	21/3	102/5	168/5	307/5	598	38,5
24	<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	40/4	7	8	1	56	3,61
25	<i>Calathus micropterus</i> (Duftschmid, 1812).	4	9	51/4	101/4	165	10,6
26	<i>Agonum fuliginosum</i> (Panzer, 1809)	–	10/3	22/3	21/3	53	3,41
27	<i>Agonum micans</i> Nicolai, 1822	–	–	2	–	2	0,13
28	<i>Platynus assimilis</i> (Paykull, 1790)	–	2	20/3	4	26	1,67
29	<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	35/4	–	–	–	35	2,25
30	<i>Amara communis</i> (Panzer, 1797)	13/3	–	–	–	13	0,84
31	<i>Amara littorea</i> (Thomson, 1857)	18/3	–	–	–	18	1,16
32	<i>Amara nitida</i> Sturm, 1825	2	–	–	–	2	0,13
33	<i>Amara similata</i> (Gyllenhal, 1810)	2	–	–	–	2	0,13
34	<i>Amara brunnea</i> (Gyllenhal, 1810)	–	–	3	–	3	0,19
35	<i>Harpalus laevipes</i> Zetterstedt, 1838	3	–	1	–	4	0,26
36	<i>Panagaeus cruxmajor</i> (Linnaeus, 1758)	2	–	–	–	2	0,13
37	<i>Badister lacertosus</i> Sturm, 1815	3	–	1	–	4	0,26
38	<i>Badister meridionalis</i> Puel, 1925	1	1	1	–	3	0,19
39	<i>Badister sodalis</i> (Duftschmid, 1812)	1	–	–	–	1	0,06
	Итого, экземпляров	341	230	470	512	1553	100
	Уловистость (экз./10 л.с.)	0,87	0,59	1,22	1,46		
	Итого видов на линии	33	12	18	13		
	Итого видов	35		20		39	

Примечание: * – характеристика ловчих линий дана в таблице 1.
** – балл обилия указан по [9] для доминантных (4 и 5) и обычных видов (3).

В целом среднетаежные леса характеризуются невысоким видовым богатством жуужелиц (12–18 видов), в то время как в пойменных лесах южнотаежного участка «Нургуш» их встречается 42–50 [3]. На закустаренном лугу бывшего поселка Тулашор по сравнению с лесами отмечено большее число видов (33), что немного ниже данных показателей по лугам южного участка (39–46 видов) [3].

В изученных сообществах более высокая численность отмечена в лесах высоковозрастной тайги заповедника (1,22 и 1,46 экз./10 л.с.). В сосново-березовых молодняках с елью охранной зоны она была ниже более чем в два

раза (0,59 экз./10 л. с.), на закустаренном лугу уловистость составила 0,87 экз./10 л. с. Значения численности в биоценозах средней тайги невысоки. Для сравнения на участке «Нургуш» уловистость в десять раз больше: в пойменных лесах заповедника в среднем за сезон составляет 13 экз./10 л. с., а в березово-сосновом лесу охранной зоны – 4,6 экз./10 л. с.

В лесах участка «Тулашор» абсолютным доминантом является *Pterostichus oblongopunctatus* (балл обилия 5), в комплекс доминантных видов входят *Carabus glabratus*, *Trechus secalis*, *Pterostichus niger* и *Calathus micropterus* (балл обилия 4). К обычным относятся *Agonum fuliginosum* и *Platynus assimilis* (балл обилия 3). Единично встречаются типично таежные виды *Carabus schoenherri*, *Cychrus caraboides*, *Amara brunnea*.

На закустаренном лугу доминируют *Pterostichus melanarius*, *P. strenuus* и *Amara aenea* (балл обилия 4). Обычны *Trechus secalis*, *Poecilus versicolor*, *Amara communis*, *A. littorea* (балл обилия 3), также в их число входят лесные виды *P. oblongopunctatus*, *P. niger* и *Carabus schoenherri*. Интересно, что последний вид, встречающийся в лесах с сосной, в средней тайге обитает и на зарастающих лугах. Следует отметить, что на лугу из видов со смешанным питанием встречены представители рода *Amara*, а характерные для более южных регионов *Ophonus* и *Harpalus* отсутствовали.

В охранной зоне разными методами было установлено обитание еще 10 видов. Это представители, тяготеющие к прибрежным сообществам р. Федоровки (*Cicindela hybrida* Linnaeus, 1758, *Cicindela maritima* Dejean, 1822, *Elaphrus cupreus* Duftschmid, 1812, *Trechus rubens* (Fabricius, 1792), *Bembidion obliquum* Sturm, 1825), лугам (*Cicindela campestris* Linnaeus, 1758, *Patrobus atrorufus* (Ström, 1768), *Poecilus lepidus* (Leske, 1785), *Amara famelica* (Zimmermann, 1832)) и болотам (*Agonum sexpunctatum* (Linnaeus, 1758).

В настоящее время локальная фауна участка «Тулашор», с учетом приведенных выше данных, включает 49 видов. Преобладают представители родов *Pterostichus* (9 видов) и *Amara* (7), по 3 вида включают *Cicindela*, *Notiophilus*, *Bembidion*, *Agonum*, *Badister*. Остальные роды этого семейства содержат по 1–2 вида.

Для фауны заповедника «Нургуш» в целом впервые приведены 5 видов: *Notiophilus aquaticus*, *N. germinyi*, *Trechus rubens*, *Agonum sexpunctatum*, *Amara famelica*.

Полученные данные по населению жуужелиц кластерного участка «Тулашор» подтверждают его среднетаежный характер. Такие особенности, как небольшое видовое богатство, невысокая численность, характерный состав доминантных видов (по 2-3 вида в биоценозе), преобладание в карабидокомплексах среднеразмерных жуков, уменьшение доли крупных видов (*Carabus*, *Cychrus*) и увеличение доли видов, связанных с влажными местообитаниями (*Agonum*, *Platinus*) соответствуют трендам, описанным другими авторами [4, 5, 10].

Таким образом, получены предварительные сведения по фауне и населению жуужелиц участка «Тулашор», установлено обитание 49 видов. Дальнейшее изучение насекомых данной среднетаежной территории позволит выявить ре-

альное разнообразие представителей семейства Carabidae, которое может включать более сотни видов.

Библиографический список

1. Систематический список жужелиц (Carabidae) России [Электронный ресурс]. – URL: http://www.zin.ru/animalia/Coleoptera/rus/car_rus.htm. (дата обращения 15.03.2020).
2. Целищева Л. Г. Фауна жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Кировской области и ее зоогеографический анализ // Вестник ВятГГУ: научно-методический журнал. Киров : Изд-во ВятГГУ, 2005. № 12. С. 144–154.
3. Целищева Л. Г. Динамика населения жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в пойменных сообществах (на примере заповедника «Нургуш», Кировская область) // Современные проблемы энтомологии Восточной Европы : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. Минск : Экоперспектива, 2015. С. 281–284.
4. Колесникова А. А., Долгин М. М., Конакова Т. Н. Фауна европейского северо-востока России. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae). Сыктывкар : ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2017. Т. VIII. Ч. 4. 340 с.
5. Белова Ю. Н. Фауна и структура населения почвенных беспозвоночных в лесных экосистемах Вологодской области (на примере Coleoptera, Carabidae): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.04, 03.02.08. Петрозаводск, 2012. 25 с.
6. Крыжановский О. Л. Сем. Carabidae – Жужелицы // Определитель насекомых Европейской части СССР. М.-Л. : Наука, 1965. Т. 2. С. 29–77.
7. Комаров Е. В. Жуки рода *Badister* Clairv. (Coleoptera, Carabidae) фауны СССР // Энтомолог. обозрение. 1991. LXX, 1. С. 93–108.
8. Kryzhanovskij O. L., Belousov I. A., Kabak I. I., Kataev B. M., Makarov K. B., Shilenkov V. G. A checklist of the ground-beetles of Russia and adjacent land (Insecta, Coleoptera, Carabidae). Sofia-Moscow : Pensoft Publishers, 1995. 271 p.
9. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М. : Наука, 1982. 288 с.
10. Филиппов Б. Ю. Пути адаптации и экологические закономерности освоения жужелицами (Coleoptera, Carabidae) севера Русской равнины: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16. М., 2008. 42 с.

СЕКЦИЯ 7 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭТИКА И КУЛЬТУРА В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

ЭКОРЕКЛАМА КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ

Е. В. Жерносекова, М. В. Борисюк
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

В статье рассмотрена актуальность использования экорекламы в формировании экологической культуры населения (на примере автовладельцев). Увеличивающийся спрос на экотопливо и современные автомобили в перспективе улучшит состояние природной среды.

Ключевые слова: экореклама, экологическая культура, социальная сеть, автовладельцы.

Начало XX века ознаменовалось появлением экорекламы как одного из видов рекламы. Не секрет, что сегодня реклама занимает ведущее место в мире как средство формирования определенных взглядов на разные аспекты жизнедеятельности человека: начиная от качества товара и его стоимости и заканчивая информированием населения о перспективных путях и способах сохранения качества его жизни [1].

Общеизвестно, что основные данные об экологической обстановке в мире и регионе человек получает из средств массовой информации. Это газеты, журналы, радио и телевидение. Появляются также экологические издания, странички или постоянные рубрики сети Интернет.

В настоящее время ведущие средства массовой информации не создают постоянных экологических рубрик, но при этом экологические проблемы все быстрее вторгаются в жизнь человека и давно беспокоят не только специалистов - экологов.

