



XV Всероссийская научно-практическая конференция
с международным участием



ИБ Коми НЦ
УрО РАН

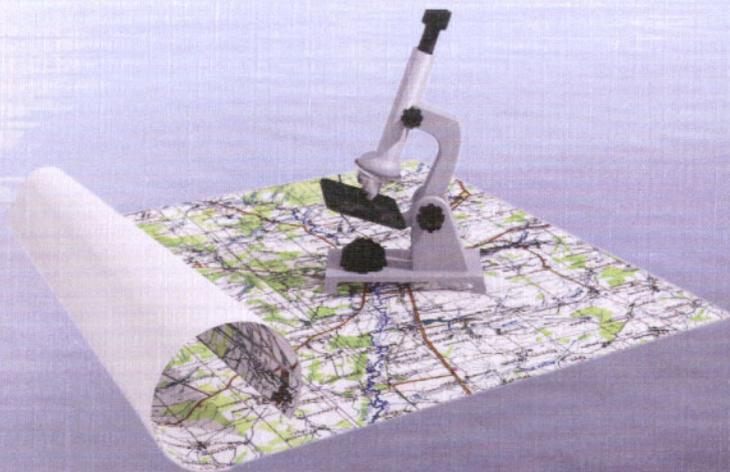


2017
ГОД ЭКОЛОГИИ
В РОССИИ

БИОДИАГНОСТИКА ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

04–06 декабря 2017 г.

Книга 2



Киров, 2017

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

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Материалы

XV Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
4–6 декабря 2017 г.

Книга 2

Киров 2017

УДК 502.1(082)
ББК 28.081я431
Б633

*Печатается по решению Научного совета
Вятского государственного университета*

Ответственный редактор – **Т. Я. Ашихмина**, д. т. н., профессор, зав. кафедрой фундаментальной химии и методики обучения химии ВятГУ, зав. НИЛ биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГУ

Редакционная коллегия:

С. В. Дёгтева, д. б. н., **С. Г. Литвинец**, доцент, к. с.-х. н., **Л. И. Домрачева**, профессор, д. б. н., **Л. В. Кондакова**, профессор, д. б. н., **И. Г. Широких**, с. н. с., д. б. н., **Е. В. Дабах**, доцент, к. б. н., **Е. А. Домнина**, доцент, к. б. н., **Г. Я. Кантор**, с. н. с., к. т. н., **С. В. Пестов**, н. с., к. б. н., **С. Г. Скугорева**, доцент, к. б. н., **А. В. Сазанов**, доцент, к. б. н., **Е. С. Соловьёва**, доцент, к. б. н., **А. С. Тимонов**, н. с., **А. И. Фокина**, доцент, к. б. н., **С. В. Шабалкина**, доцент, к. б. н., **Е. Г. Шушканова** доцент, к. б. н.

Б 633 Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем [Текст]: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 4–6 декабря 2017 г.) / отв. ред. Т. Я. Ашихмина. – Киров: ВятГУ, 2017. – 359 с.

ISBN 978-5-98-228-152-4

В сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем», посвященной Году экологии, вошли материалы исследований по изучению экологического состояния окружающей природной среды в регионах РФ. Особое внимание уделено использованию традиционных методов и инновационных технологий в оценке природных и природно-техногенных систем.

Значительное место в сборнике занимают материалы по устойчивости и адаптации растений, животных и микроорганизмов к действию неблагоприятных факторов среды. Представлены материалы по химии и экологии почв, а также освещены отдельные аспекты в области здоровья человека.

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

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

УДК 502.1(082)
ББК 28.081я431

ISBN 978-5-98-228-152-4

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»
(ВятГУ), 2017

© ФГБУН Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<i>Дорохова М. Ф., Кречетов П. П.</i> Реакция зеленых водорослей на загрязнение почв авиационным керосином в полевом эксперименте	9
<i>Гогонин А. В., Щемелинина Т. Н., Володин В. В., Патова Е. Н., Новаковская И. В.</i> Использование микроводорослей в процессе очистки сточных вод целлюлозно-бумажного предприятия	13
<i>Кондакова Л. В., Безденежных К. А.</i> Исследование альгофлоры хвойных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский»	17
<i>Кондакова Л. В., Дабах Е. В., Кислицына А. П.</i> Фототрофные микроорганизмы в почвах пойменных понижений	21
<i>Кондакова Л. В., Дабах Е. В.</i> Мониторинг альгофлоры пойменных лугов на техногенной территории	25
<i>Минниханова Н. Р., Шабалина Ю. Н.</i> Диатомовые водоросли эпилимниона р. Ухты в зоне антропогенного влияния (бассейн Печоры, Республика Коми)	28
<i>Виноградова Ю. А., Ковалева В. А., Перминова Е. М., Лаптева Е. М.</i> Структура комплекса микромицетов в почвах бугристых торфяников лесотундры европейского Северо-Востока	32
<i>Лаптева Е. М., Ковалева В. А., Исаевский А. В., Перминова Е. М.</i> Комплекс микроскопических грибов в подзолистых почвах, сформированных на карбонатной морене	34
<i>Ковалева В. А., Панюков А. Н., Денева С. В., Лаптева Е. М.</i> Почвенные микроорганизмы как компонент постагрогенных экосистем в тундровых ландшафтах	36
<i>Лаптева Е. М., Ковалева В. А., Виноградова Ю. А., Генрих Э. А., Перминова Е. М.</i> Бактериальные комплексы в дерново-подзолистых почвах постагрогенных экосистем	40
<i>Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Бабынин Э. В., Валидов Ш. З., Хаяров Х. Р., Бадеева Е. К., Минзанова С. Т., Яхваров Д. Г.</i> Изучение токсичности белого фосфора и резистентности аспергилла к нему	43
<i>Вырасткова К. А., Широких И. Г.</i> Деструкция соломистого субстрата микромицетом <i>Fusarium</i> sp. O-12 в модельных опытах	47
<i>Широких А. А., Попыванов Д. В., Кремсал А. В.</i> Находки миксомицетов на территории г. Кирова	52
<i>Кувичкина Т. Н., Гридина В. В., Доронина Н. В., Решетилов А. Н.</i> Биосенсорный подход к исследованию нового факультативного метилотрофа <i>Rhodococcus wratislaviensis</i> ВКМ Ас-2782	57

Майоров П. С., Феоктистова Н. А., Васильев Д. А. Изучение биологических свойств бактерий <i>Clavibacter michiganensis</i> ssp. <i>sepedonicus</i> , выделенных из объектов окружающей среды	62
Рыскалиева Б. Ж., Беккалиева А. К., Феоктистова Н. А. Изучение урожайности бактериофагов бактерий рода <i>Proteus</i>	64
Назарова Я. И., Широких И. Г. Оценка экологической безопасности трансгенных растений	67
Домрачева Л. И., Симакова В. С. Автошампунь <i>Uni</i> как регулятор численности почвенных микроорганизмов	71
Симакова В. С., Трефилова Л. В., Фокина А. И., Домрачева Л. И. Сравнение влияния СПАВ на рост и развитие почвенной цианобактерии <i>Nostoc paludosum</i> в стерильной почве	75
Коваль Е. В., Чупрова Ю. В., Огородникова С. Ю. Оценка токсичности метилфосфонатов для природных многокомпонентных биопленок с доминированием <i>Nostoc commune</i>	80
Широких И. Г. Сравнение антибиотической резистентности стрептомицетов в почвах двух контрастных экотопов.....	83
Горностаева Е. А., Домрачева Л. И., Фокина А. И. Влияние различных концентраций сульфата меди на микробные комплексы низинных торфяников	88
Малыгина О. Н., Козылбаева Д. В., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Товстик Е. В. Влияние интродукции в почву различных микроорганизмов на численность ризосферной микрофлоры лядвенца рогатого (<i>Lotus corniculatus</i>)	92
Товстик Е. В., Козылбаева Д. В., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Малыгина О. Н., Шабалина А. В. Оценка действия цианобактерий и стрептомицетов на ризозферную микрофлору <i>Georgine Wild</i>	97
Шарапова И. Э. Экологические аспекты конструирования комплексных форм альго-бактериально-грибных нефтедеструктивных биопрепаратов.....	100
Синяшин К. О., Петров А. М., Тарасов О. Ю. Препарат «Мефосфон» и активность микробоценозов биологических очистных сооружений. Результаты испытаний	104
Зыкова Ю. Н., Шабалина А. В., Козылбаева Д. В., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Способы регулирования ростовых процессов и декоративных свойств <i>Lavatera trimestris</i> L.	107
Козылбаева Д. В., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Товстик Е. В. Стрептомицеты и цианобактерии как биорегуляторы при выращивании <i>Georgine Wild</i>	112
Козылбаева Д. В., Малыгина О. Н., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Домрачева Л. И., Товстик Е. В. Влияние бактериальной инокуляции семян лядвенца рогатого (<i>Lotus corniculatus</i>) на морфометрические показатели	117
Скугорева С. Г., Домрачева Л. И. Изучение сорбции ионов свинца(II) мицелием гриба <i>Fusarium culmorum</i> из раствора нитрата свинца(II)	122

<i>Скугорева С. Г., Кантор Г. Я., Домрачева Л. И.</i> Кинетика сорбции ионов свинца(II) мицелием <i>Fusarium culmorum</i>	126
---	-----

СЕКЦИЯ
ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

<i>Мусихина Т. А., Казиев С. А.</i> Почвы промышленных территорий. Анализ нормативно-правового обеспечения производственного экологического контроля	131
<i>Напрасникова Е. В., Белозерцева И. А.</i> Почвенный покров техногенной территории (экологический аспект)	134
<i>Дабах Е. В.</i> Редкоземельные элементы в почвах на техногенных отложениях	137
<i>Михайлова А. В., Кравец К. Ю.</i> Первичная оценка экологического состояния болота Вешка (Тверская область) при помощи современных методов анализа	141
<i>Горохова А. Г., Андреева М. И., Сатанов Р. Г., Дурягина К. А.</i> Содержание химических элементов (Cd, Pb, As) в почвах правобережной части водосборной площади Пензенского водохранилища	145
<i>Заиченко Е. А.</i> Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова селитебных и рекреационных ландшафтов Черноморского побережья Кавказа	150
<i>Растегаев О. Ю., Рыжков А. В., Черников С. Н., Малишевский А. О., Кравченко А. П.</i> Оценка состояния почв в районе расположения пгт. Горный Саратовской области	155
<i>Клецов А. С., Адамович Т. А.</i> Загрязнение тяжелыми металлами почв г. Советска Кировской области	158
<i>Пухальский Я. В., Шапошников А. И., Азарова Т. С., Белимов А. А.</i> Оценка влияния полиэлементного загрязнения дерново-подзолистой почвы ионами Cd и Co на рост и аккумуляцию металлов растительно-микробной системой на основе мутанта гороха посевного – SGECd ^t	162
<i>Кислицына А. П., Физурин В. А.</i> Влияние погодных условий на продуктивность культуры фестулолиум в одновидовых и двухкомпонентных посевах с клевером луговым	167
<i>Муратов В. С., Кыдралиева К. А., Нишкевич Ю. А., Тропин А. Ю., Козлов И. А., Терехова В. А.</i> Пути повышения эффективности фиторемедиации нефтезагрязненных почв	171
<i>Кыдралиева К. А., Терехова В. А., Нишкевич Ю. А., Тропин А. Ю., Козлов И. А.</i> Исследование адаптогенных свойств гуминовых препаратов по отношению к растительному покрову засоленных почв	172
<i>Бекузарова С. А., Дзеранов М. В.</i> Фитотестирование загрязненных территорий и сидерация почв	174

Лукьянова М. В., Верховцева Н. В., Пашкевич Е. Б., Кубарев Е. Н.	
Влияние препарата «Ягель-ДЕТОХ» на продуктивность картофеля сорта Удача в условиях полевого опыта на дерново-подзолистой почве.....	176
Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Отходы свиноводческих комплексов – проблемы, пути решения	180
Русских А. Р., Шумилова М. А., Петров В. Г. Сравнение методов экологического мониторинга почв	183
Шатунов В. М., Ашихмина Т. Я. Актуальные проблемы методов определения нитратного и аммонийного азота в почве	188

СЕКЦИЯ
ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ
В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Чадин И. Ф., Далькэ И. В., Захожий И. Г., Малышев Р. В., Маслова С. П. Системный подход к борьбе с нежелательными зарослями инвазивных видов растений на примере борщевика Сосновского (<i>Heraclеum sosnowskyi</i> Manden.).....	193
Ковязин В. Ф., До Хонг Хань, Фам Тхи Хиен Лыонг Структура ООПТ во Вьетнаме и в России	196
Годунова Л. В., Пересторонина О. Н. Динамика стенобионтных видов ООПТ «Медведский бор»	200
Пыстина Т. Н., Семенова Н. А. Данные мониторинга популяций реликтового лишайника <i>Dendriscosticta wrightii</i> (Tuck.) V. Moncada et Lucking в южных районах Республики Коми	205
Семенова Н. А., Пыстина Т. Н. Новые находки охраняемых видов лишайников в южной части национального парка «Югыд ва»	209
Езимов В. А., Канина Л. Г., Пашкин В. С., Вострикова О. Н., Лобастов С. П. Сохранение биоразнообразия растений в коллекциях ботанического сада ВятГУ	212
Лачоха Е. П. Новые находки <i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich. в Кировской области	217
Кочурова Т. И., Козвонин Д. В. О находке вольфии (<i>Wolffia</i> , Lemnaceae) в Кировской области	219
Тарасов С. И. Прогноз восстановительной динамики древостоя лиственно-хвойного насаждения средней тайги	221
Ложкина Р. О., Шайхутдинова Г. А. Оценка состояния и динамики леса в условиях интенсивной эксплуатации	225
Березин А. А., Савиных Н. П., Лелекова Е. В. Лес на заброшенном поле	230
Атоян М. С., Малышев Р. В. Криорезистентность почек древесных видов в условиях холодного климата	234
Герлинг Н. В. Рост побегов пихты сибирской в подзоне средней тайги Республики Коми.....	237

Потапов А. А. Использование люпина узколистного в качестве сидеральной культуры в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми.....	240
Маганов И. А., Антипина Г. С. Апробация методов борьбы с растениями борщевика Сосновского первого года жизни	242
Петрова А. Б., Кавеленова Л. М., Савицкая К. А., Янков Н. В., Кузнецов А. А., Антипенко М. А. К оценке количественных параметров листового аппарата дикорастущих и культивируемых Rosaceae	246
Кочаровская Ю. Н., Волкова Е. М. Особенности популяции <i>Drosera rotundifolia</i> на карстовых болотах Тульской области.....	249
Пересторонина О. Н., Шабалкина С. В., Савиных Н. П., Конева Е. С. Эколого-ценотическая оценка флоры пойменных лугов в окрестностях пос. Аркуль Нолинского района Кировской области	252
Любова С. В., Шаманин А. А. Приемы улучшения пойменных лугов на севере Архангельской области	256
Тимонов А. С., Домнина Е. А., Кантор Г. Я. Выбор оптимальных условий аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата для целей детального геоботанического картирования на примере пойменного луга...261	261
Савиных Н. П., Шаклеина М. Н., Гвоздев Е. Н. Анатомическое строение оси побега гравилата речного (<i>Geum rivale</i> L.)	267
Коновалова И. А., Савиных Н. П. Адаптационные механизмы прибрежной экобиоморфы <i>Solanum dulcamara</i> L. на тканевом уровне.....	270
Полубоярцева А. Н., Савиных Н. П., Лелекова Е. В. Анатомические особенности стебля водной экобиоморфы <i>Polygonum amphibium</i> L.	274
Шаркаева Э. Ш., Апарин С. В. Ростовые реакции древесных растений в условиях городской среды	279
Выродов И. В. Эффективность биологических барьеров у растений при разной техногенной загрязненности биотопа.....	282
Потапова В. Д., Волкова Е. М. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений разных экологических групп на территории музея-заповедника «Ясная Поляна»	284
Дудин Г. П., Черемисинов М. В., Помелов А. В. Хлорофилльные мутации ячменя, полученные фунгицидами, применяемыми в период вегетации	287
Елькина Г. Я. Аминокислотный состав растений при загрязнении кадмием.....	290
Товстик Е. В., Полушкина Н. В., Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н. Оценка содержания свинца в растениях ячменя полевого агроценоза в придорожной зоне.....	295
Товстик Е. В., Шуплецова О. Н., Огородникова С. Ю., Солкина Г. А. Изучение устойчивости растений ячменя к действию кадмия	298
Бакулина А. В., Широких И. Г. Анализ экологических рисков в связи с использованием постгеномных технологий в селекции ячменя.....	301

<i>Лапин А. А., Калайда М. Л., Идрисова И. И.</i> Антиоксидантные свойства растительных ингредиентов для рыбоводства	305
--	-----

СЕКЦИЯ
ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ
В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<i>Герасимов Ю. Л.</i> Оценка состояния пруда Сухого в г. Самара по коловраткам.....	310
<i>Макаров М. В.</i> Сезонная динамика численности <i>Melaraphe neritoides</i> Linnaeus, 1758 (Mollusca: Gastropoda) у побережья Крыма (Черное море)	314
<i>Долгин М. М., Мелехина Е. Н., Колесникова А. А., Конакова Т. Н., Кудрин А. А., Таскаева А. А.</i> Исследования почвенных беспозвоночных как биоиндикаторов состояния окружающей среды на европейском северо-востоке России.....	317
<i>Доровских Г. Н., Мазур В. В.</i> Содержание металлов в гольяне из бассейнов рек Печора и Вычегда	320
<i>Ильясова А. Р., Мельникова А. В.</i> Использование изменчивости элементов рисунка переднеспинки клопа-солдатика (<i>Pyrrhocoris apterus</i>) в региональной системе биоиндикации	325
<i>Кулакова О. И., Татаринов А. Г.</i> Редкие и исчезающие чешуекрылые (Lepidoptera) Республики Коми: 20 лет наблюдений.....	328
<i>Пестов С. В.</i> Двукрылые суходольных лугов южной тайги Кировской области	332
<i>Целищева Л. Г.</i> Встречи редких видов насекомых в Кировской области в 2016–2017 гг.	336
<i>Лапин А. А., Литвинов С. Д., Идрисова И. И.</i> Использование гидробионтов вместо мышей – будущее персонализированной химиотерапии.....	339
<i>Лапин А. А., Калайда М. Л., Васильев И. Н.</i> Использование отходов птицеводства и животноводства для производства добавок в корма для рыб.....	344
<i>Рябов В. М.</i> Материалы о распространении редких видов птиц на территории перспективной ООПТ «Атарская лука»	349
<i>Рогожникова Е. В.</i> Результаты учета мелких млекопитающих на участке «Нургуш» заповедника «Нургуш» в 2017 г.	352
<i>Владыкина М. Н.</i> <i>Posthodiplostomum cuticola</i> в заповеднике «Нургуш».....	357

СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

РЕАКЦИЯ ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ АВИАЦИОННЫМ КЕРОСИНОМ В ПОЛЕВОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

М. Ф. Дорохова, П. П. Кречетов

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
dorochova@mail.ru, krechetov@mail.ru*

Целью исследований было изучение реакции зеленых водорослей в градиенте концентраций авиационного керосина марки Т1 в почвах четырех ландшафтов Приморья в рамках выявления их устойчивости к углеводородному загрязнению.