Проведенный нами анализ современных статей из разных источников информации на экологическую тему свидетельствует о том, что большинство из них написаны в форме коротких заметок, отчетов или статей-справок. На газетных полосах не хватает более масштабного взгляда на проблемы. Журналисты ограничиваются лишь сообщением о факте, явлении, событии и иногда их комментированием. Такой подход существенно снижает эффективность восприятия материалов населением. Художественно-публицистические экоматериалы встречаются крайне редко, однако именно они способны активно воздействовать на чувства читателей.

Главной проблемой современных средств массовой информации также является тенденция писать об экологической проблеме как о единичном событии. Связь между отдельными явлениями и глобальными процессами не прослеживается. Именно поэтому многие публикации выглядят дежурными [3].

Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод о том, что печатные издания отводят проблемам экологии недостаточно внимания, потенциал влияния экоматериалов на общественное мнение еще во многом не реализован, в подаче экологической информации не хватает системности и стилистической образности.

В современных условиях экологическое сознание населения необходимо формировать целенаправленно посредством различных инструментов. И эко-реклама, на наш взгляд, может занять в этом процессе ведущее место. Обусловлено это тем, что в последние десятилетия существенное воздействие на общественное сознание оказывает реклама. Одним из инструментов формирования экологической культуры и сознания считается экологическая реклама и ее внедрение в социальные сети. Этот вид рекламы имеет ряд особенностей: он требует меньших затрат по сравнению с традиционными видами рекламы, быстрее реагирует на изменения внешней среды, рекомендации носят более личностный характер, вызывают большее доверие, при правильном размещении рекламы мгновенно включается «сарафанное радио» [2].

Реклама в социальных сетях создает представление и формирует мнение об окружающих реалиях. Чтобы реклама была результативной необходимо донести ее до целевой аудитории. Рассмотрим один из примеров продвижения эко-рекламы в социальных сетях.

Для формирования экологических предпочтений и экологической ответственности у владельцев легкового транспорта с помощью экологической рекламы в социальных сетях важно выяснить: «Какие социальные сети и порталы предпочитают автовладельцы?».

В декабре 2019г. аналитическое агентство «Автостарт» проводило опрос среди владельцев автомобилей с целью определить, какими социальными сетями или порталами пользуются автолюбители.

Участниками опроса были владельцы автомобилей самых продаваемых брендов в рейтинге продаж. Число участников опроса составило около 2000 человек. Респондентам предлагалось отметить социальные сети, возможно несколько, которыми они пользуются. В результате исследования выяснилось, что все участники опроса (автовладельцы) являются активным пользователем примерно трех социальных сетей (табл.).

Таким образом, наибольшую аудиторию соберет реклама, размещенная в социальных сетях ВКонтакте, Одноклассники, Facebook, на видео-портале YouTube. Большая часть молодых автолюбителей обратит внимание на рекламу, размещенную в проекте Instagram.

Интересно отметить тот факт, что экотопливо и присадки к нему, «продвигаемые в жизнь» эко-рекламой в социальных сетях, постепенно осваивают автомобильный рынок не только как способствующие уменьшению расхода топлива, но и как снижающие выбросы вредных веществ в биосферу.

Результаты опроса автолюбителей (согласно данным [4])

Социальная сеть, портал	% пользователей
ВКонтакте	72,2
YouTube	48,7
Одноклассники	42,1
Facebook	40,0
Instagram	24,5
Google	26,5
Мой мир	13,6
Twitter	16,2
Drive2.ru	13,8
Другое	2,2

Экологическая реклама также способствует повышению спроса на автомобили с различными типами двигателей, малолитражные автомобили, автомобили, в которых минимизировано потребление традиционных видов топлива при сохранении мощности и других потребительских качеств.

Социальные сети способствуют реализации не только прагматической, но и информационной и экспрессивной функциям экорекламы. Так, у автомобилистов, получающих информацию о новинках экологической направленности, использование которых будет способствовать улучшению эксплуатационных характеристик автомобиля, продолжительности его использования, формируется не только положительный имидж владельца автомобиля, но и основы экологического сознания и культуры.

Экореклама, пропагандирующая ответственное отношение к обеспечению должного технического состояния автомобиля, способствует долговечности, безопасности эксплуатации автомобиля и улучшению его экологических характеристик у автопроизводителей.

Эффективное использование экологической рекламы в социальных сетях может стать одним из инструментов формирования у автолюбителей экологических предпочтений при покупке и эксплуатации автомобиля и, в конечном итоге, способствовать сохранению и улучшению состояния природной среды, более рациональному использованию дефицитных топливных ресурсов.

Описанный нами пример использования экорекламы, как инструмента формирования экологической культуры владельцев автомобилей, с успехом может быть реализован и в других сферах жизнедеятельности современного общества.

Библиографический список

1. Ахмадулин Е. В., Овсепян Р. П. История журналистики XX века. Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2008. 416 с.
2. Коханова Л. А. Экологическая журналистика, PR и реклама. М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2007. 384 с.
3. Некрасова М. А. Социальные механизмы обеспечения экологической безопасности // Ежегодный научный журнал «Экологический ежегодник». 2014. № 7. С. 33–41.

4. Сайт аналитического агентства «Автостарт» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.autostart.ru> (дата обращения: 25.01.20).

ФИТОИНДИКАЦИОННАЯ ЭКСКУРСИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ДОНБАССЕ

М. В. Абуснайна

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

Рассмотрены примеры организации научно-исследовательской работы студентов и школьников с использованием данных о фитоиндикаторах и экологическом мониторинге с помощью растений в Донецком экономическом регионе.

Ключевые слова: экологическое образование, фитоиндикация, Донбасс.

Регионы повышенного эколого-экономического развития своим стратегическим принципом существования обязывают ученых всех форм занятости на этих территориях решать вопросы и (или) проблемы, связанные с необходимостью проведения мероприятий по гармонизации природы и общества, то есть потребностей антропогенеза и возможностей натурализации в регионах. Фитоиндикационный мониторинг (как часть экологических технологий в Донбассе) является одним из приоритетных научных направлений [1]. В неразрывной связи друг с другом развиваются наука и образование, таким образом, обеспечивая преемственность научных разработок в поддержании традиций и модификации существующих научных школ в исследовательских и воспитательных центрах [2, 3]. Накопленные результаты апробированной многоцелевой фитоиндикации [4, 5] позволяют внедрять доступные для обучения темы и направления в образовательный процесс [6, 7], что также полезно для муниципалитетов [8], профориентационной работы [9] на основании известных традиций российских научных школ [10] как части реализуемой экспертизы на объектах промышленной собственности Донбасса [5, 11].

Цель работы – в соответствии с актуальной информацией о состоянии природных и техногенных экотопов Донбасса рассмотреть возможность организации научно-исследовательской работы (способом экскурсии) студентов и школьников с использованием современных методов фитоиндикации и экологического мониторинга с помощью растений.

Основными задачами являются: проанализировать действенные подходы и очертить тематический круг вопросов для работы научного семинара, факультатива или консультаций в образовательных учреждениях и организациях.

Для реализации поставленной цели была составлена рабочая матрица компетенций, которые получают школьники старшего звена или студенты, приступающие к обучению на кафедре ботаники и экологии, а также предположительно рассчитаны контрольные (измерительные) мероприятия по закреплению

лению знаний и оцениванию степени усвоения полученного навыка работы в аспекте научно-исследовательской работы по заданным направлениям. Если предположить, что курс обучения общей фитоиндикационной составляющей экологического мониторинга осваивается один семестр, то матрица компетенций выглядит так, как показано в таблице.

Таблица

Распределение компетенций (К 1-6) фитоиндикационных знаний и умений по темам проведения научно-консультативного семинара

№	Тема	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5	К-6
1	Фитоиндикаторы микроклиматических процессов (динамика погоды)	3	8	2	6	7	5
2	Фитоиндикация экологических режимов и факторов (процессуальная и факториальная)	10	5	7	6	11	10
3	Аутэкологическая фитоиндикация (на примере 3-5 видов сорно-рудеральной фракции урбанofлоры)	5	11	8	3	6	7
4	Синэкологическая фитоиндикация (фитоиндикация сообществ и сообществами, ассоциативные группы)	6	6	8	9	2	3
5	Индикационная ботаника хозяйственно полезных материалов растительного происхождения	10	11	9	11	6	8
6	Создание шкал фитоиндикационного назначения, картографическая визуализация данных на местности	3	2	6	2	8	5
7	Технология ординационного метода в экологической ботанике	7	7	7	11	9	6
8	Дендроиндикация, экология древесных растений, индексы состояния декоративности	2	9	10	10	2	2
9	Индикационная фитоквантификация техногенных территорий	3	5	7	5	7	3
10	Фитоиндикация на территориях особо охраняемых объектов	2	9	2	2	10	8

К-1 – первичное освоение нового материала, готовность и способность усваивать принципы и задачи технологического процесса фитоиндикации;

К-2 – практическое выполнение (повтор, репродукция) технологического процесса по выявлению первичной документированной информации;

К-3 – умение статистически обработать полученную информацию, установить параметры достоверности и корреляции между признаками индикаторов и свойствами среды;

К-4 – умение визуализировать и оформить полученные данные в отчетной документации (бланк эксперта);

К-5 – умение объяснить ситуацию состояния экотопа, т.е. установить причинно-следственные связи между индикатором и индикатом, сделать самостоятельно выводы;

К-6 – умение создавать технологию по имеющимся навыкам на других объектах природной или техногенной среды.

Данная тема основывается на результатах научно-исследовательских работ в образовательных учреждениях и организациях Донецкой Народной Республики. При этом целевые использования тематического семинара научно-консультативного характера позволяют не только освоить определенные навыки, но и решить (хотя бы на информационном уровне) некоторые экологические проблемы (вопросы):

- воздух, которым мы дышим: определение уровня загрязнения или показателей токсичности, ранжирование этих параметров на территории;

- вода в реке, на которой мы живем: путем изучения гидробионтов и получения актуальной информации о состоянии водоема, полученные данные картографируются, рассчитываются индексы сапробности и показатели загрязненности водоема, составляется альгоиндикационный список;

- качество почвенного горизонта: степень задерненности и показатели проективного покрытия, фиторазнообразие, моделирование фитоценоза и определение плодородия, механического состава в биотопе по спектрам фитоиндикационных характеристик,

- геостратегическое моделирование на территориях интенсивного промышленного воздействия и других вариантов хозяйствования в регионе, например, развития агротехнических систем, селекционных работ, оптимизации окружающей среды;

- технологии озеленения города, микрорайона, пришкольного участка с индикаторами разного целевого назначения и хозяйственного использования, например, лекарственные растения, фенологические наблюдения, экскурсионная деятельность и т.д.;

- работа экологических журналистов и маркетологов по освещению основных процессов в природе и описанию их, используя научный подход и экстраполяцию на социальные явления (если такие выявлены);

- свалки бытового мусора и места промышленных полигонов: способы оценки среды, фитотестирования проб почвы и других природных сред, оценка состояния растений-индикаторов в анализируемых условиях.

Каждая из представленных разработок является элементом общественного экологического контроля. Полученные данные (фото, видео, аудиоматериалы, схемы, чертежи, результаты проведенных замеров, экспериментов, информативных индексов и их индикационное значение) являются основанием для обращения в органы местного самоуправления и устранения нежелательных эффектов на тех территориях, где существует проблема экологического содержания.

Следовательно, фитоиндикация, являясь научно-прикладным направлением развития экологии растений на региональном уровне, рассматривается как информационный, методический и нравственно-аналитический ресурс, используемый с целью получения научных данных и обучения этому процессу. Научный подход в таком случае формирует воспитательные компетенции и оправдывает процесс обучения в категории знаний о естественной картине мира, по-

нимании причинно-следственных функциональных связей в антропогенно трансформированной среде. Описанные технологии апробированы в образовательных учреждениях и организациях Донецка, Макеевки, Енакиево, Горловки, Кировское, Харцызска, Дебальцево, Шахтерска и Снежного.

Технологии фитоиндикации рассматриваются также как эффективный механизм реализации профориентационной работы на биологическом факультете Донецкого национального университета.

Библиографический список

1. Глухов А. З., Сафонов А. И. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // Промышленная ботаника. 2002. Т. 2. С. 7–14.
2. Сафонов А. И. Образовательные технологии подготовки биологов специализации по садово-парковому дизайну в Донецком национальном университете // Проблемы и перспективы развития современной ландшафтной архитектуры : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Симферополь : Изд-во КФУ, 2017. С. 73–75.
3. Сафонов А. И. Преемственность экологического образования в системе «школа – университет – предприятие» // Экологическая ситуация в Донбассе. Т. 1. М. : Изд-во МНЭ-ПУ, 2016. С. 151–154.
4. Сафонов А. И. Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразии растительного мира. 2019. № 1 (1). С. 4–16.
5. Сафонов А. И. Инвентаризация промышленных объектов Донбасса по фитоиндикационным критериям // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2019. № 1. С. 121–128.
6. 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.-практ. конф. / под общей ред. С. В. Беспаловой. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018. С. 274–275.
7. Сафонов А. И. Специфика подготовки учебно-методической продукции ботанико-экологического содержания для научной библиотеки ДонНУ // Донецкие чтения 2019: Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. (Донецк, 31 октября 2019 г.). Т. 6. Ч. 2. Педагогические науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019. С. 294–297.
8. Сафонов А. И. Индикаторная роль растений в системе управления городом в промышленном регионе // Экологическая ситуация в Донбассе. М. : Изд-во МНЭПУ, 2016. Т. 1. С. 288–293.
9. 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, 16–18 мая 2016 г.). Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 196–197.
10. Сафонов А. И. Роль российских научных школ в формировании образовательно-информационного поля студентов биологического факультета ДонНУ // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : материалы Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых (Донецк, 17–20 октября 2017 г.). Т. 2. Химико-биологические науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2017. С. 14–16.
11. Сафонов А. И. Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 35–43.

РАЗРАБОТКА УРОКА НА ТЕМУ «УТИЛИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ 2 ГРУППЫ»

*Л. С. Кокоулина, Е. В. Береснева
Вятский государственный университет,
mk320123@gmail.com, evberesneva@mail.ru*

В статье представлена методическая разработка урока по утилизации медицинских препаратов, которая может быть использована для повышения качества химического и экологического образования обучающихся разных учебных заведений.

Ключевые слова: утилизация медицинских отходов, экологическая безопасность, лекарственные средства с истекшим сроком годности, соединения элементов 2 группы.

Неотъемлемой частью жизни большинства людей стали разнообразные лекарственные средства (ЛС), которые с каждым годом заполняют российский фармацевтический рынок. В инструкции или на упаковке ЛС можно найти информацию о фармакологических свойствах, способе применения, рекомендации по хранению, срок годности и т. д. Но об утилизации лекарственных препаратов (ЛП) с истекшим сроком годности не указано. Тем не менее, этот вопрос также важен, как и условия хранения. Большинство людей избавляются от просроченных лекарств, выкидывая их, чаще всего, в мусорное ведро.

В настоящее время прослеживается тенденция к интенсивному росту количества медицинских отходов. Последние 10–15 лет количество медицинских отходов возрастает на 3–4% ежегодно [1].

Переработка медицинских отходов является одним из важнейших направлений природоохранной деятельности во всех развитых странах мира.

К сожалению, наибольшая часть медицинского мусора разных классов опасности собирается на полигонах твердых коммунальных отходов (ТКО). Лекарственные препараты, являющиеся неопасными, вносят свой вклад в рост мусорных свалок по всему миру, но ведь они также содержат действующее вещество (даже такие, на первый взгляд безопасные препараты кальция и магния), которое может быть активным и после истечения срока годности в течение многих лет. Это также сказывается на экологии отдельных зон нашей планеты и представляет опасность для здоровья человека [2]. Актуальность вопроса обезвреживания и утилизации медицинских отходов в настоящее время невозможно переоценить. Мир с каждым годом превращается в подобие глобальной свалки, где свое законное место обретают и медицинские отходы.

Именно эту информацию необходимо донести до населения, начиная с разработок и проведения уроков для школьников по утилизации медицинских отходов.

Нами был разработан проект урока усвоения новых знаний и умений (для 9 класса) на тему «Утилизация медицинских отходов, содержащих соединения элементов 2 группы».

Дидактическая цель урока: способствовать достижению планируемых результатов в процессе осознания новой информации, ее закрепления и применения на уровне способов действия при решении ситуационных задач и выдвижения предположений по утилизации медицинских отходов, содержащих металлы второй группы.

Задачи образовательные: сформировать понятийный аппарат об утилизации ЛС с истекшим сроком годности; познакомить обучающихся с такой экологической проблемой, как утилизация медицинских отходов.

Задачи развивающие: способствовать развитию познавательного интереса обучающихся через интеграцию естественных и гуманитарных наук (химия, экология, обществознание); расширить кругозор учащихся; развивать коммуникативную компетентность учащихся; формировать умения устанавливать причинно-следственные связи, делать выводы и обобщения.

Задачи воспитательные: способствовать воспитанию бережного отношения к природным богатствам Земли; воспитывать ответственное отношение к своему здоровью и здоровью окружающих людей; сформировать идею об обусловленности развития науки потребностями жизни и быта.

На уроке использовались следующие методы: эвристическая беседа с применением натуральной и изобразительной (слайд-презентация) наглядности, объяснение, рассказ, решение ситуационных задач. Данные методы позволят учителю наглядно преподнести новую информацию, а ученикам качественно осознать ее и сделать лично значимой. Чередование и смена методов и методических приемов обеспечат создание ситуаций занимательности, поддержание работоспособности и активности обучающихся в течение всего урока.

Урок начинается с организационного момента (доведение до учащихся темы и цели урока, их мотивация на предстоящую деятельность), после чего с учениками вспоминают, какие элементы входят во вторую группу, какие из них самые распространенные, где применяются соединения этих элементов.

Изучение нового материала проводится по следующему плану.

1. Применение соединений элементов 2 группы в медицине. Используя натуральную наглядность (ЛП, содержащие в своем составе соединения элементов 2 группы), необходимо обсудить, что можно найти в инструкции или на упаковке медикамента, указан ли способ утилизации ЛП с истекшим сроком годности.

2. Утилизация ЛС в домашних условиях. Учащимся задается вопрос, как они или их родственники избавляются от ненужных ЛС. Учитель выписывает предлагаемые варианты на меловой доске (возможные варианты: мусорное ведро, бытовая канализация, сжигание на дачном участке и др.).

3. Мифы, связанные с утилизацией ЛС. Ситуационная задача: учащиеся делятся на группы; выдаются распечатки с таблицей (табл.); предлагается самостоятельно развеять мифы о домашней утилизации. Ученики предлагают советы по домашней утилизации, идет их обсуждение.

Советы по домашней утилизации

Способ утилизации	Достоинства	Недостатки

4. Отходы производства фармацевтической отрасли.

Учитель рассказывает о том, что в лечебных учреждениях и на предприятиях фармацевтической сферы медикаменты утилизируются вместе с другими отходами, в соответствии с действующими законодательными нормами. В качестве примеров приводятся документы об утилизации лекарств с истекшим сроком годности, недоброкачественных и фальсифицированных ЛС: СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами»; Постановление Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. N 674 «Об утверждении Правил уничтожения недоброкачественных лекарственных средств, фальсифицированных лекарственных средств и контрафактных лекарственных средств»; Федеральный закон от 25 ноября 1994 г. N 49-ФЗ «О ратификации Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением».