Район исследования расположен в подзоне хвойно-широколиственных лесов с муссонным климатом и среднегодовым количеством осадков, равным 496 мм. Полевые эксперименты проведены на надпойменных террасах р. Зеи в ее нижнем течении, где заболоченные луга и осоковые болота сочетаются с лесостепными ландшафтами. Ключевые участки заложены в березово-сосновом лесу на бурых лесных оподзоленных почвах, дубовом лесу на перегнойных почвах, влажнотравном лугу и осоково-сфагновом болоте на лугово-болотных перегнойных почвах. На каждом ключевом участке варианты эксперимента различались содержанием авиационного керосина в слое 0-10 см почвы (1, 5, 25, 50 и 500 г/кг), а при равной нагрузке – наличием-отсутствием травяного покрова.

Видовой состав зеленых водорослей изучен в жидкой питательной среде Болда [1]. Состав эковиоморф (жизненных форм водорослей) определен по [2].

В сообществах микрофототрофов незагрязненных почв зеленые водоросли играют разную роль: в почвах под лесными фитоценозами они составляют 63–67% от общего числа видов и образуют основу альгоцианобактериальных сообществ, в почвах осоково-сфагнового болота их доля уменьшается до 58%, в почвах под влажнотравным лугом она наименьшая – 44%. В лесных почвах (бурой лесной оподзоленной и перегнойной) преобладают теневыносливые виды водорослей, требовательные к влаге (относящиеся к X- и H-жизненным формам), а также виды, чрезвычайно устойчивые к экстремальным факторам среды (в лесу таким фактором является наличие лесной подстилки) – представители Ch-формы (табл.). В лугово-болотных перегнойных почвах влажнотравного луга, помимо перечисленных жизненных форм зеленых водорослей, развиваются представители C-формы, образующие

обильную слизь и довольно требовательные к влаге. В почвах осоково-сфагнового болота ведущей группой являются амфибиальные и гидрофильные водоросли, велика роль представителей Н- и С-форм (табл.). Во всех почвах, кроме лугово-болотной перегнойной влажнотравного луга, зеленые водоросли входят в комплекс доминирующих видов.

Во всех загрязненных почвах высокие дозы авиационного керосина вызывают «выпадение» чувствительных к углеводородам видов: 50%-ное уменьшение разнообразия зеленых водорослей отмечено в перегнойных почвах в вариантах с 25 г/кг и более загрязнителя, в бурой лесной оподзоленной и лугово-болотной перегнойной почве болота – с 50 г/кг и более загрязнителя, в лугово-болотной перегнойной почве влажнотравного луга – с 500 г/кг (рис. 1). Наименее устойчивы к загрязнению изученных почв авиационным керосином гидрофильные виды зеленых водорослей и представители С-жизненной формы (табл.). Стимуляция развития зеленых водорослей – возрастание их разнообразия (за счет сохранения видов, свойственных незагрязненной почве, и появления устойчивых к углеводородам видов) наблюдается лишь в почве влажнотравного луга при содержании авиационного керосина, равном 5 г/кг. Там доля зеленых водорослей в составе альго-цианобактериального сообщества составляет 122–128% от уровня, свойственного незагрязненной почве.

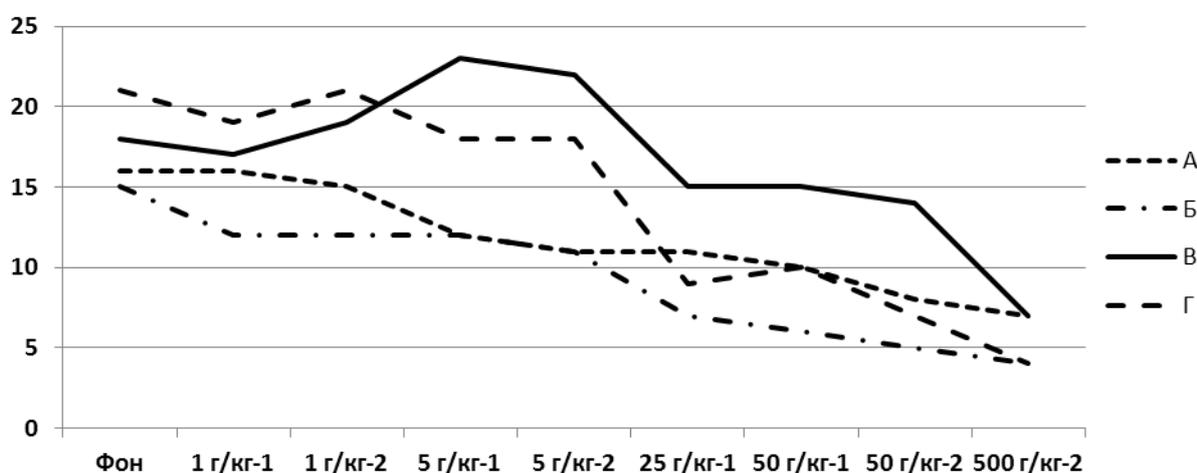


Рис. 1. Число видов зеленых водорослей в альго-цианобактериальных сообществах: А – бурой лесной оподзоленной почвы, Б – перегнойной почвы, В – лугово-болотной перегнойной почвы влажного луга, Г – лугово-болотной перегнойной почвы осоково-сфагнового болота

**Спектры жизненных форм зеленых водорослей
(% от общего числа видов)**

Почвы Варианты	Бурая лесная оподзоленная	Переговойная	Лугово-болотная переговойная (влажный луг)	Лугово-болотная переговойная (болото)
Фон	$C_8X_{17}H_{33}Ch_{42}$	$C_8X_{23}H_{30}Ch_{31}Hydr_8$	$C_{20}X_{20}H_{20}Ch_{40}$	$C_{20}X_7H_{27}Ch_{13}Hydr_{33}$
1 г/кг – 1	$C_8X_{23}H_{30}Ch_{31}Hydr_8$	$C_{10}X_{27}H_{27}Ch_{27}Hydr_9$	$C_{15}X_{21}H_{21}Ch_{43}$	$C_8X_{14}H_{21}Ch_{21}Hydr_{36}$
1 г/кг – 2	$C_8X_{23}H_{30}Ch_{31}Hydr_8$	$C_{10}X_{20}H_{30}Ch_{30}Hydr_{10}$	$C_{19}X_{19}H_{25}Ch_{37}$	$C_{13}X_{13}H_{25}Ch_{18}Hydr_{31}$
5 г/кг – 1	$C_9X_{27}H_{19}Ch_{36}Hydr_9$	$C_{17}X_{25}H_{17}Ch_{33}Hydr_8$	$C_{15}X_{20}H_{20}Ch_{30}Hydr_{15}$	$C_7X_{14}H_{29}Ch_{14}Hydr_{36}$
5 г/кг – 2	$C_{10}X_{20}H_{40}Ch_{30}$	$C_{11}X_{22}H_{23}Ch_{33}Hydr_{11}$	$C_{11}X_{22}H_{22}Ch_{28}Hydr_{17}$	$C_{15}X_{15}H_{24}Ch_{15}Hydr_{31}$
25 г/кг – 1	$X_{27}H_{18}Ch_{55}$	$C_{14}X_{14}H_{29}Ch_{43}$	$C_{17}X_{25}H_8Ch_{42}Hydr_8$	$C_{20}X_7H_{27}Ch_{13}Hydr_{33}$
50 г/кг – 1	Нет данных	$C_{17}X_{17}H_{33}Ch_{33}$	$C_{17}X_{25}H_8Ch_{50}$	$X_{43}H_{14}Ch_{43}$
50 г/кг – 2	$X_{25}H_{25}Ch_{50}$	$X_{20}H_{20}Ch_{60}$	$C_{17}X_{17}Ch_{58}Hydr_8$	$C_{12}X_{38}H_{12}Ch_{38}$
500 г/кг – 2	$X_{14}H_{14}Ch_{72}$	$X_{25}H_{25}Ch_{50}$	$C_{20}Ch_{80}$	$X_{33}H_{17}Ch_{33}Hydr_{17}$

*1 – с растительностью, 2 – без растительности

Благодаря большей устойчивости к загрязнению авиационным керосином цианобактерий по сравнению с зелеными водорослями (что выражается в увеличении разнообразия цианобактерий в загрязненных почвах [3]) изменяется их соотношение в альго-цианобактериальных сообществах. Во всех почвах, где в отсутствии загрязнения зеленые водоросли составляют основу сообществ микрофототрофов, при загрязнении наблюдается уменьшение их доли: до 47–53% в почвах под лесными фитоценозами и до 40% – в лугово-болотных перегнойных почвах осоково-сфагнового болота. Соотношение числа видов цианобактерий к числу видов зеленых водорослей возрастает (рис. 2).

В лугово-болотных перегнойных почвах влажнотравного луга, где в отсутствии загрязнения велика роль цианобактерий в альго-цианобактериальных сообществах (34% от числа видов микрофототрофов) и при загрязнении их роль изменяется незначительно, доля зеленых водорослей возрастает. Соотношение числа видов цианобактерий к числу видов зеленых водорослей в целом падает (рис. 2).

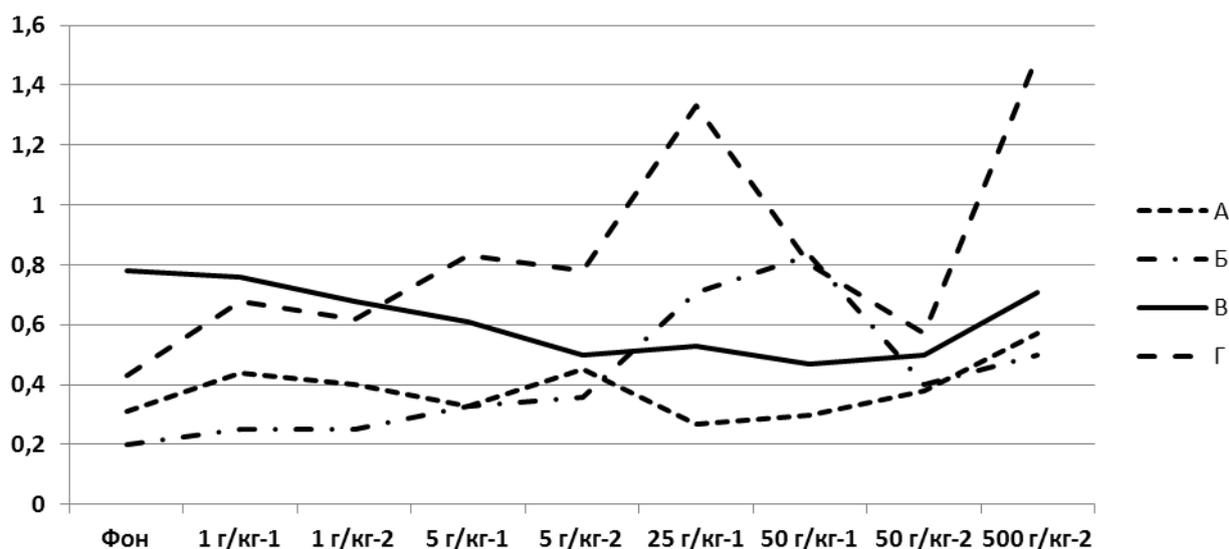


Рис. 2. Соотношение Cyanobacteria / Chlorophyta+Streptophyta в альго-цианобактериальных сообществах: А – бурой лесной оподзоленной почвы, Б – перегнойной почвы, В – лугово-болотной перегнойной почвы влажного луга, Г – лугово-болотной перегнойной почвы осоково-сфагнового болота

Наиболее устойчивы к загрязнению изученных почв авиационным керосином некоторые представители пор. Chlamydomonadales и Chlorosarcinales, которые доминируют при самой высокой дозе загрязнителя.

Закономерности изменения альго-цианобактериальных сообществ в градиенте загрязнения почв авиационным керосином могут быть использованы в комплексной оценке состояния почв в районах, подверженных воздействию этого поллютанта.

Литература

1. Bishoff H. W., Bold H. C. Some soil algae from Enchanted Rock and related algae species // Univ. Texas Publ. 1963. № 6318. P. 43–59.
2. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
3. Дорохова М. Ф., Кречетов П. П. Реакция цианопрокариот на загрязнение почв авиационным керосином в полевом эксперименте // Цианопрокариоты (цианобактерии): систематика, экология, распространение: Тез. докл. Междунар. науч. школа-конф. (Апатиты, 5–9 сентября 2016 г.). Апатиты, 2016. С. 58–61.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*А. В. Гогонин, Т. Н. Щемелинина, В. В. Володин,
Е. Н. Патова, И. В. Новаковская*

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, algogonin@gmail.com

Потребление водных ресурсов и, соответственно, их повсеместное загрязнение органическими и неорганическими поллютантами происходит практически всеми отраслями промышленности, что негативно сказывается над состоянием гидрографической сети Республики Коми и страны в целом. Вероятность поступления в водные экосистемы ксенобиотиков, которые накапливаются во всех трофических цепях, и биогенных элементов, приводящих к эвтрофикации, можно снизить, подобрав рациональный комплекс методов очистки сточных вод, в том числе биологический способ снижения загрязняющих веществ.

Основными загрязняющими веществами предприятий целлюлозно-бумажного производства являются: общий азот ($N_{\text{общ}}$), фосфор общий ($P_{\text{общ}}$), аммоний-ионы (NH_4^+), нитрат-ионы (NO_3), нитрит-ионы (NO_2), ионы железа (Fe) и алюминия (Al), а также фенольные соединения [1].

Целью работы являлась оценка и подбор эффективных штаммов микроводорослей для очистки сточных вод целлюлозно-бумажного комплекса.

В качестве биологических агентов были выбраны штаммы микроводорослей *Coelastrum proboscideum* Bohlin, *Eustigmatos magnus* (B.-Peters.) Hibberd., *Chlorella vulgaris* Beijer. f. *globosa* V. Andr. и представитель цианопрокариот *Anabaena* sp. (рис. 1), содержащиеся в живой коллекции культур водорослей Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

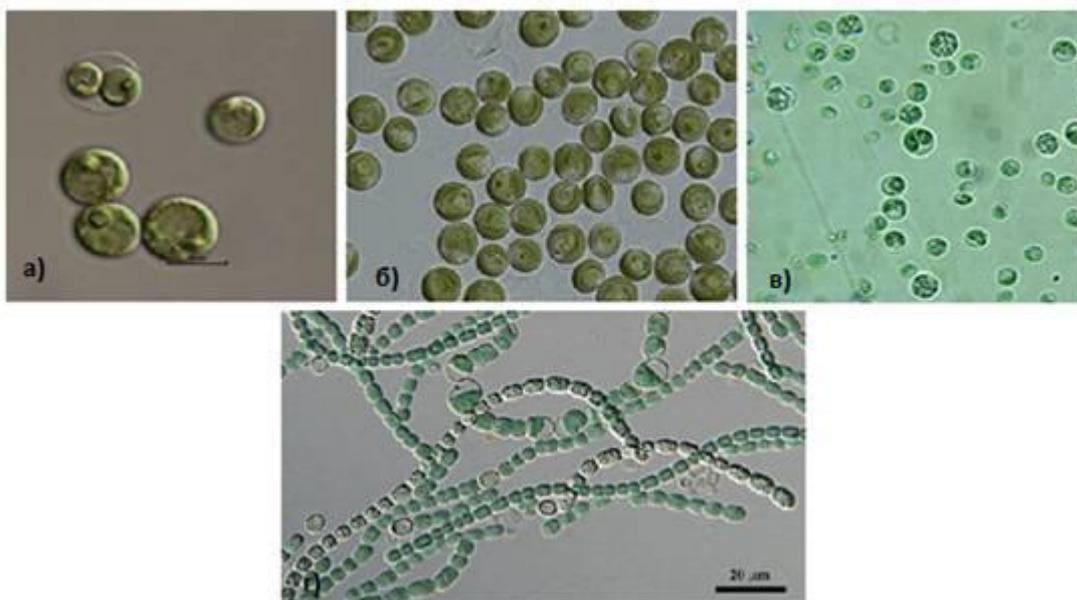


Рис. 1. Биологические агенты (а – *C. proboscideum*, б – *E. magnus*, в – *C. vulgare*, г – *Anabaena sp.*)

Отбор сточной воды был произведен с аэротенков очистных сооружений целлюлозно-бумажного предприятия, на которых осуществляется очистка как производственных стоков предприятия, так и городских коммунально-бытовых вод [2]. Культивирование биомассы микроводорослей проводилось на двух питательных средах Тамия и Люка [3] в течение двух недель при 220 об/мин, комнатной температуре и освещении фитолампой.