Данные документы устанавливают требования к обращению (сбору, временному хранению, обеззараживанию, обезвреживанию, транспортированию) с отходами, образующимися в организациях при осуществлении медицинской, фармацевтической деятельности, выполнении лечебно-диагностических и оздоровительных процедур [3].

5. Виды медицинских отходов. Учитель приводит две классификации.

1) В зависимости от степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания медицинские отходы подразделяются на пять классов опасности – от класса «А» до «Д» (СанПиН 2.1.7.2790-10) [4].

Препараты магния и кальция относятся к классу А (эпидемиологически безопасные отходы, приближенные по составу к твердым бытовым отходам). Сульфат бария (для рентгеноскопии) по степени воздействия на организм относится к веществам 4-го класса опасности, поэтому попадает в класс Г (токсикологически опасные отходы 1 – 4 классов опасности).

2) Базельской конвенцией 1992 года (Приложение I «Категории веществ, подлежащих регулированию») были выделены следующие группы отходов: от класса Y₁ до Y₄ (N 49-ФЗ от 25 ноября 1994 г.).

ЛС, содержащие соединения элементов 2 группы, могут относиться к классам: Y₁ – медицинские отходы, полученные в результате врачебного ухода за пациентами в больницах, поликлиниках и клиниках; Y₂ – отходы производства и переработки фармацевтической продукции; Y₃ – ненужные фармацевтические товары, лекарства и препараты [4].

6. Способы утилизации.

Следует отметить, что наибольшая часть медицинского мусора разных классов опасности собирается на полигонах твердых бытовых отходов [2]. Препараты кальция, магния не являются опасными, они вносят свой вклад в рост

мусорных свалок по всему миру. ЛП, содержащие соединения стронция, бария и радия, являются токсичными (из препаратов бария особенно токсичен барий хлорид, поэтому в лечебной практике он применяется редко).

К основным методам обезвреживания особо опасных медицинских отходов относятся химическая дезинфекция и физические методы (стерилизация под давлением водяным паром, микроволновая обработка, стерилизация ионизирующим и инфракрасным излучением) [4].

7. Знакомство с программой «Take back» по возврату лекарственных средств, для чего она разработана, в каких странах уже введена.

В конце урока учащимся задаются вопросы, помогающие обобщить пройденный материал. Вместе делаются выводы по решению проблем утилизации (что можно ввести, о чем нужно хотя бы начать говорить населению).

Возможные варианты:

– Пункты приема в аптеках и правоохранительных органах (во многих странах уже существует, в РФ не известно).

– Пункты приема в университетах, непосредственно связанных с фармацевтическим и медицинским образованием (для научных проектов студентов).

– В инструкции к препарату должно быть написано, куда должны быть отправлены ЛС по истечению срока годности.

Для продолжения работы над данной проблемой во внеурочное время ученикам задается домашнее задание – разработать социальный проект на тему об утилизации бытовых отходов, содержащих соединения элементов 2 группы (разделиться на группы): составить презентацию «Мы приведем в порядок свою планету» или «Зеленый патруль» (приборка школьной территории).

Разработка представленного урока может быть использована учителями химии и биологии общеобразовательных школ, а также преподавателями естественнонаучных дисциплин других образовательных организаций с целью внедрения в учебный процесс для повышения знаний обучающихся в области охраны окружающей среды и здоровья человека, а также воспитания их экологической культуры. Предложенные материалы могут быть использованы самими обучающимися для повышения своего образовательного уровня при самостоятельном дополнительном изучении химии в 9-м классе.

Библиографический список

1. Храпунова И. А. Эпидемиологическая опасность медицинских отходов // СанЭпидеМКонтроль. 2014. № 1. С. 45–48.

2. Гетьман М. А., Наркевич И. А. Анализ рисков, связанных с неконтролируемым присутствием остатков лекарственных средств в окружающей среде // Ремедиум. 2013. № 4. С. 40–43.

3. Клунко Н. С. Управление отходами фармацевтического производства в контексте проблем рационального природопользования // Экономическая наука и практика : материалы Междунар. науч. конф. (г. Чита, февраль 2012 г.). Чита : Изд-во Молодой ученый, 2012. С. 32–37.

4. ИТС 15-2016 Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200143229> (дата обращения: 10.11.2019).

РАЗРАБОТКА ВНЕУРОЧНОГО МЕРОПРИЯТИЯ НА ТЕМУ «УТИЛИЗАЦИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ, СОДЕРЖАЩИХ В СВОЕМ СОСТАВЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГАЛОГЕНЫ»

С. Э. Большакова, Е. В. Береснева
Вятский государственный университет,
bs563368@gmail.com, evberesneva@mail.ru

В статье предложена разработка занятия для учащихся старших классов на тему «Утилизация лекарственных препаратов, содержащих в своем составе элементы галогены», которая может быть использована преподавателями естественнонаучных дисциплин различных образовательных организаций с целью внедрения в учебный процесс знаний в области утилизации медицинских отходов, а также воспитания их экологической культуры.

Ключевые слова: лекарственные препараты, медицинские отходы, утилизация, галогенсодержащие лекарственные препараты.

Вопрос утилизации отходов всегда был достаточно актуальным, однако в наше время он, без преувеличения, стал для многих городов острым. Согласно статистическим данным, утилизируется всего лишь порядка тридцати процентов отходов. Остальные две трети существенным образом загрязняют нашу атмосферу и окружающую среду. Чем дольше человечество живет рядом с различным мусором, тем меньше шансов у будущих поколений родиться и жить здоровыми. Поэтому каждый гражданин России к вопросу утилизации должен подходить с полной ответственностью и серьезностью.

Утилизация галогенсодержащих фармацевтических отходов и препаратов в окружающую среду недопустима, так как данные вещества являются опасными, загрязняют почву, воду и воздух, представляют угрозу для здоровья живых организмов. Опасность заключается в первую очередь в том, что данные материалы содержат активные вещества, способные создавать непредсказуемые соединения при взаимодействии между собой. Несомненно, после истечения срока годности люди зачастую выбрасывают просроченные лекарства в мусорный бак, не задумываясь о последствиях. Не каждый житель нашей страны знает, что лекарственные препараты и медикаменты относятся к категории токсичных товаров. Информацию по утилизации лекарственных препаратов с истекшим сроком годности следует доносить до населения и в первую очередь до подрастающего поколения. Информирование населения, создание пунктов сбора и коммерческих организаций, имеющих лицензию на утилизацию медицинских отходов, могут способствовать снижению количества неиспользованных лекарственных препаратов [1].

Цель нашего исследования заключается в изучении экологических аспектов утилизации медицинских отходов в лечебно-профилактических учреждениях и в домашних условиях, отражение полученных результатов в методической работе.

Данная методическая разработка предназначена для учеников старших классов и направлена на совершенствование знаний по утилизации лекарственных препаратов.

Мероприятие может проводиться в форме семинара или конференции с использованием исследовательского метода и с включением лабораторных опытов и сообщений учащихся. Основные цели занятия:

– образовательные: повторить биологическую роль галогенов, применение галогенов и их соединений; познакомить учащихся с правилами обращения с лекарственными препаратами, а именно – сбором, хранением и удалением отходов;

– воспитательные: воспитывать ответственность за утилизацию медицинских препаратов и безопасность населения, коллективизм, экологическую культуру, бытовую компетентность учащихся;

– развивающие: развивать логическое мышление, используя приемы анализа, синтеза, сравнения, выявления существенного, умения делать выводы; развивать познавательный интерес обучающихся, расширять их кругозор.

В начале занятия педагог проводит мотивацию учащихся и ставит цель – выяснить, как правильно избавляться от просроченных препаратов, чтобы не навредить себе и природе, какими законами регулируется сбор медицинских отходов, чем опасны просроченные медикаменты и как их собирают и утилизируют в других странах.

Занятие начинается с эвристической беседы для выяснения имеющихся у обучающихся знаний по данной проблеме.

1. Хранятся ли у вас дома лекарственные средства с истекшим сроком годности, оставшиеся или неиспользованные?

2. Укажите, насколько вы согласны с утверждениями, или вы не знаете ответ на данный вопрос:

– неправильно утилизируемые лекарственные средства могут загрязнять окружающую среду;

– количество лекарств, попадающих в окружающую среду, не велико, поэтому их воздействие на природу и здоровье человека незначительно;

– на практике отсутствует способ снижения присутствия лекарственных средств в окружающей среде.

3. Можем ли мы в нашей стране вернуть неиспользованные лекарственные средства в систему сбора?

4. Получали ли вы когда-нибудь информацию о том, как утилизировать лекарственные средства с истекшим сроком годности или неиспользованные лекарственные средства?

5. Если бы вы получили инструкцию о том, как правильно утилизировать неиспользованные лекарственные средства, соблюдали ли бы вы ее или нет?

После беседы учитель делает вступительное слово о том, что утилизация медицинских отходов представляет реальную угрозу здоровью нации и экологической безопасности государства.

Аудитории задается вопрос: что относится к фармацевтическим отходам?

После предполагаемых ответов учеников выступает преподаватель медицинского университета с сообщением на тему «Классификация и структурный состав/морфология медицинских отходов». В докладе акцент делается на то, что к отходам фармацевтических производств и лекарственным средствам, подлежащим утилизации, относятся следующие материалы: отбракованные и поврежденные в процессе перевозки средства; таможенный конфискат; тара и упаковка от препаратов; просроченные лекарства; остатки органических растворов; использованные средства индивидуальной защиты [2].

Прослушав информацию, ученики по заданию педагога предлагают способы утилизации данных отходов, которые им хотелось бы увидеть в будущем.

Возможные варианты предложенных способов уничтожения просроченных медикаментов: сжигание, слив в промышленную канализацию или захоронение на санитарных полигонах.

Подтверждает, опровергает или дополняет предложенные способы сообщение одного из обучающихся по плану: введение, классы медицинских отходов, способы утилизации отходов различного класса происхождения, способы обработки медицинских отходов, вывод. В процессе сообщения ученик использует натуральную наглядность, видео-фрагменты, презентацию и другие средства обучения.

Учитель дополняет сообщение ученика сведениями о том, как эта проблема решается за рубежом и в нашей стране. Оказывается, во многих странах просроченные или ненужные медикаменты можно отнести в аптеки или медицинские учреждения, где установлены специальные контейнеры для их сбора.

В Америке и Европе проводятся различные акции по приему медпрепаратов – День лишних лекарств (National Prescription Drug Take Back Day) и другие программы по приему ненужных медикаментов (Take Back Programs), где в большинстве аптек и поликлиниках работают стационарные пункты приема просроченных лекарств.

В ноябре прошлого года власти РФ также обратили внимание на эту проблему. Так, сенатор С. Калашников направил в Минздрав запрос, где попросил ведомство разъяснить, куда россияне могут сдавать лекарства с истекшим сроком годности. С. Калашников предложил создать специальные пункты приема просроченных медикаментов. К сожалению, в России на сегодняшний день отсутствует практика приема у населения пришедших в негодность лекарственных препаратов [3].

После всего сказанного аудитории снова задается вопрос: каким образом, по вашему мнению, можно увеличить осведомленность граждан в отношении вопроса утилизации фармацевтических препаратов?

После предполагаемых ответов учеников идут выступления представителей компаний, оказывающих услуги транспортирования, обеззараживания, обработки и утилизации медицинских отходов (например, компании Экомедсервис и ЭкоТехпром-Юг) [4].

Далее учитель обращает внимание на то, что ассортимент лекарственных средств современной медицины довольно многообразен. Одно из ведущих мест (более 20% от общего числа) в нем занимают лекарственные средства, содер-

жащие элементы галогены. В основном это препараты органического происхождения, которые образуют соли с галогеноводородными кислотами. Спектр применения данных веществ разнообразен. Это плазмозамещающие жидкости, болеутоляющие, антиаритмические, успокаивающие, витаминные средства. Большинство из них входят в состав инъекционных, глазных и детских лекарственных форм.

Несколько учеников выступают с подготовленными сообщениями об использовании медицинских препаратов на основе элементов галогенов. Выступления сопровождаются демонстрацией натуральной и изобразительной наглядности и химического эксперимента.

Дальнейшая беседа строится на вопросе: как вы считаете, откуда берутся просроченные лекарства? Итогом беседы служит заключение о том, что примерно раз в полгода нужно устраивать ревизию в домашних аптечках, очищая их не только от просроченных лекарств, но и от тех медицинских препаратов, вид которых не внушает доверия.

Остается выяснить, как родители учеников утилизируют лекарства, которые не будут использованы в будущем или с истекшим сроком годности? Считают ли они это верным? Если да, то почему; если нет, тоже почему?

Завершается мероприятие выступлениями обучающихся с советами по обращению с лекарствами в домашних условиях [5].

Подводя итог всему вышесказанному, можно сказать, что, несмотря на длительность изучения настоящей проблемы, утилизация и переработка отходов по-прежнему не ведется на должном уровне. Острота проблемы, несмотря на достаточное количество путей решения, определяется увеличением уровня образования и накопления промышленных отходов.

Библиографический список

1. Абрамов В. Н. Удаление отходов лечебно-профилактических учреждений. М. : Материк, 1998. 203 с.
2. Венцюлис Л. С., Скорик Ю. И., Флоринская Т. М. Система обращения с отходами: принципы организации и оценочные критерии. СПб. : Изд-во ПИЯФ РАН, 2007. 207 с.
3. МЕДВЕСТИК – портал Российского врача [Электронный ресурс]. – URL: <https://medvestnik.ru/content/news/Minzdravvu-predlojili-otkryt-punkty-sbora-prosrochennyh-lekarstv.html>
4. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления СанПин 2.1.7.1322-03. М. : СПб. : Деан, 2014. 32 с.
5. Условия хранения лекарственных препаратов. М. : Медицина, 2006. 184 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ

Г. А. Шаньгинова

*Восточно-Сибирский государственный институт культуры,
gala_shanginova@mail.ru*

Статья посвящена результатам опроса школьников младших классов, проведенного в г. Улан-Удэ Республики Бурятия. Анкетирование позволило выявить средний уровень экологической культуры учащихся начальной школы, обозначить проблемы экологического образования.

Ключевые слова: экологические знания, учащиеся, младшие классы, ФГОС начального общего образования, водные ресурсы, Республика Бурятия, экологическое образование, озеро Байкал.

Сегодня отмечается повышенный интерес различных категорий населения, в том числе подрастающего поколения, к экологии. Владение информацией об экологии региона позволит повысить экологическую грамотность учащихся школ, научит их вести рациональное природопользование ресурсов. Работа в данном направлении должна вестись последовательно, начиная с младших классов.

Об актуальности и значимости экологии говорят на разных уровнях: федеральном, региональном и муниципальном. Организуются и проводятся научно-практические конференции: XV областная научно-практическая конференция школьников «Экология Кузбасса» (Кемерово), «Экологические проблемы современности» (Пуровск), VIII областная научно-практическая конференция школьников по экологии (Городец), XIY научно-практическая конференция школьников «Дети и экология» (Кемерово), Всероссийская научно-практическая конференция школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых «Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды» (Лесосибирск), региональная научно-практическая конференция школьников «Исследовательская деятельность обучающихся в решении экологических проблем региона» (Томск) и др. В 1994 г. олимпиада по экологии включена в число всероссийских. Перечисленные примеры свидетельствуют об активном включении учащихся общеобразовательных учреждений различных регионов в решение проблем экологии, среди школьников разных возрастных групп развивается волонтерское движение по экологии.

О придании проблеме общенационального характера свидетельствует включение экологии в Национальный проект «Экология» (срок реализации до 2024 г.), в рамках которого предусмотрен федеральный проект «Сохранение озера Байкал».

На официальном портале органов государственной власти Республики Бурятия приведены данные о том, что наш регион является «одним из наиболее экологически чистых регионов Российской Федерации» [1]. Данный источник

перечисляет основные проблемы, с которыми сталкивается регион, среди которых указано загрязнение водных ресурсов.

Вызывает сомнение экологическая чистота республики, поскольку ежегодно ухудшается ситуация на Байкале, где свыше пяти последних лет наблюдается рост количества отходов, которые оставляют после себя туристы, что ведет к загрязнению почвы; происходит понижение уровня воды Байкала ниже уровня критической метки; резко снижается количество промысловых рыб; увеличиваются объемы промышленных и сельскохозяйственных стоков; часто горят леса и т. д. Очень остро стоят вопросы, нерешенные до настоящего времени – строительство завода по экспорту байкальской воды, строительство гидроэлектростанций в соседней Монголии.

По данным народной экологической карты России «Зеленый патруль» рейтинг Бурятии среди регионов страны занимает 75 место, природо-охранный индекс составляет 38 из 62, промышленно-экологический индекс – 32 из 68 (сведения приведены на осень 2019 г.). Исходя из общего рейтинга Республики Бурятия можно сделать вывод, что она не относится к числу экологически чистых [2]. Одним из способов решения проблемы является строительство мусоросортировочных станций, в г. Улан-Удэ в настоящее время функционируют две таковых, однако они не позволяют полностью убрать с улиц свалки.

Школьники Бурятии принимают участие в различных мероприятиях экологической направленности: сажают аллеи в городских парках, проводят экологические десанты и акции (в городе, селе, на Байкале), убирают мусорные свалки.

Согласно ФГОС начального общего образования (1–4 классы) (Приказ Минобрнауки России от 06.10.2009 N 373) одной из личных характеристик выпускника начальной школы является становление его способности «...любить свой народ, свой край и свою Родину...» [3].

Заложены экологические знания и в результатах освоения основной образовательной программы начального общего образования по предмету «Обществознание и естествознание (Окружающий мир)», где указано следующее «... осознание целостности окружающего мира, освоение основ экологической грамотности, элементарных правил нравственного поведения в мире природы и людей, норм здоровьесберегающего поведения в природной и социальной среде».

Насколько современный школьник владеет знаниями об экологии? Способствует ли образовательное учреждение формированию этих сведений? Есть ли зависимость базовых знаний об экологии от возраста учащегося начальной школы? Предпримем попытку определить поставленные цель и задачи, перейдем к результатам анкетирования, проведенного на базе одной из школ Октябрьского района г. Улан-Удэ.

Выборка исследования была случайная, всего опрошено 100 учащихся начальных классов. Инструментарий исследования включал анкету. Учитывая возраст детей, анкета составлена с несложными для учащегося начальной школы вопросами, посвященными водным ресурсам Республики Бурятия: какие озера Бурятии тебе известны?; какие реки протекают в пригороде Улан-Удэ?; какая крупнейшая река впадает в озеро Байкал?