Работа была проведена в два этапа, со следующими условиями: сточная вода (1,5 литра) инокулировалась биомассой микроводорослей в количестве 1% от общего объема воды. В течении 24 часов проводилось барботирование воздухом исследуемой жидкости. Контролем служила сточная вода без внесения биологических агентов. Эксперименты проводились сутки с учетом того, что технология очистки сточной воды в аэротенках предусматривает лишь суточное пребывание воды в процессе биологической очистки в аэротенках [2].

Спустя 24 часа после введения биомассы водорослей образцы воды были проанализированы на содержание загрязняющих веществ, содержащихся в сточной воде.

В первом эксперименте были исследованы штаммы микроводорослей *Coelastrum proboscideum*, *Eustigmatos magnus*, а также один представитель цианопрокариот *Anabaena sp.* Результаты химического анализа первого эксперимента отражены в таблице 1.

Во втором эксперименте в исследование добавили одноклеточную водоросль *Chlorella vulgaris*, которая в литературе описана, как биотехнологический агент для очистки загрязненных вод [4, 5]. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 1

**Количественное содержание основных загрязняющих веществ
в сточной воде без водорослей (контроль) и с внесением биомассы
исследуемых микроводорослей**

№	Штамм микроводоросли, введенный в пробу	Al, мкг/дм ³	Fe, мг/дм ³	N общий, мг/дм ³	Фенол, мг/дм ³	P общий, мг/дм ³
Культивированы на среде Люка						
1	<i>Anabaena sp.</i>	1130,00	0,58	22,00	30,90	0,18
2	<i>E. magnus</i>	970,00	0,75	20,00	31,30	0,063
3	<i>C. proboscideum</i>	780,00	1,31	19,06	18,60	0,26
Культивированы на среде Тамия						
4	<i>Anabaena sp.</i>	920,00	0,78	15,00	25,2	0,070
5	<i>E. magnus</i>	970,00	0,56	15,00	23,9	0,50
6	<i>C. proboscideum</i>	780,00	0,69	20,00	25,4	0,72
7	Контроль	1190,00	0,75	20,00	36,90	0,39

Таблица 2

**Количественное содержание основных загрязняющих веществ
в сточной воде без водорослей (контроль) и с внесением биомассы
исследуемых микроводорослей**

№	Шифр пробы	Al, мкг/дм ³	Фенол, мкг/дм ³	NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	N _{общ.} , мг/дм ³	S _{общ.} , мг/дм ³	Fe, мг/дм ³
Культивированы на среде Люка							
1	<i>C. vulgaris</i>	300	10,3	<0,02	2,6	114	0,21
2	<i>E. magnus</i>	350	20	<0,02	3,5	115	0,18
3	<i>C. proboscideum</i>	380	10,6	<0,02	5,1	119	0,21
Культивированы на среде Тамия							
4	<i>Anabaena sp.</i>	280	7,9	<0,02	3,4	113	0,20
5	<i>E. magnus</i>	340	17	<0,02	4,6	117	0,20
6	<i>C. vulgaris</i>	300	14,5	<0,02	4,0	115	0,19
7	<i>C. proboscideum</i>	250	11,5	<0,02	4,1	116	0,20
8	Контроль	330	6,5	<0,02	4,3	130	0,17

Микроводоросли эффективно снижают содержание в сточных водах соединений азота, так как они являются источником энергии и вещества в клетках микроводорослей, что и показано в наших исследованиях: снижение содержания общего азота в сточной воде после введения штаммов *E. magnus*, *C. proboscideum*, *C. vulgaris* происходило от 25 до 50%.

В первом эксперименте снижение содержания фосфора происходило при внесении микроводорослей: *E. magnus* – 83%, *C. proboscideum* – 39%, *Anabaena sp.* – от 53 до 82%.

Ионы железа и алюминия являются микроэлементами в питании водорослей [6]. В первом эксперименте происходила аккумуляция ионов железа клетками штаммов: *E. magnus* – 25%, *Anabaena sp.* – 23%. Ионы алюминия

аккумулировались клетками следующих штаммов: *E. magnus* – 14%, *C. proboscideum* – 34%.

Во втором эксперименте было замечено небольшое снижение $S_{\text{общ}}$ во всех образцах. Сера снижается за счет включения ее в состав белков, ферментов и пептидов в клетки микроводорослей [6].

Содержание фенольных соединений снижалось в пробах до 48 % (*C. vulgaris*), 50% (*C. proboscideum*) и 33% (*E. magnus*). Стоит отметить, что результаты по изменению содержания фенолов в сточной воде в большинстве случаев были противоречивы. При введении некоторых микроводорослей содержание фенолов увеличивалось. Вероятно, в ходе жизнедеятельности микроводорослей происходила деструкция гуминовых и фульвокислот до фенолов [7].

При сравнении биотехнологических свойств микроводорослей, культивируемых на разных средах, можно отметить, что среда Тамия была предпочтительней среды Люка, лишь в отдельных случаях микроводоросли, культивируемые на менее питательной среде Люка, проявляли способность к деструкции и потреблению загрязняющих веществ.

Таким образом, все испытанные микроводоросли и цианопрокариоты оказывали положительный эффект на очистку сточных вод от основных загрязняющих веществ. Штаммы микроводорослей рекомендуется испытать в сточной воде в условиях производства целлюлозно-бумажного предприятия.

Литература

1. Щемелинина, Т.Н. Очистка сточных вод лесопромышленного комплекса с использованием микроводорослей / Т. Н. Щемелинина, Е. Н. Патова, Д. В. Тарабукин, Е. М. Анчугова, Д. П. Очеретенко, В.В. Володин // Экология и промышленность России. М.: Изд-во Калвис, 2015. С. 44–47.
2. Щетинин, А. И. Сыктывкарский ЛПК: решение проблем очистки сточных вод / А. И. Щетинин, Ю. В. Костин, Е. Л. Андреев и др. // Водоснабжение и санитарная техника. М.: Изд-во ВСТ, 2010. С. 34–38.
3. Питательная среда Люка для культивирования микроводорослей пат. 2556126 Рос. Федерация: МПК С12N 1/12 (2006.01), Щемелинина Т. Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Коми научного центра УрО РАН № 2014112676/10; заявл. 01.04.2014; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 19. 7 с.
4. Богданов, Н. И. Биологическая реабилитация водоёмов / Н. И. Богданов. 3-изд., доп. и перераб., Пенза: Изд-во РИО ПГСХА, 2008. 126 с.
5. Вагисов, Т. В. Вопросы охраны водоёмов от загрязнения / Т. В. Вагисов // Культивирование и применение водорослей в народном хозяйстве: Материалы респ. конф. Ташкент: Изд-во Фан, 1984. С. 11–12.
6. Упитис В. В. Макро- и микроэлементы в оптимизации минерального питания микроводорослей. Рига: Зинатне, 1983. 240 с.
7. Lika, K. Modeling the biodegradation of phenolic compounds by microalgae / K. Lika, I. A. Papadakis // Journal of Sea Research. 2009. P. 135–146.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬГОФЛОРЫ ХВОЙНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА «МАРАДЫКОВСКИЙ»

Л. В. Кондакова^{1,2}, К. А. Безденежных¹

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, usr11521@vyatsu.ru*

Почвенные водоросли и цианобактерии широко применяются в оценке различных видов техногенного влияния на почву [1–6]. Под влиянием техногенной нагрузки происходит трансформация водорослевых группировок и состава доминирующих видов; при усилении пресса происходит обеднение видового состава и снижение численности водорослей. Для оценки последствий функционирования объекта уничтожения химического оружия, в рамках продолжения мониторинговых исследований территории района, актуальным является изучение видового состава и динамики почвенной альгофлоры хвойных фитоценозов.

Цель исследования: изучение альгофлоры хвойных фитоценозов в районе объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский».

Материалом для работы послужили почвенные образцы, отобранные в 2016–2017 гг. на участках, расположенных на разном удалении от объекта мониторинга (от 1,5 до 5,06 км) (рис. 1). В качестве контрольной территории был выбран участок соснового леса, находящийся от объекта на расстоянии 9,81 км (№ 112).



Рис. 1. Схема расположения хвойных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский»

Видовой состав альгофлоры изучали постановкой чашечных культур со стеклами обрастания [1], численность клеток определяли прямым микроскопированием на мазках [5]. Жизненные формы (биоморфы) почвенных водорослей приведены по классификации [1, 7].

В почвах участков сосновых фитоценозов было выявлено 55 видов почвенных водорослей и цианобактерий (ЦБ), таксономическая структура альгофлоры представлена 4 основными отделами: Cyanobacteria – 4 вида (7,1%), Chlorophyta – 36 (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 (45,5%), Ochrophyta – 7 (21,2%) и Bacillariophyta – 7 (21,2%). Распределение видов по отдельным участкам мониторинга представлено на рисунке 2. Наибольшее количество видов (20 видов) выявлено на участках мониторинга сосновых лесов № 34, № 47, расположенных на расстоянии 2,69 км. от объекта и участке № 65, расположенном на расстоянии 3,88 км. На участке елового леса № 13 (1,5 км. от объекта) выявлены представители только отдела Chlorophyta (6 видов).

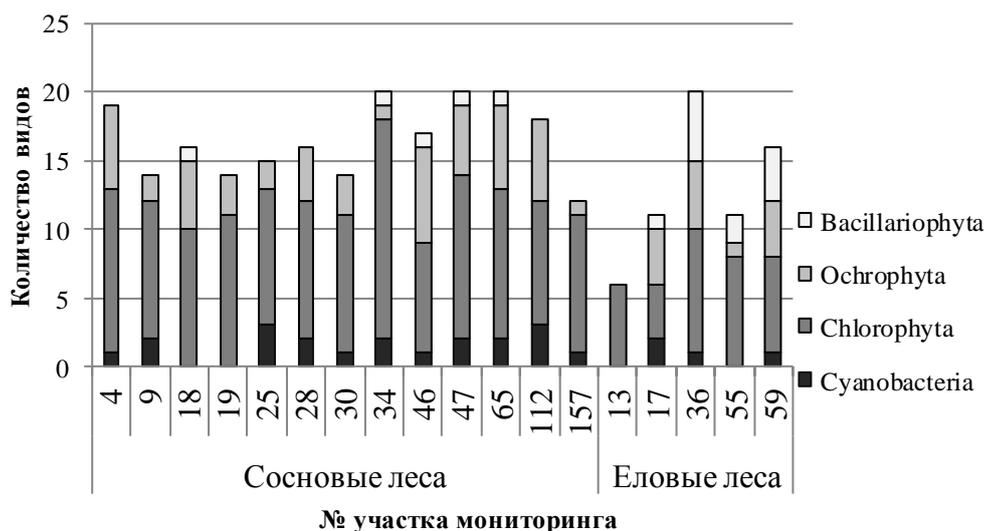


Рис. 2. Видовой состав альгофлоры хвойных фитоценозов на участках мониторинга в районе объекта «Марадыковский»

В почвах сосновых и еловых лесов состав доминирующего комплекса микрофототрофов сходен: *Chlamydomonas gloeogama*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Coccomyxa solarinae*, *Pseudococcomyxa simplex* (зелёные водоросли). В доминирующий комплекс не входят, но часто встречаются виды жёлтозелёных и эустигматофитовых водорослей *Pleurochloris commutata*, *Vischeria helvetica*. Цианобактерии отмечены не на всех участках, выявлены представители из родов: *Leptolyngbya*, *Phormidium*, *Nostoc*, *Cylindrospermum*. Из диатомовых водорослей выявлены: *Hantzschia amphioxys*, *Navicula pelliculosa*, *Nitzschia palea*, *Pinnularia borealis*, *Stauroneis anceps*. При невысоком видовом разнообразии альгофлоры отдельных участ-

ков мониторинга, наблюдается их сходство в отношении состава доминирующих видов, преобладающих представителей жизненных форм.

Сравнение видового разнообразия альгофлоры сосновых и еловых фитоценозов с использованием коэффициента Сьеренсена-Чекановского представлено в таблицах (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Коэффициенты Сьеренсена-Чекановского сосновых лесов

Участки	4	9	18	19	25	28	30	34	46	47	65	112	157
4		53,3	58,8	56,3	60,0	56,3	51,6	43,2	52,9	50,0	50,0	66,7	55,2
9			42,9	53,8	58,3	61,5	40,0	38,7	50,0	60,0	40,0	66,7	69,6
18				60,0	42,9	53,3	34,5	34,3	62,5	58,8	47,1	51,6	51,9
19					46,2	42,9	22,2	36,4	46,7	50,0	37,5	62,1	56,0
25						46,2	32,0	64,5	57,1	33,3	46,7	44,4	60,9
28							37,0	30,3	66,7	68,8	43,8	48,3	56,0
30								38,7	48,3	38,7	45,2	57,1	25,0
34									40,0	27,0	37,8	35,3	40,0
46										58,8	47,1	62,1	51,9
47											38,9	66,7	55,2
65												54,5	34,5
112													53,8
157													

Коэффициент Сьеренсена-Чекановского для сосновых фитоценозов варьирует от 25,0 % до 69,6%, для еловых фитоценозов – от 25,0 % до 60%.

Таблица 2

Коэффициенты Сьеренсена-Чекановского еловых лесов

Участки	13	17	36	55	59
13		26,7	40,0	58,8	38,1
17			42,9	30,0	25,0
36				60,0	47,1
55					38,5
59					

Сравнение видового разнообразия альгофлоры между участками сосновых и еловых лесов показало низкое сходство (табл. 3). Коэффициент Сьеренсена-Чекановского для хвойных фитоценозов варьирует от 9,5 до 60,6%.

Спектр жизненных форм альгофлоры участков мониторинга сосновых фитоценозов: $Ch_{14}C_{14}X_{11}H_5V_4hydr_3CF_2P_2$, еловых лесов: $Ch_9X_7V_7C_3H_2CF_2P_2hydr_1$. Преобладают виды Ch-, C-, X- жизненных форм, обладающие высокой жизнеспособностью в неблагоприятных условиях, теневыносливые, нуждающиеся в достаточном увлажнении [7].

Количественный учет водорослей методом прямой микроскопии хвойных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский» был проведен в 2016–2017 гг. Динамика численности почвенных водорослей и цианобактерий представлена на рисунке 3. На большинстве участков мониторинга числен-

ность почвенных водорослей в 2017 году возросла в сравнении с 2016 г. Это можно объяснить более благоприятными условиями увлажнения в 2017 году. При этом на ряде участков, с активным развитием травостоя, отмечено снижение общей численности водорослей и цианобактерий.

Таблица 3

Коэффициенты Сьеренсена-Чекановского альгофлоры еловых и сосновых лесов, %

Участки	Еловые леса				
	13	17	36	55	59
4	25,0	22,2	37,8	34,5	30,3
9	33,3	38,1	38,7	26,1	29,6
18	18,2	32,0	51,4	29,6	25,8
19	20,0	43,5	30,3	16,0	20,7
25	33,3	9,5	32,3	17,4	29,6
28	40,0	32,0	60,6	40,0	41,4
30	31,6	18,2	25,0	33,3	22,2
34	25,0	14,8	27,0	13,8	12,1
46	36,4	40,0	57,1	44,4	32,3
47	25,0	37,0	54,1	27,6	36,4
65	25,9	29,6	43,2	20,7	36,4
112	19,0	25,0	41,2	23,1	26,7
157	35,3	10,0	33,3	27,3	30,8

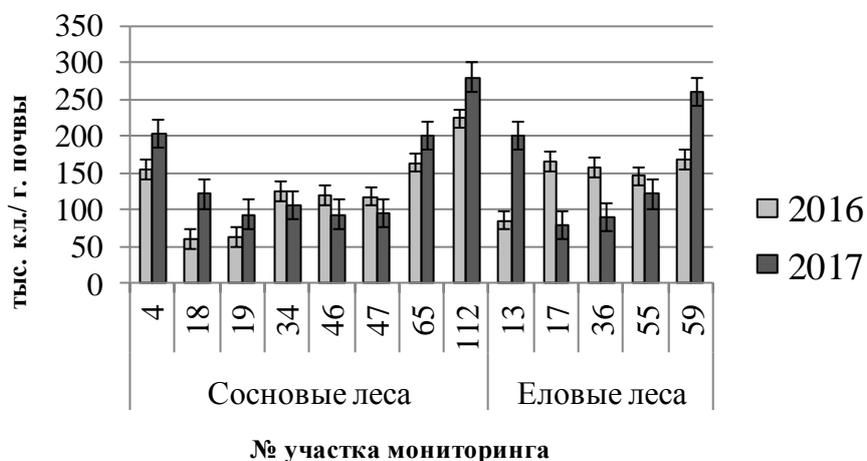


Рис. 3. Динамика численности водорослей и цианобактерий в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский», тыс. кл./г почвы

Таким образом, таксономическая структура хвойных фитоценозов в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» представлена 4 основными отделами почвенных водорослей. Доминируют зелёные водоросли из родов *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Coccomyxa*, *Pseudococcomyxa*, встречаются представители жёлтозелёных и эустигматофитовых водорослей (виды родов *Vischeria*, *Pleurochloris*). Сравнение видового разнообразия альгофлоры с использованием коэффициентов

Сьеренсена-Чекановского показало умеренное сходство альгофлоры участков сосновых лесов и низкое – сосновых и еловых.

Среди спектра жизненных форм преобладают толерантные (Ch-форма), теневыносливые (X-форма) и виды способные образовывать обильную слизь (C-форма).

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.

Литература

1. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976.
2. Штина Э. А. Зенова Г. Н., Манучарова Н. А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1449–1461.
3. Кабиров Р. Р. Альгоиндикация с использованием почвенных водорослей (методологические аспекты) // Альгология. 1993. Т. 3. № 3. С. 73–83.
4. Дубовик И. Е., Шарипова М. Ю. Сообщества почвенных водорослей техногенных ландшафтов // Итоги научных исследований биологического факультета Башкирского университета за 1994 г.: Тезисы докладов / Отв. ред. И. Ю. Усманов. Уфа: Баш. гос. ун-т, 1995. С. 16–18.
5. Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
6. Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв подзоны южной тайги Европейской части России): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2012. 34 с.
7. Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.

ФОТОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ПОЧВАХ ПОЙМЕННЫХ ПониЖЕНИЙ

Л. В. Кондакова^{1,2}, Е. В. Дабах^{2,3}, А. П. Кислицына³

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В 2017 г. были продолжены работы по изучению последствие высоких концентраций азота на микрофлору аллювиальных почв. Исследования проводились на пойменном лугу в долине р. Вятки в районе хвостохранилищ химических предприятий г. Кирово-Чепецка. Эксперимент проводился в 2013–2015 гг. и заключался в подаче из глубоких слоев пойменного озера воды, обогащенной нитратом аммония, на почвы межгрядных понижений по аналогии с внесением жидких азотных удобрений. Почвы в понижениях – аллювиальные перегнойно-глеевые. В ходе эксперимента и после его завершения контролировалась концентрация иона аммония и нитрат иона и изучалось влияние высоких доз азота на почвенную альгофлору [1].

Химические показатели определяли общепринятыми методами: нитратный азот – фотометрически [2], аммонийный азот – фотометрически с реактивом Несслера [3]. Видовое разнообразие почвенных водорослей изучали методом чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопированием свежевзятой почвы. На рисунке представлена схема расположения луга относительно водных объектов и участки отбора проб в межгривных понижениях.

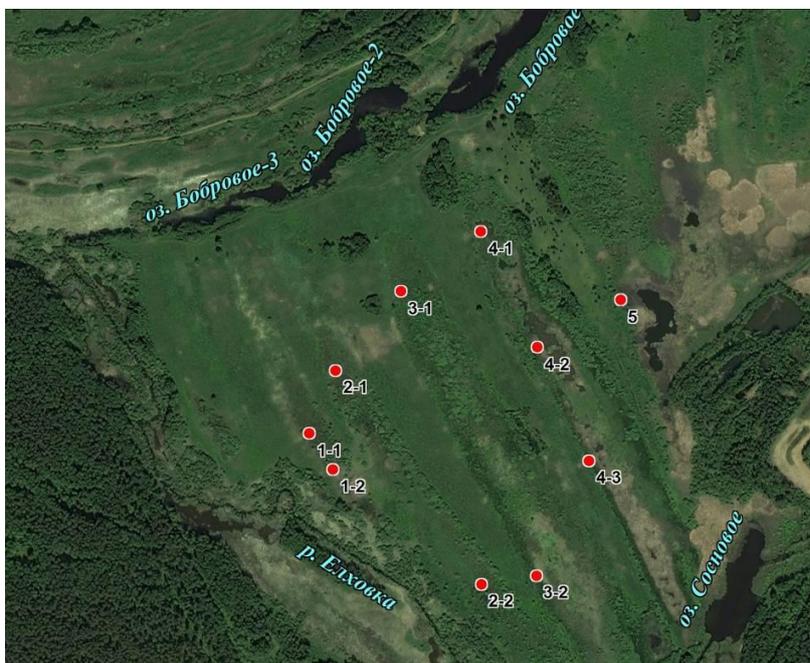


Рис. Участки отбора почвенных образцов в межгривных понижениях на пойменном лугу

В 2017 г. паводок был низким, луг не затопливался, однако большое количество осадков и относительно низкие летние температуры обеспечивали высокую влажность почв в понижениях. Результаты химического анализа почв показали, что высокие концентрации азота в почвах сохраняются (табл. 1).

Таблица 1

Состояние межгривных понижений в 2017 г.

№ понижения	Характеристика понижений	Участки отбора проб	Содержание азота, мг/кг	
			N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
1	2	3	4	5
1	Небольшое по площади плоское понижение, ежегодно затопливаемое со стороны р. Елховки, не поливалось.	1-1	33	203
		1-2	30	87
2	Обширное понижение, затопление которого начинается с юга со стороны р. Елховка, не поливалось, загрязнение возможно только за счет поверхностного стока с поливаемых участков грив.	2-1	33	87
		2-2	39	87
3	Обширное, неглубокое понижение, связанное в паводок с оз. Бобровым-2, не поливалось, в 2017 г. не заливалось.	3-1	35	16
		3-2	49	24

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
4	Глубокое и наиболее обводненное понижение, связанное во время паводков с оз. Бобровое 1 и оз. Сосновое, поливалось. В паводок 2017 года не затапливалось.	4-1	37	182
		4-2	263	200
		4-3	525	345
5	Обширное заросшее кустарником понижение, обводненное, но относительно изолированное от озер, поливалось, в 2017 г. не затапливалось.	5	117	660

Реакция альгофлоры на состояние почв представлена на основе анализа ряда показателей: общего количества видов, доминирующих и специфических видов водорослей.

В 2017 г. в почвах пойменных понижений было выявлено 64 вида микрофототрофов, в том числе: Cyanobacteria – 18 (28,1%), Chlorophyta – 24 (37,5%), Ochrophyta – 4 (6,3%), Bacillariophyta – 15 (23,4%) Euglenophyta – 3 (4,7%) (табл. 2).

Таблица 2

Количество видов микрофототрофов в почвах пойменных понижений

Участки	Суанобактерия	Chlorophyta	Xanthophyta+ Eustigmatophyta	Bacillariophyta	Euglenophyta	Всего
1-1	5	6	2	5	0	18
1-2	4	3	2	8	3	19
2-1	10	11	1	5	0	27
2-2	6	9	3	3	0	21
3-1	6	4	1	6	0	17
3-2	5	7	1	5	0	18
4-1	2	6	2	5	1	16
4-2	4	8	1	3	1	17
4-3	4	10	0	4	3	21
5	2	9	1	9	0	21
Всего	18	24	4	15	2	64

Доминировали зеленые водоросли и безгетероцистные ЦБ. Из гетероцистных ЦБ только в 3-ем понижении отмечены *Nostoc punctiforme*, *N. paludosum*, *Trichromus variabilis*. Диатомовые водоросли представлены гидрофильными и эдафотрофными видами. Не отмечены представители одноклеточных желтозеленых водорослей. На участках 1-3-его понижений встречены нитчатые желтозеленые водоросли *Xanthonema exile*, *X. bristolianum*, *Bumilleria klebsiana*, 4-5-го понижений – только *Bumilleria klebsiana*. Эвгленовые водоросли – *Euglena mutabilis*, *E. viridis*, *Phacus* sp. – отмечены в почвах 4-го понижения, *Euglena mutabilis* на участке 3-1.

Видовой состав доминирующих видов микрофототрофов изменялся в зависимости от состояния понижений: длительности затопления, наличия избыточного азота (табл. 3). На участках 1-3 понижений в составе доминантов

присутствуют как эдафотфильные, так и гидрофильные виды, на участках 4–5 понижений на первое место выходят гидрофильные виды.

Таблица 3

**Доминирующие виды водорослей и ЦБ почв
пойменных луговых понижений**

№ участка	Доминирующие виды
1-1	<i>Leptolyngbya angustissima</i> , <i>L. fragile</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Chlorococcum infusionum</i> , <i>Bumilleria klebsiana</i> , <i>Navicula pelliculosa</i> , <i>Gyrosigma acuminatum</i>
1-2	<i>Leptolyngbya angustissima</i> , <i>Phormidium formosum</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Navicula mutica</i>
2-1	<i>Leptolyngbya angustissima</i> , <i>L. frigida</i> , <i>Phormidium formosum</i> , <i>Chlorococcum infusionum</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Navicula pelliculosa</i>
2-2	<i>Phormidium formosum</i> , <i>Pseudanabaena catenata</i> , <i>Chlamydomonas gloeogama</i> , <i>Klebsormidium nitens</i> , <i>Bumilleria klebsiana</i> , <i>Tribonema minus</i> , <i>Nitzschia palea</i>
3-1	<i>Phormidium formosum</i> , <i>Leptolyngbya frigida</i> , <i>Nitzschia palea</i>
3-2	<i>Leptolyngbya frigida</i> , <i>Bumilleria klebsiana</i> , <i>Chlorococcum infusionum</i> , <i>Nitzschia palea</i>
4-1	<i>Leptolyngbya frigida</i> , <i>Chlamydomonas gloeogama</i> , <i>Chlorococcum infusionum</i> , <i>Bumilleria klebsiana</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Navicula pelliculosa</i>
4-2	<i>Oscillatoria limosa</i> , <i>Phormidium formosum</i> , <i>Chlamydomonas gloeogama</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i>
4-3	<i>Nitzschia palea</i> , <i>Navicula pelliculosa</i> , <i>Euglena mutabilis</i>
5	<i>Nitzschia palea</i> , <i>Navicula pelliculosa</i> , <i>Bumilleria klebsiana</i>

Специфическими видами на участках 1-3 понижений являются почвенные виды, за исключением *Closterium* sp., в 4-ом понижении – амфибиальные и гидрофильные – *Oscillatoria limosa*, *Euglena mutabilis*, *E. viridis*, *Phacus* sp. Согласно литературным данным, отмечается способность эвглен выдерживать высокие концентрации азотных удобрений [4]. *Euglena viridis* хорошо переносит высокое содержание аммиака в водоемах (табл. 4).

Таблица 4

**Специфические виды водорослей и ЦБ почв пойменных
луговых понижений**

№ участка	Специфические виды
1-1	<i>Phormidium inundatum</i> , <i>Xanthonema bristolianum</i>
1-2	<i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Navicula mutica</i> , <i>Pinnularia borealis</i> , <i>Closterium</i> sp.
2-1	<i>Phormidium breve</i> , <i>Ph. autumnale</i> , <i>Oscillatoria amoena</i>
2-2	<i>Xanthonema exile</i> , <i>Stichococcus bacillaris</i> , <i>Gongrosira debaryana</i>
3-1	<i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Oscillatoria amoena</i>
3-2	<i>Nostoc paludosum</i> , <i>Synechococcus elongatus</i> , <i>Navicula atomus</i>
4-1	<i>Euglena mutabilis</i>
4-2	<i>Oscillatoria limosa</i> , <i>Phacus</i> sp.
4-3	<i>Euglena mutabilis</i> , <i>E. viridis</i> , <i>Phacus</i> sp.
5	<i>Synechococcus elongatus</i>

Таким образом, сочетание факторов почвообразования: пониженный рельеф, избыточное количество осадков в теплый период и высокое содержание азота – способствовало развитию в наиболее обводненных луговых понижениях амфибиальных, гидрофильных и толерантных к избытку азота видов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.

Литература

1. Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Альгосинузии пойменных лугов на техногенной территории // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 73–84.
2. ГОСТ 26488-85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. М., 1985. 4 с.
3. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО.
4. Попова Е. Г. Микрофлора почв такырного ряда // Микрофлора почв южной части СССР. М.: «Наука», 1966.

МОНИТОРИНГ АЛЬГОФЛОРЫ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ НА ТЕХНОГЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Л. В. Кондакова^{1,2}, Е. В. Дабах^{2,3}

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

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

³ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

Почвенные водоросли и цианобактерии (ЦБ) широко используются в качестве индикаторов экологических условий естественных и антропогенно трансформированных почв. Климатические факторы, особенно влажность и инсоляция, наличие доступных биогенных веществ оказывают влияние на реализуемость видového потенциала почвенной альгофлоры. Более существенные изменения альгофлоры происходят под воздействием техногенной нагрузки: они заключаются в изменении видového разнообразия, структуры альгогруппировок, состава доминирующих комплексов, соотношения жизненных форм микрофототрофов [1, 2, 3, 4].

В течение ряда лет в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса изучалось видовое разнообразие альгофлоры пойменных лугов.

На почвы луга подавалась вода из озера, обогащенная нитратом аммония, по аналогии с жидкими азотными удобрениями. Вследствие неравномерности распределения воды по поверхности, содержание азота в почвах после эксперимента варьировало в широких пределах.

Целью данного исследования являлось изучение видového разнообразия почвенных водорослей и ЦБ пойменных луговых экосистем после внесения разных доз азота. На участках мониторинга в пределах луга отбирались смешанные образцы почв, в которых определялись физико-химические показате-

ли, а также содержание нитратного и аммонийного азота по общепринятым методикам. Изучение видового разнообразия микрофототрофов проводили методом чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопированием свежевзятой почвы.

Почвы на рассматриваемых участках луга аллювиальные дерновые легко- и среднесуглинистые. Полив в 2013–2015 гг. экспериментальных участков богатой азотом водой сопровождался резким увеличением концентрации минерального азота в почве и возрастанием кислотности [5].

В почвах участков с избыточным содержанием азота видовое разнообразие водорослей в 2015–2016 гг. было в 2 раза ниже по сравнению с контрольным участком. На участках луга с умеренным поливом видовое разнообразие альгофлоры было ниже, чем на контрольном участке, но выше по сравнению с интенсивно поливаемыми участками (табл. 1).

Таблица 1

Количество видов водорослей и ЦБ в почвах пойменных луговых участков (пробы от 17.08.16)

Участки	Cyanobacteria	Chlorophyta	Ochrophyta	Bacillariophyta	Всего видов
Контроль	7	11	5	6	29
Почвы с высоким содержанием азота					
38 (умеренный полив)	2	6	2	6	16
Почвы с избыточным содержанием азота					
14 (интенсивный полив)	0	9	0	0	9
27 (интенсивный полив)	0	7	0	0	7
23 (интенсивный полив)	0	6	0	1	7

Всего в почвах луговых участков на пойменных гривах было выявлено 44 вида водорослей и ЦБ, в том числе: Cyanobacteria – 9 (20,4%), Chlorophyta – 22 (50%), Ochrophyta – 7 (15,9%), Bacillariophyta – 6 (13,6%). Наибольшее видовое разнообразие микрофототрофов отмечено на контрольном участке. На участках с интенсивным поливом структура альгогруппировок была нарушена, были отмечены только зеленые водоросли, толерантные к азоту. При умеренном поливе, когда содержание аммонийного азота в почвах составляло от 15 до 33 мг/кг, нитратного – от 10 до 27 мг/кг, а кислотность увеличивалась незначительно, отмечалось увеличение биомассы растительности, плотности травостоя. Однако эти благоприятные для высших растений изменения повлияли на условия развития микрофототрофов: уменьшился уровень инсоляции, снизилось содержание доступной влаги и элементов минерального питания, что отрицательно сказалось на видовом разнообразии водорослей и ЦБ.

Последствие внесения высоких доз азота изучалось и в 2017 г. Через два года после подачи обогащенной соединениями азота воды на некоторых участках луга, по-прежнему, отмечалось избыточное содержание минерального азота. В частности, при концентрации аммонийного азота в контрольном образце 30,7 мг/кг, а нитратного – 38 мг/кг, избыточное содержание азота в

почве соответствовало концентрации аммонийного азота 390 мг/кг (в образце 27). В то же время максимальное содержание нитратного азота в загрязненных почвах и в контрольном варианте различались незначительно (47 мг/кг в образце 14 и 38 мг/кг – в контроле). На участках мониторинга было выявлено 48 видов водорослей и ЦБ: Cyanobacteria – 12 (25,0%), Chlorophyta – 21 (43,8%), Ochrophyta – 7 (14,6%), Bacillariophyta – 8 (16,7%) (табл. 2). На всех участках по видовому разнообразию преобладали зеленые водоросли. На участках с избыточным содержанием азота видовое разнообразие микрофототрофов незначительно увеличивалось (27 участок). На видовом разнообразии микрофототрофов отразились погодные условия – дождливое и прохладное лето 2017 года.

Таблица 2

Количество видов водорослей и ЦБ в почвах пойменных луговых участков (пробы от 08.08.17)

Участки	Цуанобактерия	Chlorophyta	Ochrophyta	Bacillariophyta	Всего видов
Контроль					
Контроль (без полива)	5	8	3	2	18
Почвы с высоким содержанием азота					
38 (умеренный полив)	3	3	1	5	16
Почвы с избыточным содержанием азота					
14 (интенсивный полив)	0	5	0	1	6
27 (интенсивный полив)	0	11	0	2	13
23 (интенсивный полив)	0	11	0	2	13

Таким образом, почвенные водоросли и ЦБ реагируют на уровень азотного загрязнения почв. В почвах контрольного участка сокращение количества видов водорослей, вероятно, обусловлено неблагоприятными погодными условиями. В почвах с избыточным содержанием минерального азота постепенное снижение концентрации азота сопровождается возрастанием количества видов водорослей. Видовая структура микрофототрофов под влиянием техногенной нагрузки изменяется.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.

Литература

1. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 144 с.
2. Штина Э. А. Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Ботан. журн., 1990. Т. 75. № 4. С. 441–453.
3. Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
4. Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв подзоны южной тайги Европейской части России): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2012. 34 с.

5. Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Альгосинузии пойменных лугов на техногенной территории // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 73–84.

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ЭПИЛИТОНА Р. УХТЫ В ЗОНЕ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ (БАССЕЙН ПЕЧОРЫ, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Н. Р. Минниханова, Ю. Н. Шабалина

*Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
mnr270496@gmail.com*

Река Ухта является левым притоком р. Ижмы, входит в Двинско-Печорский бассейновый округ, речной бассейн р. Печоры. Длина водотока составляет 199 км, ширина – от 60 до 100 м, глубина – 0,7–2,0 м, скорость течения высокая – 0,6–0,8 м/с. В русле преобладает галечно-валунный грунт, в прибрежной зоне – слабо заиленный [1]. Река имеет гидрохимические особенности, обусловленные связью с Тиманским кряжем: гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый состав воды, повышение минерализации в зимнюю межень (600 и более мг/дм³), сопровождающееся значительным увеличением содержания ионов хлора (до 100 мг/дм³) и натрия [2, 3, 4]. Даже в летнее время вода реки не насыщена кислородом из-за избытка в воде нефтепродуктов и фенолов, наличие которых обусловлено как антропогенными факторами (разливы нефти при добыче, транспортировке), так и близким расположением нефтеносных пластов.

Город Ухта, по территории которого протекает река, является одним из промышленных центров Республики Коми. На территории города и в его окрестностях располагаются предприятия по добыче и переработке нефти, лесопереработке, теплоэнергетике, объекты стройиндустрии. В пределах города ведется контроль качества поверхностных вод в трех пунктах: 25 км выше г. Ухты, в черте города, 8 км ниже г. Ухты (в черте с. Усть-Ухта). Согласно данным государственных докладов о состоянии окружающей среды Республики Коми с 2012 по 2014 гг. вода по качеству во всех пунктах была «весьма загрязненная», в 2015 г. – «очень загрязненная», в 2016 г. в створе выше г. Ухты оценивалась как «очень загрязненная», а в черте и ниже города – как «грязная» [5].