В 1 «б» классе в анкетировании приняли участие 29 человек (85,3%), что составляет значительную часть первоклассников. Из них свыше 79% верно ответили на вопрос: «Какие озера Бурятии тебе известны?», назвав озеро Байкал. Это хранилище мировых запасов пресной воды. Его населяют много различных видов животных и рыб, причем некоторые нигде больше не встречаются. К ним относится байкальский тюлень или нерпа. Вода озера Байкал отличается необыкновенной чистотой и прозрачностью, на дне можно разглядеть различные камни и предметы. Благодаря своей уникальности и красоте, Байкал относится к семи чудесам России. Жители Бурятии часто говорят об озере как о живом организме, называют Байкал дедушкой.

Кроме Байкала некоторые учащиеся (2,95%) знают и другие озера – Щучье. Встретились неправильные ответы: озеро Чёрное (5,89%).

Оказывается, что реки Бурятии ученики знают хуже – так, около четверти опрошенных (23,53%) перечислили Уду, чуть меньше человек (20,5%) указали Селенгу.

На территории Бурятии много разных рек. Самая крупная река – Селенга, она начинается в Монголии и впадает в озеро Байкал. Раньше Селенга была очень многоводной и занимала огромную площадь. В глубокой древности она была главной дорогой, по которой люди пришли с юга к Байкалу. Многие люди ее называли «рекой времени», и она оправдывает это название.

Река Селенга очень красива, летом можно увидеть купающихся и отдыхающих людей. В разное время года на Селенге рыбачат. На дне Селенги лежат большие и маленькие камни, вода темная, но разглядеть мальков рыб можно. Течение реки сильное. Пить воду из Селенги нельзя. То место, где Селенга впадает в Байкал, называют дельтой, там много островков, болот, мелких озер. В дельте видна гора Спящий лев (или Омулевка) – как-будто лев положил голову с гривой на лапы, а дорога рядом с горой – его хвост. В нашем случае незначительный процент опрошенных (5,89%) отметил, что в озеро Байкал впадает река Селенга, остальные (79%) не ответили (14% назвали реку Ангара).

На Селенге стоят два города: Улан-Удэ (со стороны России) и Улан-Батор (со стороны Монголии). В Селенгу впадает другая река – Уда. Есть легенда, по которой название городу Улан-Удэ дала эта река. Зимой реки покрываются льдом, ходить по нему небезопасно для человека. Очень часто обе реки весной разливаются, затопляют стоящие рядом с берегом дома, дачи.

Среди ответов менее половины (41,1%) были неверные, встречались такие варианты, как Белая река, Волга и т.д.

В 2 «б» классе было опрошено большинство учащихся (84%). Из них свыше трети опрошенных (37,5%) правильно назвали самые крупные озера Бурятии – Байкал, Гусиное, Щучье. Для половины школьников (46,8%) характерна неточность: они перечислили среди озер Байкал и дополнили к нему разные реки и даже город Улан-Удэ. Более половины второклассников (65,6%) хорошо знает реки в нашей республике, они назвали Селенгу, Уду, правда, некоторые написали и про Ангару, которая протекает в Иркутской области.

Скорее всего, школьники проинформированы про реки, поскольку на многих реках проходит летний отдых, некоторые протекают рядом с местом расположения дачных участков.

Остальные (18%) ученики пропустили данный вопрос или неправильно указали. Большая часть ребят (68%) неверно посчитала, что в Байкал впадают Волга, Ангара, или не ответили вообще. Лишь незначительный процент (15%) дал правильный ответ.

Знания учащихся 2 «з» класса о реках и озерах Бурятии более полные, так, половина указала верные ответы про озера республики, но в основном они традиционны – Байкал, Щучье, Гусиное. Тоже самое касается и рек, только отдельные единицы (3,34%) неверно причислили к рекам Бурятии другие: Волгу, Лену, Алдан.

Треть респондентов (36,6%) правильно ответили, что Селенга впадает в озеро Байкал, 20% учеников посчитали, что это Ангара или, сочтя вопрос сложным, вовсе пропустили его.

Из 90% учеников 3 «з» класса назвали озеро Байкал 40% человек, остальные (50%) – перечислили много других озер – Щучье, Челутайское, Гусиное, Генеральские. Подавляющее большинство (83%) написали, что в Бурятии протекают реки – Селенга, Уда. Ребята дополнили список, указав – Турку, Баргузин, Ангару, Лену, Енисей, Волгу. Незначительный процент учащихся (6,67%) не знает рек нашей республики. На последний вопрос 40% человек ответили верно, другие (50%) называли неверные ответы – Ангара, Уда.

По итогам анкетирования можно сделать вывод, что ученики 1–2-х классов плохо знают, какие реки и озера есть в нашей республике. Очень много учащихся путает реки и озера, некоторые даже называли города вместо озер и рек (например, 2 «б» класс). На вопрос об озерах, известных учащимся первого класса, они указали правильные ответы (79%), у второклассников этот процент ниже. У учащихся 3-го класса знания о водных ресурсах Бурятия отличаются разнообразием, но при этом, как и младшие классы, они причисляют к рекам республики другие, не имеющие отношения к нашему региону.

Полученные результаты лишь частично раскрывают экологические знания школьников младших классов. Выдвинутое предположение о том, что учащиеся 3-го класса дадут верные ответы, покажут знание местных водоемов в полном объеме, не подтвердилось. К сожалению, приходится констатировать общий средний уровень экологических знаний учащихся младших классов.

На наш взгляд, экологическое образование школьников должно иметь систематический характер. В качестве примера можно заимствовать опыт соседних регионов, в частности, Иркутска. Экологические знания школьников имеют преимущество: так, учащиеся изучают в рамках регионального компонента предметы «Экология», «Байкаловедение», принимают участие в работе летних экологических лагерей и разнообразных экологических мероприятиях. Кроме Иркутска, предмет «Экология» преподается школьникам и в Самаре.

Экологические знания школьников должны стать экологической культурой. Только тогда учащиеся региона продемонстрируют хороший уровень эко-

логических знаний и смогут принять участие в сохранении ценнейших водных ресурсов Бурятии.

Библиографический список

1. Официальный портал Республики Бурятия [Электронный ресурс]. – URL: <http://old.egov-buryatia.ru/index.php?id=327> (дата обращения 25.02.2020).
2. ООО «Зеленый патруль» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.greenpatrol.ru/ru/regiony/respublika-buryatiya> (дата обращения 25.02.2020).
3. ФГОС начального общего образования [Электронный ресурс]. – URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения 26.02.2020).

ПРОБЛЕМНЫЙ УРОК НА ТЕМУ «ОТХОДЫ В ДОХОДЫ»

К. В. Крестьянинова, Е. В. Береснева

*Вятский государственный университет,
ksjusch.crestianinowa@yandex.ru, evberesneva@mail.ru*

Статья посвящена вопросам развития творческого мышления учащихся, формирования их экологической культуры и навыков рационального природопользования. Предложен вариант занятия-проекта, разработанный в технологии проблемного обучения, предполагающий активную деятельность учащихся, которая является наиболее эффективным способом развития нравственно-экологических ценностей.

Ключевые слова: экология, экологический кризис, экологическая культура, проблемное обучение, вторичная переработка.

На сегодняшний день мы часто встречаемся с термином «экология» и вместе с ним возникает следующий ассоциативный ряд: «загрязнение окружающей среды», «глобальные проблемы», «ухудшение здоровья человечества». Недобрые ассоциации являются следствием существующих в настоящее время норм взаимодействия людей с природой. Проблема отношения людей к природе только как источнику ресурсов долго оставалась без внимания, что обернулось для человечества экологическим кризисом.

В настоящее время решение экологических проблем занимает первостепенное значение. Одним из наиболее эффективных вариантов выхода из экологического кризиса является создание малоотходных технологий на предприятиях, предусматривающих повторное использование материальных ресурсов. Внедрение новых технологий производства, а также усовершенствование существующих – обязательное решение экологических проблем, однако их нельзя рассматривать только с точки зрения сохранения окружающей среды. Пагубное воздействие на природу есть не что иное, как результат разрушения личности, внутреннего мира человека, его мировоззрения. Очень важно переосмыслить те критерии, по которым живет человечество, по-новому оценить и осознать все возможные формы взаимодействия с природой. Исходя из этого, экологическое

мышление и экологическая культура должны стать приоритетными ценностями каждого человека [1].

Реализация данного подхода должна осуществляться уже на первых стадиях экологического образования – дошкольном и школьном, когда «закладаются» основы, фундамент личности, ее ценностные ориентации. Именно поэтому важно уже на этапе дошкольного и школьного образования воспитывать правильное отношение к природе.

Формирование экологического сознания у детей школьного возраста – непростая задача. Пробуждение интереса к сложным вопросам сохранности окружающей среды возможно при организации активной самостоятельной деятельности, которая обеспечивается при использовании технологии проблемного обучения [2].

Проблемное обучение – тип развивающего обучения, направленный на стимулирование активного познавательного процесса обучающихся в ходе решения проблемных ситуаций, задач. Существенные достоинства проблемного обучения: обеспечивает глубину убеждений, прочность усвоения знаний и творческое их применение в практической деятельности. Кроме того, оно способствует формированию мотивации достижения успеха, развивает мыслительные способности обучающихся, интерес к учению, творческие силы. К недостаткам проблемного обучения можно отнести требование больших затрат времени для усвоения одного и того же объема знаний по сравнению с другими типами обучения, более длительная подготовка учителя к проведению и организации занятий [3].

Нами разработан вариант занятия-проекта на тему «Отходы – в доходы» в технологии проблемного обучения. Цель занятия-проекта: создать условия для организации деятельности учащихся по изучению рационального природопользования и формированию экологической культуры.

Занятие начинается с ввода учащихся в проблемную ситуацию. Ведется обсуждение учителя с учащимися термина «экология» в разрезе взаимосвязи экологии с антропогенными воздействиями, что вызывает в умах школьников в большей степени негативные ассоциации. Далее учитель задает проблемный вопрос: «Может ли быть «экология» плохой?» Учитель выслушивает предполагаемые ответы учеников и обобщает их.