Цель настоящей работы – изучение эпилинтонных сообществ диатомовых водорослей на разных станциях р. Ухты в пределах г. Ухты (Республика Коми).

Пробы эпилинтонна были отобраны в августе 2016 г. на шести станциях, находящихся в разных условиях антропогенного воздействия. Станция 1 расположена возле моста за пгт. Шудаяг; станция 2 – недалеко от железнодорожного вокзала; станция 3 – в районе городского пляжа; станция 4 – вблизи нефтеперерабатывающего завода рядом с трубой ливневых стоков; станция 5 – возле памятника «Вечный огонь», станция 6 – возле г. Сосногорска вблизи

железной дороги. Пробы фиксировали 4% раствором формалина, обрабатывали серной кислотой, постоянные препараты готовили на среде Эльяшева. Относительное обилие определяли в процентах, путем подсчета 500 створок в препарате. Определение проводили при помощи светового микроскопа XSZ-2101 с камерой Premiere HiROCAM MA88-300 (ув. 1000) и СЭМ TESCAN MIRA 3. Использовали отечественные и зарубежные определители, эколого-географические характеристики приводятся по литературе [6].

Всего в эпицитоне р. Ухты обнаружено 128 видов с внутривидовыми таксонами, относящихся к 45 родам, 23 семействам, 16 порядкам, четырем классам. На отдельных станциях разнообразие диатомовых водорослей примерно одинаково – от 51 до 59 видов с внутривидовыми таксонами (Таблица 1).

Таблица 1

Разнообразие таксонов диатомовых водорослей разного ранга в эпицитоне р. Ухты

	Виды и внутривидовые таксоны	Рода	Семейства	Порядки	Классы
Станция 1	53	27	16	12	3
Станция 2	59	27	16	12	2
Станция 3	58	29	17	13	3
Станция 4	56	26	17	13	3
Станция 5	51	29	17	12	2
Станция 6	51	27	16	12	3
Всего	128	45	23	16	4

Центрические водоросли в эпицитоне р. Ухты представлены всего четырьмя видами из классов Coscinodiscophyceae (*Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simonsen, *A. subarctica* (O.Müll.) Haworth, *Melosira varians* Ag.) и Mediophyceae (*Cyclotella meneghiniana* Kütz.). Остальные таксоны относятся к классу Bacillariophyceae. Среди них преобладает по числу видов порядок Naviculales (36 таксонов), далее следуют Cymbellales (25), Fragilariales (17), Bacillariales (13). Остальные порядки включают менее десяти видов. Среди семейств наиболее разнообразно представлены Naviculaceae (28 таксонов), Fragilariaceae (17), Gomphonemataceae (16), Bacillariaceae (13). К ведущим родам относятся *Navicula* (18 таксонов), *Nitzschia* (12), *Gomphonema* (11), остальные включают менее десяти видов. Общими для всех станций являются 13 видов: *Meridion circulare* (Grev.) Ag., *Staurosira venter* (Ehr.) Cl. & Möll., *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compere, *Cocconeis pediculus* Ehr., *C. placentula* Ehr., *Achnantheidium minutissimum* (Kütz.) Czarnecki, *Navicula capitatoradiata* Germ., *N. radiosa* Kütz., *Cymbella affinis* Kütz., *Gomphonema minutum* (Ag.) Ag., *G. truncatum* Ehr., *Epithemia sorex* Kütz., *E. turgida* (Ehr.) Kütz. В целом сходство таксономического состава невелико, коэффициент Сьёренсена-Чекановского варьирует от 50% до 64-65% (между станциями 1 и 3, 1 и 4).

Анализ экологических групп диатомовых перифитона показал закономерное преобладание бентосных и планктонно-бентосных форм (табл. 2). По отношению к содержанию солей в воде более половины составляют виды-

индифференты, 12% – галофилы, представители этих групп образуют доминирующие комплексы эпилитона. Галофобных видов лишь 5%. По отношению к уровню pH преобладают виды, предпочитающие щелочные воды. Виды доминанты также преимущественно представлены видами этой экологической группы. Три вида ацидофила отмечены в виде единичных клеток. На отдельных станциях соотношения экологических групп в целом аналогичны.

Таблица 2

**Экологические группы диатомовых водорослей
в эпилитоне р. Ухты (в %)**

Экологическая группа	Всего	Стан- ция 1	Стан- ция 2	Стан- ция 3	Стан- ция 4	Стан- ция 5	Стан- ция 6
<i>По местообитанию</i>							
Бентосные	63	66	71	57	68	69	76
Планктонно-бентосные	23	25	25	27	20	25	18
Планктонные	3	0	2	2	3	2	2
Характеристика не установлена	11	9	2	14	9	4	4
<i>По отношению к содержанию солей</i>							
Мезогалобы	2	0	2	0	2	2	0
Олигогалобы (без более точного указания)	2	6	3	5	3	6	6
Галофилы	12	11	13	12	11	10	13
Галофобы	5	4	7	3	4	2	6
Индифференты	63	66	68	66	62	70	61
Характеристика не установлена	16	13	7	14	18	10	14
<i>По отношению к pH среды</i>							
Алкалибионты	6	4	5	5	7	8	2
Алкалифилы	54	56	68	55	59	61	57
Индифференты	14	13	12	16	11	17	18
Ацидофилы	3	2	3	0	0	0	0
Нейтрофилы	2	6	2	3	0	4	2
Характеристика не установлена	21	19	10	21	23	10	21
<i>По отношению к легкоразлагаемым органическим веществам</i>							
Виды характерные для чистых вод	36	30	44	27	28	35	33
Виды, характерные для загрязненных вод	23	28	22	28	29	24	22
Виды, не имеющие индикаторного значения	23	34	27	28	29	31	33
Характеристика не установлена	18	8	7	17	14	10	12

Сапробиологический анализ показал небольшое преобладание по числу таксонов видов, характерных для вод с низким содержанием легкоразлагаемых органических веществ. Примерно треть видов являются индикаторами средней и высокой степени загрязнения воды. Подобные соотношения групп отмечены на станциях 1, 5 и 6. Станция 2 отличается более высоким разнообразием индикаторов чистых вод, однако, доминирующий комплекс образуют бета-альфамезосапроб *Epithemia adnata* и виды, обитающие в условиях разного содержания органических веществ. На станциях 3 и 4 виды-индикаторы

чистых вод и загрязненных представлены практически одинаково, те и другие отмечены в составе доминирующих комплексов. Виды, характерные для чистых вод, выявленные с высоким обилием: *Gomphonema truncatum* (станция 3) и *Stenophora pulchella* (Ralfs ex Kütz.) Williams & Round (станция 4).

Таким образом, анализ эпилимтона р. Ухты показал высокое разнообразие диатомовых водорослей, сопоставимое с данными для других рек, связанных с Тиманским кряжем [7]. С этими водотоками р. Ухты также сближает относительно высокое разнообразие таких родов как *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Fragilaria*, отсутствие представителей родов *Tabellaria*, *Eunotia*, *Frustulia*, низкое разнообразие рода *Pinnularia* [7, 8]. Преобладание в составе эпилимтона и в доминирующих комплексах галофильных, алкалофильных видов, при незначительном участии видов-галофобов и ацидофилов, указывает на относительно высокую минерализацию и слабощелочную реакцию водной среды, характерные для р. Ухты и других водотоков, связанных с Тиманским кряжем. Высокая доля видов, приуроченных к загрязненным органическими веществами водам, отмечена для других рек Тимана [7], однако, присутствие достаточно большого числа этих видов в доминирующих комплексах эпилимтона р. Ухты, вероятно, связано с влиянием антропогенной деятельности.

Литература

1. Историко-культурный атлас Республики Коми. М.: Дрофа; ДиК, 1997. С. 148–160.
2. Водные ресурсы // Производительные силы Коми АССР. Т. 2. Ч. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 135–161.
3. Власова Т. А. Гидрохимия главных рек Коми АССР. Сыктывкар, 1988. 151 с.
4. Атлас по климату и гидрологии Республики Коми. М.: Дрофа, ДиК, 1997. 116 с.
5. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республик Коми, ГБУ РК «ТФИ РК». Сыктывкар, 2013–2017.
6. Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 500 с.
7. Стенина А. С. Диатомовые (Bacillariophyta) в устьях рек Белая Кедва и Сюзью (Тиманский кряж, Республика Коми) // Бот. журн. 2007. Т. 92. № 8. С. 1129–1141.
8. Стенина А. С. Диатомовые водоросли в водоемах Среднего Тимана (Республика Коми) // Вестн. ин-та биол. Коми НЦ УрО РАН. 2008. № 10 (132). С. 8–11.

СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА МИКРОМИЦЕТОВ В ПОЧВАХ БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ ЛЕСОТУНДРЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

Ю. А. Виноградова, В. А. Ковалева, Е. М. Перминова, Е. М. Лаптева
Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,
vinogradova@ib.komisc.ru

Экстремальные условия Крайнего Севера и отрицательные температуры многолетнемерзлых отложений не являются ограничивающими факторами для распространения и сохранения жизнеспособных пропагул микромицетов. Об этом свидетельствуют данные литературы, посвященной изучению почвенных микромицетов в мерзлотных почвах [1, 2]. Специфическим компонентом наземных экосистем лесотундры являются бугристые болота, в торфяных буграх которых сохраняются многолетнемерзлые слои торфа. Оттаивание торфяной залежи таких бугров в зависимости от района и погодных условий года может охватывать от 20(30) до 70(90) см.

Цель данной работы заключалась в выявлении особенностей формирования комплекса микроскопических грибов в бугристых торфяниках лесотундры на территории Европейского Северо-Востока.

Исследования проведены в северо-западной части Большеземельской тундры (БЗТ), в подзоне северной лесотундры, в зоне распространения массивно-островной мерзлоты. Объектом исследования послужил болотный массив в окрестностях г. Нарьян-Мар – плоскобугристый болотный комплекс без признаков деградации торфяных бугров. Комплекс микромицетов исследован в пределах профиля торфяной почвы, включая сезонно-талые слои (СТС) до глубины 50-55 см и верхние слои многолетнемерзлой толщи (ММП) торфа до глубины 115 см. Видовое разнообразие микромицетов оценивали методом посева почвенных вытяжек на подкисленную среду Чапека, сусло-агар, среду Сабуро, среду Гетчинсона. Таксономическую принадлежность микромицетов идентифицировали с использованием современных определителей, интерактивных «ключей» и информационного сайта интернет-ресурсов (<http://www.indexfungarum.org>). Характеристику комплекса микроскопических грибов давали на основе таких показателей, как обилие, частота встречаемости, коэффициент сходства Сьеренсена-Чекановского. Результаты обрабатывали с помощью компьютерной программы «GRAPHS».

В результате проведенных исследований в торфяной почве бугристого болота выявлен 41 вид микроскопических грибов (включая две формы стерильного мицелия), которые относятся к 11 родам. Отдел Zygomycota представлен 7 видами из родов *Mucor* и *Mortierella*. Основную часть (32 вида) составляют анаморфные грибы. Среди них наибольшим видовым разнообразием характеризуется род *Penicillium* (21 вид), остальные роды – *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Geomyces*, *Chrysosporium*, *Cephalosporium*, *Trichoderma* – представлены единичными видами. Некоторые изоляты стерильного

мицелия идентифицированы не были и рассматриваются как группы стерильного светло- и темноокрашенного мицелия.

Наибольшее видовое разнообразие отмечено в верхней части СТС (до глубины 20 см) почвы торфяного бугра – 37 видов. В их составе преобладают по видовой насыщенности роды *Penicillium*, *Mucor* и *Mortierella*. Наиболее обильны в верхней части СТС виды *Trichoderma album* – 18,79%, *Penicillium simplicissimum* – 14,89%, *Geomyces pannorum* – 12,41%. Видовое разнообразие микромицетов, населяющих нижнюю часть СТС (с 20 см до глубины 55 см) представлено только видами родов *Penicillium* (9 видов), *Trichoderma* (1 вид) и стерильным мицелием. Наиболее обильны здесь *Penicillium lanosum* (44%) и *Penicillium simplicissimum* (43%) .

В верхней части ММП (55–115 см) микромицетный комплекс представлен 10 видами, 6 из которых относятся к роду *Penicillium*. Остальные роды – *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Geomyces* – представлены единичными видами. Виды родов *Penicillium*, *Geomyces* и *Cladosporium*, являясь частью психротолерантного сообщества, оказались наиболее адаптированными к существованию в активном состоянии при слабых отрицательных температурах [3]. В верхней части ММП основную массу в структуре микромицетного комплекса по обилию составляют виды – *Penicillium implicatum* (22%) и *P. lanosum* (20%).

Кластерный анализ показал четкое различие микромицетных комплексов сезонно-талых слоев и мерзлой толщи торфяной залежи бугристых болот лесотундры. Причем многолетнемерзлые слои торфа и слои торфа, находящиеся в состоянии периодического промерзания – оттаивания (нижняя часть сезонно-талого слоя) также несколько отличаются по видовому составу микоценозов. Несмотря на то, что они образуют единый кластер, внутри этого кластера данные слои торфа также сгруппированы в два подкластера с выделением комплекса микромицетов, характерных для надмерзлотных слоев торфа (глубина 20–55 см) и слоев торфа, находящихся в мерзлом состоянии (глубина 55–115 см).

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИБ Коми НЦ УрО РАН «Пространственно-временные закономерности формирования торфяных почв на европейском северо-востоке России и их трансформации в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия» (Гр.115020910065) и проекта ПРООН/ГЭФ 00059042.

Литература

1. Кирцидели И. Ю. Почвенные микромицеты Арктики // Микология сегодня. Т. 2. Национальная академия микологии. 2011. С. 187–199.
2. Ozerskaya S. M., Ivanushkina N. E., Kochkina G. A., Fattakhova R. N., Gilichinsky D. A. Mycelial fungi in cryopegs // Int. J. astrobiol. «Water and Life». 2004. Vol. 3. № 4. P. 327–331.
3. Озерская С. М., Кочкина Г. А., Иванушкина Н. Е., Князева Е. В., Гиличинский Д. А. Структура комплексов микромицетов в многолетнемерзлых грунтах и криопэгах Арктики // Микробиология. 2008. Т. 77. № 4 С. 542–550.

КОМПЛЕКС МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ, СФОРМИРОВАННЫХ НА КАРБОНАТНОЙ МОРЕНЕ

Е. М. Лаптева¹, В. А. Ковалева¹, А. В. Исаевский², Е. М. Перминова¹

¹ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, perminova@ib.komisc.ru*

² *Сыктывкарский государственный университет*

В условиях таежной зоны Республики Коми наименее исследованы почвы, сформированные на карбонатных моренных отложениях. В настоящее время имеются только краткие упоминания о подзолистых и слабо-дерново-подзолистых остаточно-карбонатных почвах, которые выявлены в местах близкого подстилания карбонатных пород [1]. При этом комплекс микромицетов, который является одним из основных факторов, влияющим на трансформацию веществ и структуру почвы, в такого типа почвах никем не рассматривался. В тоже время формирование почв в уникальных физико-химических условиях среды накладывает определенный отпечаток на структуру и функционирование блока почвенной микробиоты, в т.ч. и на комплексы микроскопических грибов.

Цель данной работы – определить видовой состав микромицетов в подзолистых почвах, сформированных на карбонатной морене.

Исследования проводили в среднетаежной подзоне европейской части России (Республика Коми, Сыктывдинский район). Объектом исследования послужили подзолистые почвы, развитые под пологом елового леса в условиях хорошо дренированного приречного увала. Почвообразующими породами на данной территории являются выходы карбонатных моренных отложений суглинистого гранулометрического состава. В профиле почвы карбонатные включения отмечаются с глубины 40–50 см и ниже. Отбор образцов осуществляли в октябре 2014 г. общепринятыми методами почвенной микробиологии [2] в строгом соответствии с генетическими горизонтами почвы. Видовое разнообразие микроскопических грибов учитывали классическим методом посева почвенных суспензий на питательные среды Чапека. Таксономическую принадлежность микромицетов идентифицировали с использованием современных определителей, интерактивных «ключей» и информационного сайта интернет-ресурсов (<http://www.indexfungarum.org>).

Как известно, в северных почвах целлюлозоразрушающие организмы представлены в основном грибами, которые составляют около 83% целлюлозоразрушающей микробной биоты [3]. Грибы в почвах выполняют ряд важнейших функций по преобразованию органических веществ и минеральных элементов, их транспорту из почвы к растениям, принимают участие в трофических цепях, синтезе гуминовых кислот, структурообразовании и т. д. [4, 5]. Их видовая структура и обилие во многом определяются физическими и химическими свойствами почв [6, 7, 8, 9]. Более ранними работами было установлено [3], что видовой состав микромицетов типичной подзолистой почвы

ельника чернично-зеленомошного, формирующейся в подзоне средней тайги на бескарбонатной морене, представлен 58 видами, принадлежащих к 14 родам. Из подзолистой почвы, сформированной на карбонатной морене, нами выделено несколько меньше видов микромицетов – 39 видов, принадлежащих к 13 родам, и 2 формы стерильного мицелия. Большинство видов относится к анаморфным (несовершенным) грибам – это 30 видов из 10 родов; зигомицеты представлены 8 видами из родов *Mucor*, *Mortierella* и *Umbelopsis*, сумчатые грибы - 1 видом из рода *Chaetomium*. Наибольшим видовым разнообразием отличается род *Penicillium* (рисунок), что является характерной чертой таежных почв [3]. Остальные роды представлены 1–3 видами.

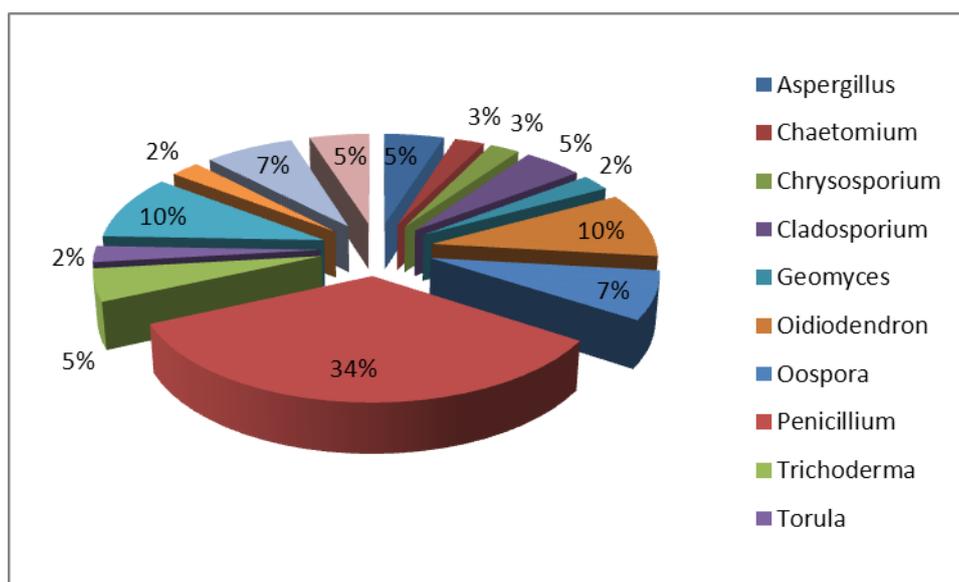


Рис. Видовая насыщенность родов микромицетов в подзолистой почве, сформированной на карбонатной морене

Наиболее высокое видовое разнообразие микромицетов характерно для подгоризонтов лесной подстилки, где происходит активная деструкция органического вещества, представленного трудноразлагаемыми компонентами опада лесных экосистем – остатками мхов, хвои, отпадом ветвей, шишками и пр. Комплекс микромицетов представлен здесь 24 видами. В минеральной части профиля видовое и таксономическое разнообразие микроскопических грибов резко сокращается.

Для определения значимости вида применяют критерии частоты встречаемости и обилия (плотности) вида [10]. В исследованной нами почве наиболее высокими показателями частоты встречаемости и обилия характеризуются *Geomyces rannorum* и виды рода *Penicillium*. Необходимо отметить, что в целом для комплекса почвенных микроскопических грибов характерно наличие высокой частоты встречаемости *Mycelia sterilla*. Это может указывать на наличие специфических видов грибов [10, 11], для идентификации которых необходимы молекулярно-генетические виды анализа. Не исключено, что стерильный мицелий в почвах таежных экосистем может быть представлен не микроскопическими грибами, а базидиальными.

Таким образом, исследования, начатые в рамках данной работы и направленные на изучение микромицетного комплекса в почвах, формирующихся на редких почвообразующих породах (карбонатные моренные отложения), помогут раскрыть некоторые особенности функционирования микробиологического блока в нетипичных для таежной зоны условиях формирования подзолистых почв.

Литература

1. Безносиков, В. А. Почвы европейского северо-востока и их плодородие / В. А. Безносиков и др. Л.: Наука, 1989. 189 с.
2. Звягинцев, Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев. М.: Изд-во МГУ, 1980. 224 с.
3. Хабибуллина, Ф. М. Микромицеты подзолистых и болотно подзолистых почв в подзоне средней тайги на северо-востоке Европейской части России / Ф. М. Хабибуллина, Е. Г. Кузнецова, И. З. Васенева // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1228–1240.
4. Мирчинк, Т. Г. Почвенная микология/ Т. Г. Мирчинк. М.: МГУ, 1988. 220 с.
5. Кирцидели, И. Ю. Комплексы микроскопических грибов в почвах, сформированных на основных и ультраосновных горных породах Полярного Урала / И. Ю. Кирцидели, Ю. К. Новожилов, Е. В. Богомолова // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45. Вып. 6. С. 513–521.
6. Структурно-функциональные особенности микобиоты в связи с динамикой органического вещества в ненарушенных почвах южной тайги / В. А. Терехова, С. Я. Трофимов, Т. А. Семенова, Е. И. Дорофеева // Почвоведение. 1999. №4. С. 461-467.
7. Регуляторная роль почвы в функционировании таежных экосистем. М.: Наука, 2002. 365 с.
8. Марфенина, О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов / О. Е. Марфенина. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.
9. Кураков, А. В. Видовое разнообразие микроскопических грибов в лесных экосистемах южной тайги европейской части России / А. В. Кураков, В. А. Семенова // Микология и фитопатология. 2016. Т. 50. № 6. С. 367–378.
10. Мишустин, Е. Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов/ Е. Н. Мишустин. М.: Наука, 1975. 105 с.
11. Комплексы микроскопических грибов в почвах и грунтах полярного острова Известий ЦИК (Карское море) / И. Ю. Кирцидели, Д. Ю. Власов, Е. П. Баранцевич, В. А. Крыленков, В. Т. Соколов // Микология и фитопатология. 2014. Т. 48. № 6. С. 365–371.

ПОЧВЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ КАК КОМПОНЕНТ ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В ТУНДРОВЫХ ЛАНДШАФТАХ

В. А. Ковалева, А. Н. Панюков, С. В. Денева, Е. М. Лаптева
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kovaleva@ib.komisc.ru

Почвенные микроорганизмы – неотъемлемый компонент как природных, так и антропогенно измененных экосистем [1]. В настоящее время для развития экологической микробиологии необходимо иметь сведения не только об микробиологических параметрах, характерных для экосистем, подвергшихся существенному воздействию человека, но и для самовосстанавливаю-

щихся. Такое изучение дает возможность определить характер изменений, вызванных постагрогенной сукцессией [2].

Тундровые постагрогенные экосистемы представляют особый интерес, связанный с функционированием почвенных микробоценозов в суровых климатических условиях арктического региона.

Исследования проводили на трех участках, расположенных в подзоне южной кустарниковой тундры (Воркутинский район, Республика Коми), образующих хронологический ряд: зональная тундровая экосистема – ерниково-ивняковый моховый биогеоценоз, 46-летняя постагрогенная экосистема – ивняково-ерниковый кустарничково-моховый фитоценоз, близкий по типу к целинной тундре, сформировавшийся на месте сеяного луга; 14-летняя постагрогенная экосистема – разнотравно-злаковый луг, сформировавшийся так же на основе самозарастания мятликового луга.

Исследуемые почвы характеризуются приуроченностью основной массы микроорганизмов к верхним горизонтам почвы. Результаты исследований показали, что во всех вариантах исследуемых почв доля мертвых клеток составляет 14–20% от общего числа бактерий. Невысокий процент мертвых клеток является показателем того, что основу бактериального пула в верхних горизонтах почвы составляют жизнеспособные микроорганизмы. При этом численность живых бактерий выше в почве 14-летней постагрогенной экосистемы, что свидетельствует о более высокой активности бактериальной составляющей микробоценоза этой почвы в отличие от почв ненарушенного биогеоценоза и 46-летней постагрогенной экосистемы. С глубиной при снижении общей численности бактерий доля мертвых клеток увеличивается до 55%, что связано с неблагоприятными условиями для жизнедеятельности микроорганизмов, связанных с избыточным увлажнением минеральной толщи и характерным для тундровой зоны развитием процессов оглеения. Распределение численности спор грибов и длины мицелия по почвенному профилю изучаемых экосистем аналогично распределению прокариот. В почвах ерnikово-ивняковой тундры и 46-летней залежи показатели численности спор сопоставимы и относительно высокие по сравнению с почвой 14-летней залежи. Длина грибного мицелия в почвах зонального биогеоценоза и 46-пocтагрогенной экосистемы ниже, чем в верхнем слое почвы 14-летней.

Оценка численности разных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов исследуемых почв показала, что в почвенном микробоценозе доминирующее положение занимают бактерии. Доля содержания микромицетного комплекса незначительна, численность грибов в сотни раз ниже бактерий в исследуемых почвах. Для почвы ерниково-ивняковой моховой тундры выявлена относительно высокая численность олиготрофных микроорганизмов. В почве 46-летней тундры в отличие от целинной преобладают бактерии, усваивающие органический азот и микроорганизмы, использующие минеральный источник азота, что может быть связано с наличием относительно большего количества травяных растений в напочвенном покрове, что обуславливает наличие легкоразлагаемого органического вещества. Абсо-

лутное количество аммонификаторов значительно выше в почве 14-летней постагрогенной экосистемы.

Из исследованных нами почв повсеместно высевались виды *Mucor hiemalis*, *Cladosporium cladosporioides*, *Geomyces pannorum*, *Penicillium camemberti*, *P. canescens*, *P. kapuscinskii*, *P. lanosum*, *P. raciborskii*, *P. tardum*, *P. thomii*, *Penicillium sp.*, *Trichoderma sp.* и стерильный мицелий. Из видов, приуроченных к почве ерничково-ивнякового мохового биогеоценоза выявлялись *Umbelopsis ramanniana*, *Chaetomium globosum*, *T. sympodianum*. Виды *Mucor sp.*, *M. racemosus*, *Aspergillus fumigatus*, *Trichoderma polysporum* выделялись только из почвы 14-летней постагрогенной экосистемы, а для почвы 46-летней постагрогенной экосистемы характерно присутствие видов *Umbelopsis isabellina*, *U. vinacea*, *Trichoderma piluliferum*, *Spicaria decumbens*, *Verticillium sp.* Однако эти виды не могут говорить о строгой приуроченности их к определенным экологическим условиям, так как они относятся к редким и случайным видам в комплексах микромицетов исследуемых почв.

Для биоценозов почв и грунтов арктического региона характерно доминирование одних и тех же видов в широком диапазоне сообществ (политропность и мультидоминантность). Комплексы микромицетов также подчиняются этому правилу [3]. Таких видов немного, к ним относятся *Geomyces pannorum*, *Penicillium kapuscinskii*, *P. lanosum* и стерильный мицелий, которые являются доминантами во всех сообществах.

Грибные сообщества почв ерничково-ивняковой моховой тундры 14-летней постагрогенной экосистемы уступают по видовому богатству и разнообразию почве 46-летней постагрогенной экосистемы. Полученные данные являются подтверждением классической схемы постагрогенной сукцессии: обедненность видами окультуренной почвы, их накопление в промежуточных залежных сообществах с максимумом в предклимаксом сообществе и некоторое снижение в климаксовом целинном микоценозе [4]. Очевидно, что на почвенный микоценоз 14-летней постагрогенной экосистемы оказывает влияние сохранение общего облика агроценоза в ботаническом аспекте.

Сходство видового состава микромицетов (коэффициент Сёренсена – Чекановского) почв ерничково-ивняковой моховой тундры и 46-летней постагрогенной составляет 76%. Для комплекса микромицетов почвы 14-коэффициент сходства с ерничково-ивняковой моховой тундрой, как и с 46-летней постагрогенной экосистемой составил 65%. Однако микобиота 46-летней постагрогенной экосистемы характеризуется более выраженной специфичностью видового состава (индекс специфичности 18%), что еще раз подтверждает промежуточное предклимаксовое состояние почвенной системы.

Видовое разнообразие микромицетов не коррелирует с численностью и биомассой грибов. Видовое богатство увеличивается при переходе от 14-летней постагрогенной экосистемы к 46-летней и снижается в почве зональной тундровой экосистемы. Данные закономерности подтверждаются и при сравнении видового разнообразия почвенных грибов с учетом обилия видов, что следует из расчетов индексов видового разнообразия.

Комплекс почвенных микромицетов изученных почв характеризуется обилием стерильного мицелия, преобладанием представителей рода *Penicillium*, постоянным присутствием вида *Geomyces pannorum*. Только в почве 14-летней постагрогенной экосистемы отмечено высокое обилие видов рода *Cladosporium* наряду с пенициллами и стерильным мицелием, что обусловлено составом растительного сообщества.

В целом при сравнении почвенных микоценозов исследуемых почв можно отметить, что в пятом десятилетии постагрогенной сукцессии в почве 46-летней залежи формируется близкое по качественным и количественным характеристикам к почве ерничково-ивняковой мохой тундре сообщество микромицетов. Сходство видового состава, показателей численности и биомассы почвенных микроорганизмов этих экосистем свидетельствует о завершающем этапе постагрогенеза. Между 14-летней постагрогенной экосистемой и ерничково-ивняковой моховой тундрой, существуют различия в ботанических аспектах. Это обусловило различия в численности, биомассе микроорганизмов и видовом составе грибов постагрогенной почвы. В целом можно говорить о слабой выраженности восстановительной тенденции почвы, находящейся в состоянии залежи в течение последних 14 лет.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проектов Комплексной программы УрО РАН №15-12-4-45 и Комплексной программы УрО РАН № 15-2-4-28.

Литература

1. Добровольская Т. Г., Звягинцев Д. Г., Чернов И. Ю., Головченко А. В., Зенова Г. М., Лысак Л. В., Манучарова Н. А., Марфенина О. Е., Полянская Л. М., Степанов А. Л., Умаров М. М. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1087–1096.
2. Владыченский А. С., Телеснина В. М., Румянцева К. А., Филимонова С. И. Динамика некоторых свойств постагрогенных почв южной тайги в связи с особенностями смены растительности // Вестн. Московского ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2009. № 1. С. 3–11.
3. Кирцидели И. Ю., Власов Д. Ю., Баранцевич Е. П., Крыленков В. А., Соколов В. Т. Комплексы микроскопических грибов в почвах и грунтах полярного острова Известий ЦИК (Карское море) // Микология и фитопатология. 2014. Т. 48. № 6. С. 365–371.
4. Кураков А. В., Семенова В. А. Видовое разнообразие микроскопических грибов в лесных экосистемах южной тайги европейской части России // Микология и фитопатология. 2016. Т. 50. № 6. С. 367–378.

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

*Е. М. Лаптева¹, В. А. Ковалева¹, Ю. А. Виноградова¹,
Э. А. Генрих², Е. М. Перминова¹*

¹ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, perminova@ib.komisc.ru*

² *Сыктывкарский государственный университет*

Экономический кризис начала 90-х годов привел к значительным сокращениям площадей сельскохозяйственных угодий в Республике Коми. Огромные территории некогда окультуренных и вовлеченных в сельскохозяйственное использование подзолистых почв стали переходить из пахотных угодий в стадию залежи, сопровождающуюся изменениями в составе и структуре фитоценоза, почвы и микробиологического комплекса. Трансформация и вовлечение в биологический круговорот органического вещества в почве (представленного главным образом остатками и корневыми выделениями высших растений) происходит в большей части благодаря жизнедеятельности микроорганизмов [1, 2]. Изменение качественных и количественных характеристик почвенного микробоценоза в процессе постагрогенной сукцессии может быть использовано для оценки изменений всей экосистемы [3].

Особый интерес вызывают постагрогенные почвы, имеющие специфичную морфологическую структуру. К таким объектам исследования можно отнести почвы, сформированные на карбонатных отложениях и имеющих локальное распространение на территории Республики Коми.

Цель исследования – изучение эколого-трофической структуры микробного комплекса постагрогенных дерново-подзолистых почв на карбонатных отложениях.

Исследование проводили в подзоне средней тайги европейской части России. Район исследования расположен в Республике Коми на территории Муниципального образования «Сыктывдинский район».

Почвенные образцы отбирали в июне 2015 г. общепринятыми методами в почвенной микробиологии [4] в строгом соответствии с почвенно-генетическими горизонтами на сенокосном разнотравно-злаковом лугу, сформировавшемся на месте пашни, заброшенной около 20 лет назад. Оформи́вшийся в процессе постагрогенеза луг подвергался регулярному, а в последнее время периодическому сенокосению, что препятствовало распространению древесной поросли [5].

Численность эколого-трофических групп микроорганизмов определяли методом посева почвенных суспензий на твердые селективные среды. Бактерии, мобилизующие органические источники азота, учитывали на мясопептонном агаре (МПА), актиномицеты и бактерии, утилизирующие минеральные источники азота определяли на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олиготрофовые формы – на голодном агаре (ГА), дрожжи – на глюкозо-

пептонном агаре (ГПА), микромицеты – на среде Чапека [4]. Для оценки интенсивности микробиологических процессов минерализации органического вещества использовались индексы минерализации $K_{мин}=КАА/МПА$, иммобилизации $K_{им}=МПА/КАА$, олиготрофности $Колиг=ГА/МПА$ [5].

Соотношение эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов и их профильное распределение – является информативным показателем направленности микробиологических процессов в почвах.

Результаты микробиологических исследований показали, что с глубиной численность микроорганизмов всех эколого-трофических групп резко падает и продолжает снижаться в минеральных горизонтах. Оценка численности почвенных микроорганизмов показала, что в почвенном микробсообществе доминирующее положение занимают бактерии. Доля содержания грибов незначительна, их численность в сотни раз ниже бактерий (табл. 1).

Таблица 1

Численность ($\bar{X} \pm S$)* эколого-трофических групп микроорганизмов в исследуемых почвах

Глубина	Аммонификаторы	Минерализаторы (бактерии)	Минерализаторы (актиномицеты)	Олиготрофы	Дрожжи	Грибы, тыс. КОЕ/г а.с.п.
	млн. КОЕ/г а.с.п.					
Напочвенный покров	4735,3±678,4	6798,4±289,6	1006,7±244,5	4847,1±653,3	60,9±7,8	969,4±134,4
Апах б/в	1284,8±76,6	1428,9±239,5	202,5±47,2	930,5±368,7	1,8±0,4	85,7±48,6
Апах б/в	166,1±29,2	201,0±20,4	23,0±2,8	157,5±21,3	0,2±0,05	96,6±34,1
Апах б/в	87,2±17,0	96,3±25,3	20,2±4,2	115,0±9,2	0,05	11,7±7,1
A2B	2,1±0,1	8,1±1,9	0,9±0,7	6,8±1,1	0,02	10,8±4,9

Примечание: * \bar{X} – среднее арифметическое; $\pm S$ – стандартное отклонение; n=3.