«Экология» – понятие, состоящее из двух слов «др.-греч. οἶκος» – «дом» и «λόγος» – «наука». Дословно получается, что «экология» – это наука о доме. В широком смысле, экология – это наука, изучающая взаимодействие живых организмов с окружающей средой. Существующие в настоящее время нормы взаимодействия с природой неуклонно ведут к экологическим проблемам, которые приводят к пагубным последствиям.

Далее учащимся предлагается ответить на вопрос: «Какие экологические проблемы существуют на сегодняшний день?». Ответы учеников могут быть разнообразными: глобальное потепление, вырубка лесов, проблема загрязнения биосферы, уничтожение многих видов флоры и фауны, истощение невозобновляемых полезных ископаемых, разрушение озонового слоя и образование в нем дыр, накопление бытовых отходов и др.

Выслушав ответы учеников, учитель делает акцент на проблеме избыточного накопления твердых бытовых отходов по всему миру. Очень важно переосмыслить те ценности, по которым живет человечество, переосмыслить и по-новому оценить, и осознать все возможные формы взаимодействия с окружающим миром природы.

Перед учениками вновь ставится проблемный вопрос: «Как каждый из вас может помочь решению проблемы накопления твердых бытовых отходов? Какие пути решения вы можете предложить?»

После совместного обсуждения путей решения проблемы загрязнения окружающей среды бытовыми отходами, предлагаются варианты действий, вследствие чего формируется активная позиция учеников, принявших ответственность за сохранность окружающей среды. Итогом «мозгового штурма» может стать вывод, что наиболее выгодный, разумный способ обращения с отходами (и с экологической, и с экономической точки зрения) – *вторичная переработка*, то есть возможность извлекать из мусора максимум полезных компонентов и перерабатывать их в новые вещи. Такой подход:

- сохраняет первичные ресурсы (древесину, полезные ископаемые) для наших потомков;
- сокращает количество отходов, которые вывозятся на свалку;
- сохраняет наше здоровье;
- меньше загрязняет окрестности.

В конце занятия предлагается не откладывать решение проблемы, а приглядеться к содержимому нашего обычного мусорного ведра и оценить, так ли уж бесполезно то, что мы привыкли считать мусором.

Далее объявляется конкурс поделок «Отходы – в доходы». Перед учащимися стоит творческая задача: придумать, какие полезные вещи можно было бы сделать из мусора, с которым мы встречаемся в повседневной жизни. Повторное использование вещей, которые потеряли свои потребительские свойства, может частично решить проблему избыточного накопления отходов.

Ученики работают самостоятельно, индивидуально или группами (по их желанию), учитель при необходимости помогает. В конце занятия дети выступают с сообщениями о своих идеях и представляют результаты проекта (возможно, пока незаконченные). Работа продолжается дома.

По результатам ее в школе может быть проведена конференция с организацией выставки работ учеников и с приглашением родителей.

Разработанный урок в технологии проблемного обучения на тему «Отходы – в доходы» создает условия для творческого усвоения и применения знаний в области рационального природопользования, способствует развитию экологического сознания и интеллектуальных возможностей детей.

Проблемное обучение может быть эффективно использовано с другими системами и методами обучения. Разработанное экологическое занятие на тему «Отходы – в доходы» может быть использовано не только для проведения уроков, но и внеурочных классных и общешкольных мероприятий, а также для изучения отдельных тем школьных курсов химии, биологии, экологии, в которых рассматриваются данные вопросы.

Библиографический список

1. Зебзеева В. А. Теория и методика экологического образования детей. М. : Сфера, 2009. 288 с.
2. Газина О. М. Теория и методика экологического образования детей дошкольного возраста. М. : Прометей, 2013. 253 с.
3. Матюшкин А. М. Проблемное обучение: прошлое, настоящее, будущее. Нижневартовск : Изд-во Нижневартовского гос. гуманитарного ун-та, 2010. 298 с.

АНАЛИЗ АССОРТИМЕНТА И КАЧЕСТВА АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО МЫЛА

В. И. Огнёва, Е. В. Береснева

*Вятский государственный университет,
kotjonokw@rambler.ru, evberesneva@mail.ru*

В статье представлены результаты проверки качества трех образцов антибактериального мыла. С образцами мыла были проведены качественный и микробиологический анализы, а также определены некоторые количественные показатели. Результаты могут быть интересны широкому кругу потребителей.

Ключевые слова: антибактериальное мыло, качественный и количественный анализ, микробиологический показатель.

Кожа человека нуждается в регулярном очищении, что подразумевает не только удаление с поверхности кожи пыли, грязи, остатков косметики, но и секрета потовых желез, отмерших клеток, ороговевшего слоя эпидермиса. Самым распространенным средством ухода за кожей остается мыло.

В ходе опроса фонда «Общественное мнение» была затронута такая тема, как гигиенические привычки россиян. Как выяснилось, половина наших сограждан моются ежедневно: 35% опрошенных – раз в день, 11% – два раза, 2% – еще чаще. Треть респондентов (32%) сказали, что принимают водные процедуры несколько раз в неделю, пятая часть (19%) – раз в неделю или реже [1].

Из результатов опроса можно сделать вывод, что мыло является товаром повседневного спроса. В настоящее время на рынке представлен большой ассортимент данного продукта разных видов – антибактериальное, парфюмерное, косметическое, хозяйственное [2].

Большой популярностью пользуется жидкое мыло, так как имеет ряд преимуществ, таких как практичность, удобство в применении, гигиеничность, экономичность, стабильность pH [3]. Популярность жидкого мыла подтверждается статистическими показателями его производства, которое выросло почти на 10% – с 45858 т в 2017 г. до 50421 т в 2018 г., что демонстрирует смещение предпочтения потребителей (и приоритетов производителей) в сторону жидкого мыла [4].

Особый интерес представляет антибактериальное мыло, потому что оно имеет широкий спектр действия, препятствуя развитию таких недугов, как кишечные инфекции, стафилококк, сальмонеллез, кожные инфекции и др. [5]. Но

в последнее время начались споры о том, действительно ли это мыло так полезно, как утверждают производители. Наверное, не случайно на территории США запрещена безрецептурная продажа моющих средств, содержащих триклозан, триклокарбан и еще 17 других антисептических компонентов.

Исходя из сказанного выше, мы поставили целью своей работы провести сравнительный качественный и количественный анализ состава антибактериального мыла трех производителей и исследовать их микробиологические показатели.

Объектами исследования явились: жидкое мыло «Русское поле» (образец 1); жидкое мыло «Невская косметика» антибактериальное натуральное с экстрактом ромашки (образец 2); жидкое мыло «Невская косметика» Дегтярное для рук и тела (образец 3).

Исследование данных объектов начали с качественного анализа, в ходе которого проводили обнаружение глицерина, стеариновой кислоты, ионов магния и аммония в соответствии с составом, заявленным на упаковке [6].

Обнаружение глицерина проводили добавлением свежеприготовленного гидроксида меди(II) к исследуемому образцу. При положительной реакции (образец 1) образовывался сине-фиолетовый комплекс. Результаты подтверждают то, что заявил производитель.

Стеариновую кислоту определяли добавлением в пробы концентрированной соляной кислоты. При положительной реакции выпадает белый осадок. Все результаты дали отрицательную реакцию, что согласуется с тем, что заявлено на этикетке.

Обнаружение ионов магния проводили добавлением в образцы раствора гидроксида калия. При наличии ионов выпадает белый осадок, не растворимый в избытке щелочи (образцы 2 и 3). В образце 1 выпал белый осадок, который растворился в избытке щелочи, что указывает на присутствие ионов алюминия или цинка. Тем не менее, в составе всех образцов данные ионы не заявлены.

Ионы аммония определяли добавлением в образцы раствора гидроксида натрия и последующей реакцией с индикатором фенолфталеином. В образцах 1 и 2 фенолфталеиновая бумажка окрасилась в малиновый цвет, а образец 3 не изменил цвет индикатора, что согласуется с данными на упаковке.

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты качественного анализа

Объект исследования	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Глицерин	+	–	–
Стеариновая кислота	–	–	–
Ионы-магния	–	+	+
Ионы-аммония	+	+	–

Количественный анализ включал определение водородного показателя и хлорид-ионов.

Измерение водородного показателя проводили согласно ГОСТ 29188.2-2014 потенциометрическим методом, который основан на измерении разности

потенциалов между двумя электродами (измерительным и сравнения), погруженными в исследуемую пробу. Отбор проб и подготовку их к анализу проводили в соответствии с ГОСТ 29188.0-91.

Для определения хлорид-ионов использовался метод аргентометрии, который основан на титровании раствором нитрата серебра. Отбор проб, их подготовку к анализу проводили по ГОСТ 26878-86 (СТ СЭВ 5186-85).

Результаты количественного анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты количественного анализа

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Норма по ГОСТ
Значение pH	6,69	5,71	6,01	5,0–8,5
Хлорид ионы, %	3,4285	1,8096	1,9234	Не более 6

Из таблицы видно, что показатели pH и количество хлорид-ионов всех образцов мыла соответствуют нормам ГОСТ 31696-2012 [7]. На этикетках объектов величина этих количественных показателей не указана.

С целью определения качества продукции в соответствии с требованиями технического регламента таможенного союза (ТР) мы провели микробиологический анализ методом посева на питательные среды (чашечный метод) в соответствии с МУК 4.2.801-99. Посев осуществляли одним поверхностным агаровым методом. При этом из каждого разведения производили посев на набор чашек с плотной мясо-питательной средой (МПА). При учете результатов определяли среднее количество колоний, выросших при посеве каждого разведения. Рассчитывали среднее количество колониобразующих единиц КОЕ (N) в 1 мл (табл. 3). Полученные результаты соответствуют требованиям ТР [8].