Абсолютное количество микроорганизмов-минерализаторов (рост на КАА) выше численности остальных функциональных групп микроорганизмов. Во всех горизонтах почвы исследуемого биогеоценоза выявлено преобладание микроорганизмов усваивающих минеральные формы азота над ассимилирующими органические его формы, что указывает на относительно высокую интенсивность процессов микробиологической минерализации органического вещества, что подтверждает и коэффициент минерализации, который выше 1 (табл. 2).

**Показатели процессов микробиологической
активности исследуемой почвы**

Глубина	Коэффициенты		
	минерализации	иммобилизации	олиготрофности
Напочвенный покров	1,6	0,6	1,0
Апах быв	1,3	0,8	0,7
Апах быв	1,3	0,7	0,9
Апах быв	1,3	0,7	1,3
A2B	4,3	0,2	3,2

Иммобилизационные процессы заторможены ($K_{им} < 1$), что связано с длительным использованием луга как сенокосного и изъятия большей части фитомассы из биологического круговорота экосистемы луга. Значения коэффициента олиготрофности близки к единице, что свидетельствует о низкой трофности почвы и слабо выраженном аккумулятивном процессе.

Литература

1. Добровольская Т. Г., Звягинцев Д. Г., Чернов И. Ю., Головченко А. В., Зенова Г. М., Лысак Л. В., Манучарова Н. А., Марфенина О. Е., Полянская Л. М., Степанов А. Л., Умаров М. М. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1087–1096.
2. Аристовская Т. В. Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука, 1980. 187 с.
3. Полянская Л. М., Суханова Н. И., Чакмазян К. В., Звягинцев Д. Г. Особенности изменения структуры микробной биомассы почв в условиях залежи // Почвоведение, 2012. № 7. С. 792–802.
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1980. 224 с.
5. Елькина Г. Я., Лаптева Е. М., Лиханова И. А., Холопов Ю. В. Сукцессионные изменения растительности и почвы на залежных землях средней тайги // Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения: Материалы VI Всерос. Науч. конф. по лесному почвоведению с междунар. участием. Сыктывкар, 2015. С. 243–246.
6. Сорокина О. А., Сорокин Н. Д. Влияние сосняков разного возраста на биологическую активность залежных почв среднего Приангарья // Почвоведение. 2007. № 5. С. 627–634.

ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ БЕЛОГО ФОСФОРА И РЕЗИСТЕНТНОСТИ АСПЕРГИЛЛА К НЕМУ

А. З. Миндубаев¹, А. Д. Волошина¹, Э. В. Бабынин², Ш. З. Валидов²,
Х. Р. Хаяров², Е. К. Бадеева¹, С. Т. Минзанова¹, Д. Г. Яхваров¹

¹ Институт органической и физической химии
им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН,
mindubaev@iopc.ru, mindubaev-az@yandex.ru,

² Казанский (Приволжский) федеральный университет

В наших более ранних публикациях [1, 2] описано микробиологическое превращение токсичнейшего элементного (белого) фосфора в биогенный фосфат. Фактически, выполненная нашим коллективом работа является первым задокументированным примером усвоения искусственного ксенобиотика белого фосфора биосферой. Целью представленной работы является дальнейшее исследование биodeградации белого фосфора, поиск способа его стерилизации, механизма резистентности к нему у гриба *Aspergillus niger* AM1, изучение влияния ионов меди на деградацию белого фосфора, а также его генотоксических свойств.

Осуществляя микробиологический посев, мы впервые применили стерилизацию белого фосфора ацетоном. В шленк с навеской белого фосфора (0,95 г) влили 20 мл ацетона и выдержали 15 мин при перемешивании (ручное взбалтывание) без нагрева. Слив ацетон, влили в шленк 50 мл дистиллированной воды, стерилизованной автоклавированием. Затем приготовили 2% эмульсию белого фосфора в этой воде (ультразвуковая ванна Сапфир (Россия), 30 мин, 50 °С, аргон). Эмульсию смешивали со средой без источников фосфора в соотношении 2:18 мл, в результате получалось по 20 мл среды с содержанием P₄ 0,2%. Посев произвели на следующий день. Приблизительно через 12 суток культура *A. niger* AM1 достигла стадии зрелости.

Культуру *A. niger* AM1 пересеяли в среду с содержанием белого фосфора 0,2%. В три колбы посеяли аспергилл, в четвертой среду оставили стерильной. 1 мл этой среды также был использован для исследования ее генотоксичности методом SOS-lux теста. Культуры росли в термостате при 25 °С. Пробы для спектров ЯМР были отобраны через 13, 20, 35, 63 и 138 суток после посева. Через 180 дней после посева произведен пересев исследуемой культуры *A. niger* AM1 в богатую среду Лурия-Бертани (LB). Проведено визуальное исследование морфологии колонии.

Для установления природы устойчивости аспергилла к белому фосфору произведен посев в среду с фосфатом в качестве источника фосфора. Подросшую культуру снова пересеяли в среду с 0,2% белого фосфора. В качестве контроля посеяли также *A. niger* AM1, до этого росший в среде с белым фосфором.

Известно, что биodeградация иногда приводит к образованию не менее, а более токсичных веществ, так называемых «летальных метаболитов». Неко-

торые из них обладают генотоксичностью, приводящей к возникновению онкологических заболеваний. Поэтому, исследование биодegradации ксенобиотиков должно сопровождаться тестированием на генотоксичность. ДНК-повреждающее белое фосфора определялась при помощи SOS-lux теста, выполненного, как описано в работе [3]. Для оценки цитогенетического действия фосфора на клетки эукариот использовали тест-систему *Allium cepa*. Предварительно отобранные стандартные луковицы *A. cepa* проращивали в течение 2–3 дней в стеклянных стаканах. Луковицы проращивали и затем на 48 часов помещали в стаканчики объемом 50 мл с раствором фосфора в различной концентрации. В качестве контроля использовали отстоянную отфильтрованную водопроводную воду. Затем корешки отрезали ножницами на 1 см от кончика и фиксировали корешки в растворе этилового спирта (95%) и ледяной уксусной кислоты в соотношении 3:1 (фиксатор Кларка). Анализ клеток корневой меристемы проводили на микроскопе Axio Observer.A1 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия) на временных давленных препаратах после окрашивания ацетокармином [4]. В каждом препарате учитывали общее количество клеток, количество делящихся клеток, находящихся в той или иной стадии митоза. На основании полученных данных определили митотический индекс (МИ), распределение клеток по стадиям митоза.

Белый фосфор может взаимодействовать с ионами переходных металлов (в первую очередь, меди), это отмечалось также в наших экспериментах. Однако, проведенный нами расчет показал, что в используемых культуральных средах белый фосфор присутствует в избытке относительно меди от одного до четырех порядков. Поэтому он не может целиком прореагировать с ними, по крайней мере, за короткий срок. Следовательно, большая часть его взаимодействует с клетками микроорганизмов. Этот факт, наряду с аргументами, полученными нами ранее, свидетельствует в пользу метаболизма белого фосфора. Поэтому значительная его часть обезвреживается все-таки микроорганизмами.

Одной из серьезнейших проблем, с которой мы до сих пор сталкивались, производя посевы микроорганизмов в среды с белым фосфором, было отсутствие эффективного метода стерилизации последнего от присутствующих в нем спор *A. niger*. Был предложен метод стерилизации Р₄ в мягких условиях, без применения высоких температур. Для этого навеска ксенобиотика должна погружаться на 15 минут в липофильный органический растворитель, который легко проникает через гидрофобные оболочки микробных спор и умерщвляет их [5]. Мы предпочли пользоваться ацетоном по причине сравнительно низкой растворимости в нем белого фосфора. Через 20 суток после посева на поверхности сред наблюдался воздушный мицелий (колонии диаметром 1–3 мм, покрывающие всю поверхность сред) желтоватого цвета; наблюдалось появление первых конидиеносцев со спорами черного цвета. В контрольных средах рост отсутствовал даже спустя 117 дней, они остались прозрачными без опалесценции и взвесей [6]. Это указывает на то, что стерилизация навесок Р₄ ацетоном эффективна.

В токсикологическом профиле белого фосфора [7] сообщается об отсутствии генотоксичности данного вещества. Ранее мы писали о том, что тест Эймса не выявил генотоксичность у нашей культуральной среды с белым фосфором [2, 8]. Тем не менее, для большей достоверности результата мы применили другой метод определения генотоксичности – SOS-lux тест на ДНК-повреждающую активность. В качестве позитивного контроля использовался другой сильный ДНК повреждающий агент – пероксид водорода. По сравнению с перекисью белый фосфор оказался слабым ДНК повреждающим агентом (рис.) [9].

Обнаружение у белого фосфора генотоксических свойств не является неожиданностью. Тем не менее, в более ранних работах генотоксичность у P_4 обнаружена не была. Возможно, это результат недостаточной глубины исследования: до сих пор генотоксичность белого фосфора определялась только тестом Эймса, который всегда показывал отрицательный результат. Судя по всему, мы первые применили для этой цели SOS-lux тест, который также определяет генотоксичность, но не по косвенному признаку, как тест Эймса, а по прямому – повреждению ДНК. И этим методом генотоксичность была продемонстрирована. Низкая ДНК повреждающая активность белого фосфора, показанная в представленной работе, по-видимому, связана исключительно с тем, что общая токсичность этого вещества намного выше. То есть, клетки в его присутствии погибают быстрее, чем наблюдается SOS ответ.

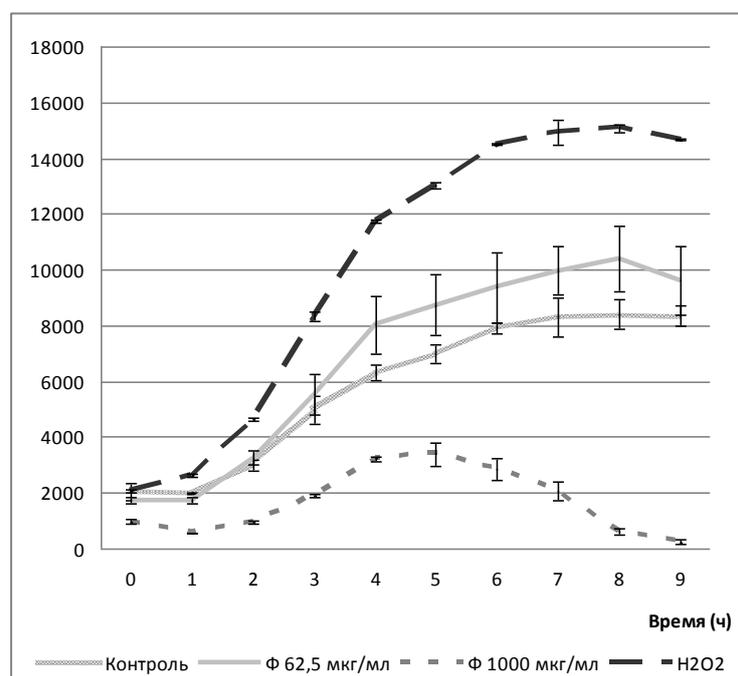


Рис. Сравнение влияния белого фосфора на SOS-индукцию с перекисью водорода и негативным контролем (среда без мутагена). P_4 в концентрации 62,5 мкг/мл является слабым мутагеном, по сравнению с пероксидом. P_4 в концентрации 1000 мкг/мл убивает культуру за 9 часов эксперимента. В контроле SOS-индукция также незначительно возрастает, что связано с ростом культуры и накоплением ДНК (соответственно, растет и число ее повреждений даже в отсутствие мутагена)

Показано, что корешки лука в присутствии белого фосфора отставали в росте. Установлено также, что присутствие P_4 существенно снижает митотическую активность тканей по сравнению с контролем и, следовательно, обладает митотоксической активностью. Анализ соотношений фаз митоза показал увеличение доли клеток на стадии профазы с соответствующим уменьшением процентного отношения других стадий. Это может быть связано с блокировкой деления клеток в конце стадии профазы.

Очень интересно спонтанное появление в среде с белым фосфором культуры *Aspergillus niger* AM1 с измененной морфологией и окраской, быстрее растущей в среде с исследуемым ксенобиотиком. Возможно, это результат мутации и дальнейший этап адаптации микроорганизма к среде, содержащей белый фосфор. В одном из трех повторов посева колония стала развиваться быстрее, чем в других, хотя условия были совершенно идентичны. Возможно, это следствие мутации, обеспечившей лучшую приспособленность к необычным (и экстремальным) условиям существования. Через 55 суток после посева лидирующая культура стала вырабатывать пигмент и приобретать оранжевую окраску. Колонии в остальных двух повторах растут медленнее и имеют более светлую окраску. Окрасилась не только колония, но и культуральная среда, т.е. пигмент хорошо растворим в воде. Примерно в это время мы дали этому аспергиллу неофициальное название «рыжий гриб».

Культура в среде LB, имеет необычную морфологию колонии. Воздушный мицелий низкий, споры формируются почти на поверхности среды. Это является еще одним свидетельством того, что в культуре произошла мутация. Впрочем, требуется более детальное изучение морфологии этого аспергилла. А судя по тому, что «рыжий» гриб эффективнее набирал биомассу в среде с белым фосфором, эта мутация повышает его приспособленность к существованию в данной среде.

Метод ЯМР показал устойчивость культуры AM1 к продуктам неполного окисления P_4 . Сам факт резистентности к этой группе веществ очень интересен (фосфиты и гипофосфиты являются антимикробными агентами [10]), однако ожидаемый результат – полное метаболическое превращение белого фосфора в фосфат – еще предстоит подтвердить.

Ожидалось, что после роста в благоприятных условиях – в среде с фосфатом – *A. niger* AM1 мог утратить устойчивость к белому фосфору. В действительности, гриб, росший до пересева на фосфате, продолжал расти. Из этой картины можно сделать вывод, что резистентность к белому фосфору у исследуемого нами штамма черного аспергилла закреплена в геноме, и является наследуемым признаком, передающимся в ряду поколений даже в отсутствие P_4 .

Литература

1. Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Валидов Ш. З., Яхваров Д. Г. Биодegradация белого фосфора // Природа. 2017. № 5. С. 29–43.
2. Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Кулик Н. В., Валидов Ш. З., Бабынин Э. В., Яхваров Д. Г. Биодegradация как метод обезвреживания белого фосфора // Биодиагностика

состояния природных и природно-техногенных систем: Сб. статей XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Киров, 2016. С. 405–409.

3. Cooper D. L., Lovett S. T. Toxicity and tolerance mechanisms for azidothymidine, a replication gap-promoting agent, in *Escherichia coli* // DNA Repair (Amst). 2011. Vol. 10. No. 3. P. 260–270.

4. Fiskesjo G. Allium test for screening chemical evaluation of cytological parameters / in Wang W., Gorsuch J. W., Hughes J. S. // Plants for Environmental Studies // 6005 J.S. (Eds), New York, NY: CRC Lewis Publishers. 1997. P. 307–333.

5. McDonnell G., Russell A. D. Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action, and Resistance // Clinical Microbiology Reviews. 1999. Vol. 12. No. 1. P. 147–179.

6. Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Валидов Ш. З. Развитие культуры *Aspergillus niger* AM1 в среде с двумя источниками фосфора. Эффективность стерилизации белого фосфора ацетоном // Экологический вестник Северного Кавказа. 2017. Т. 13. № 1. С. 47–54.

7. Toxicological profile for white phosphorus // U.S. Department of health and human services. USA. 1997. 248 p.

8. Миндубаев А. З., Бабынин Э. В., Волошина А. Д., Валидов Ш. З., Кулик Н. В., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Аккизов А. Ю., Яхваров Д. Г. Оценка генотоксичности белого фосфора. Развитие бактериальной культуры в среде с фосфитом калия в качестве единственного источника фосфора // Бутлеровские сообщения. 2016. Т. 47. № 7. С. 1–20.

9. Миндубаев А. З., Бабынин Э. В., Волошина А. Д., Сахапов И. Ф., Кулик Н. В., Валидов Ш. З., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Аккизов А. Ю., Яхваров Д. Г. Генотоксичность белого фосфора // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 49. № 1. С. 1–20.

10. Smillie R., Grant B. R., Guest D. The Mode of Action of Phosphite: Evidence for Both Direct and Indirect Modes of Action on Three *Phytophthora* spp. in Plants // Phytopatology. 1989. Vol. 79. No. 9. P. 921–926.

ДЕСТРУКЦИЯ СОЛОМИСТОГО СУБСТРАТА МИКРОМИЦЕТОМ *FUSARIUM* SP. O-12 В МОДЕЛЬНЫХ ОПЫТАХ

К. А. Вырасткова¹, И. Г. Широких^{1,2}

¹ Вятский государственный университет, ksyu.vyrastkova@mail.ru

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

В процессе производства растениеводческой продукции накапливается значительное количество трудно разлагаемых растительных остатков, таких как солома. В естественных условиях они очень медленно разлагаются, приводят к загрязнению окружающей среды, а также могут служить источником патогенной для животных и человека микрофлоры [1]. Наиболее экологичным и наименее энергозатратным способом переработки таких отходов является компостирование с использованием эффективных штаммов микроорганизмов, в частности микроскопических мицелиальных грибов [2]. Важным этапом разработки технологий утилизации растительных отходов является выявление и оценка перспективных штаммов в условиях модельных опытов.

Целью работы являлось изучение процессов колонизации и разложения соломы микромицетом-целлюлолитиком, в зависимости от дозы инокулюма и наличия в среде экстра-азота.

Исследование проведено в условиях лабораторных микрокосмов. Объектом исследования служил природный изолят *Fusarium* sp. O-12, ранее про-

явивший высокую активность при разложении неприродных целлюлозосодержащих субстратов – фильтровальной бумаги [3] и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) [4].

Модельные опыты по изучению способности штамма разлагать соломистый субстрат закладывали в стеклянных чашках Петри, помещая в каждую по 3,0 г сухой соломы зерновых культур. Солому увлажняли до 60% от ПВ, стерилизовали автоклавированием при 1,0 ати в течение 20 мин. Культуру для приготовления грибного инокулята выращивали на суслоагаре при 28 °С в течение восьми суток.