Таблица 3

Результаты микробиологического анализа

Объект исследования	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Норма по ТР
Колониобразующие единицы	$1,9 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$	Не более 10^3

Исследование показало, что все образцы соответствуют нормам ГОСТ и нормам, заявленным производителем, что говорит о том, что их можно применять в быту.

В дальнейшем планируется продолжить работу, исследовав другие компоненты мыла и наличие ионов тяжелых металлов в его составе.

Библиографический список

1. Социологи выяснили, как часто моются россияне [Электронный ресурс] – URL: <https://altapress.ru/story/sotsiologi-viyasnili-kak-chasto-moyutsya-rossiyane-35690> (дата обращения 22.09.2019).
2. Разновидности жидкого мыла [Электронный ресурс] – URL: http://www.kosmetichka.ru/pub_5566/ (дата обращения 22.09.2019).
3. Чем отличается твердое мыло от жидкого? [Электронный ресурс] – URL: <https://profsnabvl.ru/stati/otliche-tverdogo-myla-ot-zhidkogo/> (дата обращения 21.09.2019).
4. Преимущества жидкого мыла перед обычным [Электронный ресурс] – URL: <https://www.cpv.ru/modules/publisher/item.php?itemid=2233> (дата обращения 22.09.2019).

5. Мыть или не мыть [Электронный ресурс] – URL: https://www.gazeta.ru/science/2016/09/30_a_10224269.shtml?updated (дата обращения 21.11.2019).

6. Лялина Е. И., Фокина А. И. Руководство к выполнению лабораторных работ по аналитической химии. Химические методы анализа. Киров, 2017. 216 с.

7. ГОСТ 31696-2012 Продукция косметическая гигиеническая моющая. Общие технические условия (с Поправкой) [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200098761> (дата обращения 10.11.2019).

8. О безопасности парфюмерно-косметической продукции (с изменениями на 2 декабря 2015 года) [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902303206> (дата обращения 02.10.2019).

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ФРУКТОВОГО ПЮРЕ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ РОССИЙСКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

С. Л. Дегтерев, Е. В. Береснева

*Вятский государственный университет,
degterev-91@mail.ru, evberesneva@mail.ru*

В статье представлены результаты анализа качества и безопасности трех образцов фруктового пюре для детского питания отечественных производителей. Были определены органолептические и некоторые физико-химические количественные показатели. Результаты могут быть интересны широкому кругу потребителей.

Ключевые слова: фруктовое пюре, детское питание, органолептические показатели, физико-химические методы.

Жизнедеятельность любого организма постоянно сочетается с большим расходом энергии, затраты которой восстанавливается за счет веществ, поступающих с пищей, поэтому питанию придается особое значение. Для того, чтобы обеспечить правильное развитие ребенка в различные возрастные периоды, пища не только в количественном, но и в качественном отношении должна строго отвечать физиологическим потребностям и возможностям детского организма. Полноценное, сбалансированное питание предусматривает содержание в рационе всех основных пищевых веществ: белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов, воды – в оптимальных соотношениях, обеспечивающих правильное разностороннее развитие детей [1].

Фруктовые пюре являются источником различных витаминов (витамин В, каротин), углеводов (глюкозы, мальтозы, фруктозы), минеральных солей (цинка, железа, калия), органических кислот (лимонная, яблочная), ароматических и дубильных веществ, клетчатки, пищевых волокон и пектинов. Органические кислоты улучшают процесс пищеварения, увеличивая выделение пищеварительных соков и усиливая двигательную функцию кишечника. Дубильные вещества оказывают вяжущее, противовоспалительное действие на слизистую

оболочку кишечника. Пищевые волокна и пектины способствуют нормальной работе кишечника и выводят токсичные вещества из организма, в том числе и соли тяжелых металлов. Минеральные соли способствуют росту и укреплению костно-мышечной системы. Все сказанное выше говорит о том, что фруктовые пюре должны быть обязательным компонентом детского рациона [2].

Однако не стоит забывать о возможной фальсификации данной продукции, а также о не полной информации о продуктах детского питания, которую дает производитель.

В связи с этим целью данной работы явилось исследование физико-химических показателей фруктового пюре для детского питания различных отечественных производителей, которые широко используются для последующей оценки его качества и безопасности.

В качестве объекта исследования было выбрано фруктовое пюре трех производителей.

1. Яблочное фруктовое пюре «Спеленок», (производитель: ОАО «Сады Придонья», Россия, Волгоградская область, пос. Сады Придонья).

2. Яблочное фруктовое пюре «бабушкино Лукошко», (производитель: ООО завод детского питания «Фаустово», Россия, Московская область, пос. Белозерский).

3. Яблочное фруктовое пюре «ФрутоНяНя», (производитель: ОАО «Прогресс», Россия, г. Липецк).

Оценка качества – это совокупность операций по выбору номенклатуры показателей качества, определению их действительных значений по сопоставлению с базовыми.

Номенклатура показателей качества и их регламентируемые значения устанавливаются действующими стандартами показателей безопасности – Сан-ПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». Действительные значения показателей качества определяются методами испытаний, установленными действующими стандартами.

Все требования к показателям качества, в том числе и безопасности, а также к методам испытания относятся к обязательным на основании Закона РФ «О стандартизации» и ГОСТ Р 1.5-92 «Государственная система стандартизации РФ».

Согласно ГОСТ 52187-2003 качество продуктов детского питания оценивается по органолептическим, химическим и физико-химическим показателям.

Органолептические показатели продуктов детского питания определяли с помощью органов чувств по ГОСТ 8756.1-79. Исследования проводились путем коллективной дегустации и были получены следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты эксперимента по определению органолептических свойств
фруктового пюре для детского питания**

Показатели \ Пюре	«ФрутоНяНя»	«Спеленок»	«бабушкино Лукошко»	Требования ГОСТ
Вкус	присутствует из- лишне кислый вкус	приятный	приятный	приятный с кислинкой
Цвет	темно-желтый	темно-желтый	темно- желтый	темно- желтый
Запах	приятный	приятный	приятный	приятный
Консистенция	однородная	присутствует хруст на зубах	однородная	однородная

Из данной таблицы можно сделать вывод, что цвет и запах во всех образцах соответствуют норме, но в образце «ФрутоНяНя» присутствует излишне кислый вкус, а в образце «Спеленок» консистенция однородная, но на зубах чувствуется хруст.

Из показателей, характеризующих физико-химические методы, для всех консервов на плодовоовощной основе в ГОСТах нормируются массовая доля сухих веществ и титруемых кислот [3].

Метод титруемой кислотности основан на потенциометрическом титровании стандартным раствором гидроксида натрия. Метод определения сухих веществ основан на высушивании разрыхленной абсорбирующей пробы продукта при повышенных температурах.

К общим показателям безопасности, нормируемым для всех подгрупп продуктов детского питания, относятся токсичные элементы и соединения (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть, медь, цинк) и содержание нитратов. Метод определения нитратов основан на извлечении их раствором алюмокалиевых квасцов с последующим определением концентрации нитратов с помощью прибора иономер «Эксперт 001» [3]. Наличие свинца, мышьяка и ртути и их количество определялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии по ГОСТ 30178-96.

Результаты всех исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты эксперимента по определению физико-химических
показателей качества и безопасности детского фруктового пюре**

Показатель	Требования стандарта	«ФрутоНяНя»	«Спеленок»	«бабушкино Лукошко»
Токсичные элементы (мг)	Pb-0,3	0,28	0,3	0,26
	As-0,2	0,1	0,14	0,15
	Hg-0,01	0,0052	0,0076	0,0082
Сухие вещества (%)	5–20	15,4	17	13
Кислотность (%)	3,0–4,2	2,6	3,4	3,3
Нитраты (мг/кг)	Не более 150	103	92	101

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что по данным показателям лучшим является образец детского фруктового пюре «бабушкино Лу-

кошко», так как он соответствуют требованиям стандарта как по органолептическим, так и по физико-химическим показателям и показателям безопасности. Во фруктовом пюре «ФрутоНяНя» выявлено больше всего нарушений. Здесь и несоответствие вкуса, и низкая кислотность, что может быть связано с нарушениями правил изготовления и хранения. Фруктовое пюре «Спеленок» соответствует требованиям ГОСТ по общим показателям безопасности и физико-химическим показателям качества, но в нем присутствуют сухие примеси, которые сразу чувствуются при его употреблении.

Библиографический список

1. Рязанова. О. А. Товароведение продуктов детского питания : учеб. пособие. М. : Изд-во «Омега-Л» : ИД «Деловая литература», 2003. 144 с.
2. Ладодо К. С., Дружинина Л. В. Продукты и блюда в детском питании. М. : Россельхозиздат, 1991. 188 с.
3. Гости и стандарты [Электронный ресурс]. – URL: <http://standartgost.ru> (дата обращения 16.03.2020).

Научное издание

ЭКОЛОГИЯ РОДНОГО КРАЯ:
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Материалы XV Всероссийской с международным участием
научно-практической конференции

18 мая 2020 г.

Книга 2

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова

Дизайн обложки: А. С. Тимонов

Подписано в печать 10.07.2020 г. Печать цифровая. Бумага
для офисной техники.

Усл. печ. л. 15,64. Тираж 40 экз. Заказ № 6309.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в центре полиграфических услуг
Вятского государственного университета.

610000, г. Киров, ул. Московская, 36.