Схема модельного опыта включала 5 вариантов:

I. *Fusarium* sp. O-12 (0,2 мл суспензии с концентрацией $3,2 \cdot 10^7$ КОЕ/мл) + H₂O (1 мл) + солома (3 г).

II. *Fusarium* sp. O-12 (0,2 мл суспензии с концентрацией $3,2 \cdot 10^7$ КОЕ/мл) + водный раствор NH₄NO₃ (1 мл раствора с концентрацией 17,1 мг/мл) + солома (3 г).

III. *Fusarium* sp. O-12 (0,4 мл суспензии с концентрацией $3,2 \cdot 10^7$ КОЕ/мл) + водный раствор NH₄NO₃ (1 мл раствора с концентрацией 17,1 мг/мл) + солома (3 г).

IV. Контроль + H₂O (1 мл) + солома (3 г).

V. Контроль + водный раствор NH₄NO₃ (1 мл раствора с концентрацией 17,1 мг/мл) + солома (3 г).

Варианты I, II, III были заложены в шести повторениях, а IV и V – в одном повторении для подтверждения отсутствия контаминации.

Для изучения влияния на процесс деструкции доступного азота при увлажнении субстрата добавляли в него нитрат аммония в концентрациях из расчета 10 мг N-NH₄/1 г соломы (28,57 мг нитрата аммония на 1 г сухой соломы). Чашки инкубировали при 27 °С, отмечая динамику обрастания соломы грибным мицелием (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид модельного опыта по разложению соломы микромицетом

Через 12 дней экспозиции в соломе, инокулированной грибом-целлюлолитиком, определяли длину грибного мицелия, количество фрагментов мицелия и количество спор прямым микроскопированием (рис. 2) [5].

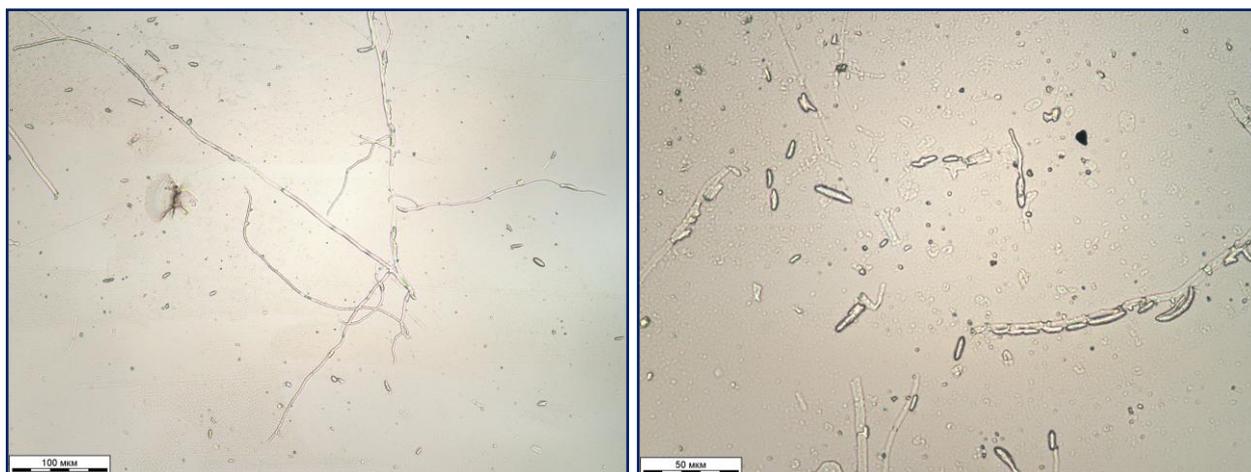


Рис. 2. Микроскопия фиксированного мазка из суспензии соломистого субстрата + *Fusarium* sp. O-12

В результате внесения в соломистый субстрат раствора нитрата аммония в качестве источника экстра-азота, рост гриба был более интенсивным, чем в контроле без добавления азота (с дистиллированной водой). На протяжении всего процесса инкубации происходило увеличение количества фрагментов (рис. 3, Б) и длины (рис. 3, В) мицелия, что свидетельствует о более активном вегетативном росте гриба в присутствии экстра-азота. Количество спор (рис. 3, А) увеличивалось вплоть до шестых суток в обоих вариантах, а затем сохранялось на одном уровне. Но уровень численности спор в варианте с добавлением азота был достоверно выше, чем в варианте без внесения азота.

Сопоставление данных по колонизации соломы микромицетом *Fusarium* sp. с убылью биомассы соломистого субстрата показало, что внесение в среду экстра-азота способствует более значительной убыли биомассы соломистого субстрата и, соответственно, более интенсивному его разложению (рис. 4, А).

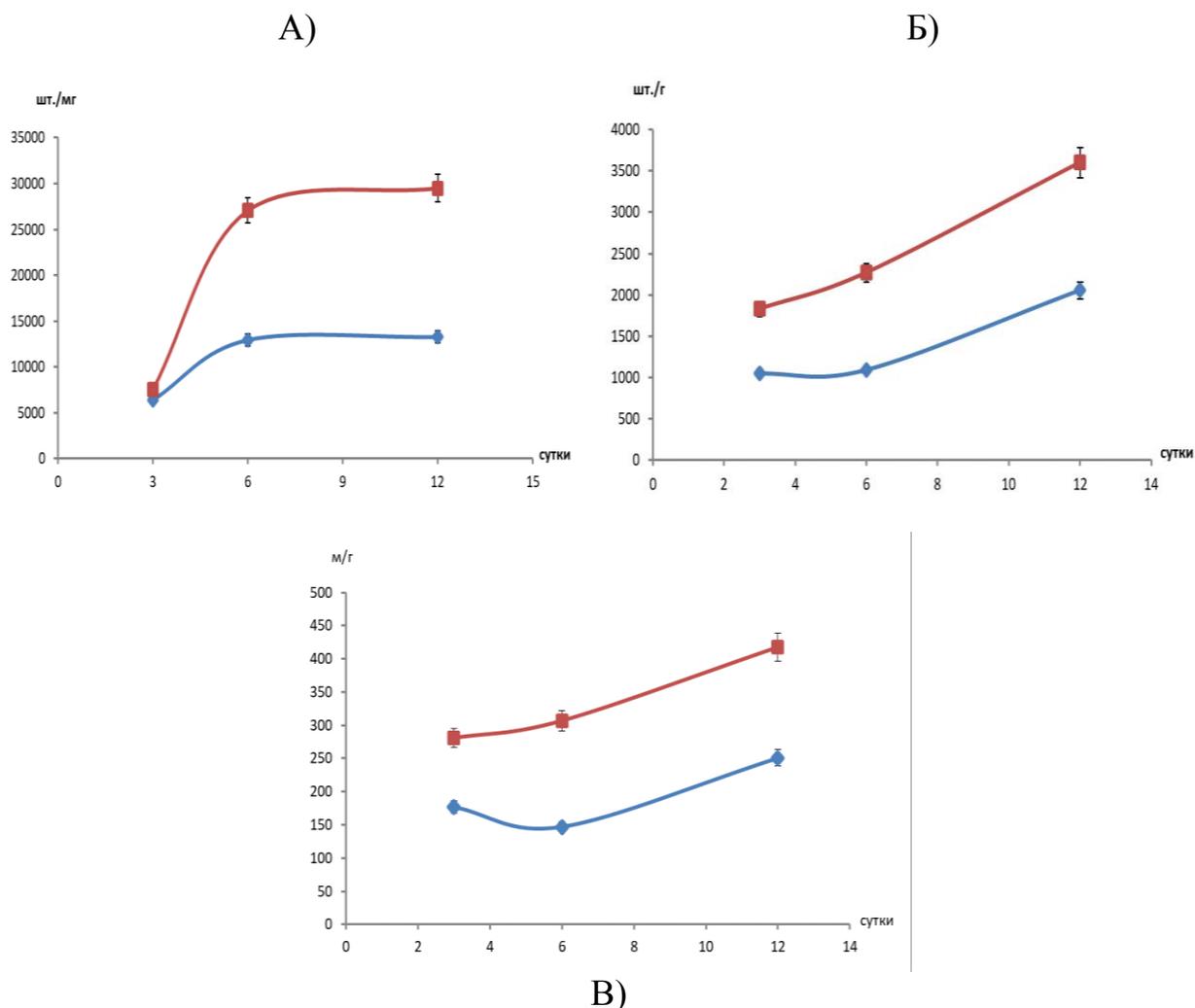


Рис. 3. Динамика количества спор (А), фрагментов (Б) и длины (В) мицелия *Fusarium* sp. О-12 в солоmistом субстрате, в зависимости от внесения экстра-азота. Синим обозначен контроль, красным – вариант с внесением экстра-азота

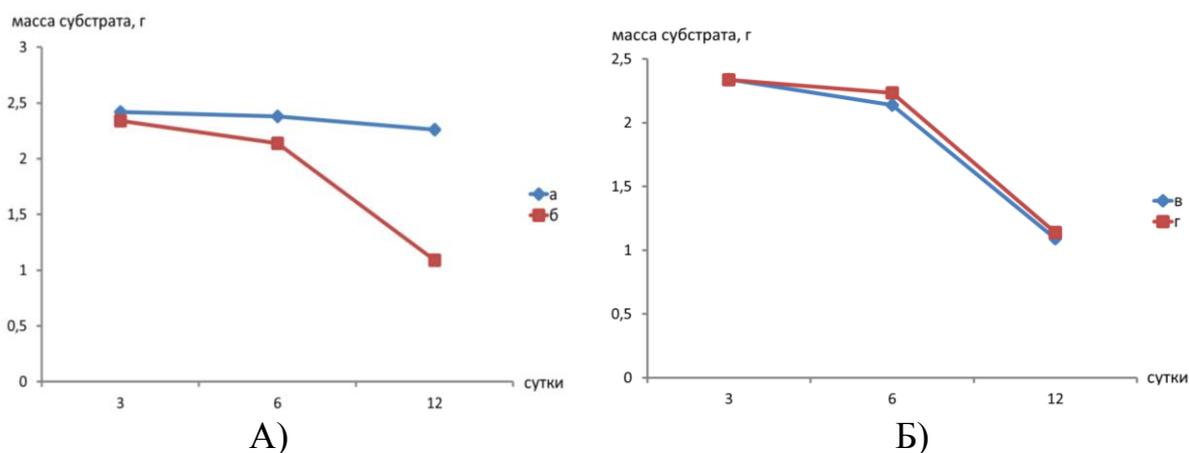


Рис. 4. Динамика биомассы солоmistого субстрата, в зависимости от внесения экстра-азота (А) и от стартовой дозы инокулянта (Б): а – контроль, б – внесение экстра-азота, в – $6,4 \times 10^6$ КОЕ/мл, г – $1,3 \times 10^7$ КОЕ/мл

Совокупность полученных результатов свидетельствует, что внесение в солоmistый субстрат экстра-азота способствует активизации роста и развития микромицета-целлюлолитика, повышает его способность к разложению целлюлозосодержащего субстрата.

Увеличение дозы инокулюма гриба от исходного ($6,4 \times 10^6$ КОЕ/мл) в два раза ($1,3 \times 10^7$ КОЕ/мл) повлияло на мицелиальный рост гриба-целлюлолитика незначительно (рис. 5, Б, В), но способствовало более интенсивному спороношению (рис. 5, А). Содержание спор в субстрате к шестым суткам опыта существенно возросло по сравнению с исходным вариантом (дозой).

Кроме того, убыль биомассы соломы в варианте с повышенной дозой инокулянта несущественно отличалась от варианта с дозой $6,4 \times 10^6$ КОЕ/мл (рис. 4, Б). Поэтому для инокуляции не следует брать дозу инокулюма выше $6,4 \times 10^6$ КОЕ/мл, поскольку это приводит к значительному увеличению в биоморфологической структуре гриба доли неактивных споровых форм, не участвующих в процессе разложения целлюлозы.

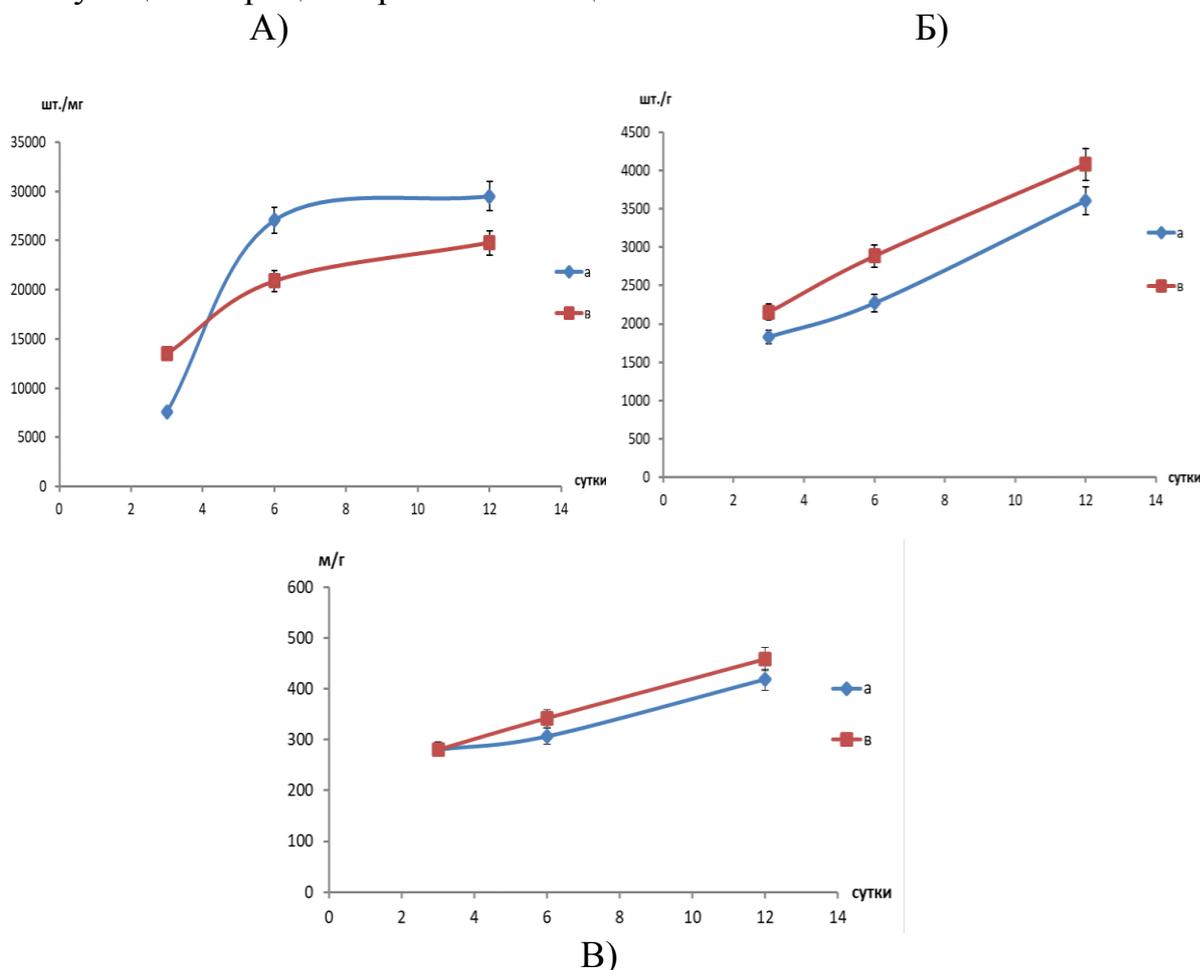


Рис. 5. Динамика количества спор (А), фрагментов (Б) и длины (В) мицелия *Fusarium* sp. О-12 в солоmistом субстрате, в зависимости от стартовой дозы инокулюма: а (синим) – $6,4 \times 10^6$ КОЕ/мл, в (красным) – $1,3 \times 10^7$ КОЕ/мл

Таким образом, в результате проведенных исследований удалось выявить некоторые закономерности колонизации соломистого субстрата одним из наиболее перспективных грибов-деструкторов – *Fusarium* sp. O-12 в зависимости от содержания в среде экстра-азота и количества внесенного инокулюма. Между внесением в субстрат экстра-азота и обрастанием субстрата мицелием гриба установлена прямая положительная зависимость, как и между внесением в субстрат экстра-азота и убылью биомассы соломистого субстрата. В результате увеличения стартовой дозы инокулюма интенсивность обрастания соломы мицелием гриба и убыль биомассы соломистого субстрата изменялась незначительно, зато количество спор увеличивалось существенно. Поэтому для инокуляции нецелесообразно брать дозу инокулюма гриба *Fusarium* sp. O-12 выше 6,4 млн. КОЕ/г.

Литература

1. Perez J., Munoz-Dorado J., De La Rubia T., Martinez J. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview // *Int Microbio.* 2002. V. 5. P. 53–63.
2. Soliman S. A., El-Zawahry Y. A., El-Moughith A. A. Fungal Biodegradation of Agro-Industrial Waste / Cellulose - Biomass Conversion, Kadla P. J. Ed. // *InTech.* 2013. Ch. 4. P. 75–92.
3. Методы экспериментальной микологии: сб. / Под ред. В. И. Билай. Киев: Наукова думка. 1973. 243 с.
4. 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. V. 43. P. 777–780.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ. 1991. 304 с.

НАХОДКИ МИКСОМИЦЕТОВ НА ТЕРРИТОРИИ Г. КИРОВА

А. А. Широких^{1,2}, Д. В. Попыванов¹, А. В. Кремсал¹

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

² *ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока»*

Миксомицеты или миксогастриды (*Muxogastria*) типичные сапротрофные организмы, обитающие в основном на остатках растительного происхождения. Это одна из наиболее древних групп амебоидных организмов, возникшая ещё до появления наземных растений [1]. Миксомицеты являются важным структурным элементом лесных экосистем, они принимают активное участие в процессах круговорота веществ, оказывают влияние на состав и численность бактерий и дрожжей в почве, листовой подстилке и гниющей древесине [2]. В последнее время миксомицеты начинают приобретать значение, как организмы-индикаторы состояния окружающей среды. Так, предложено использовать миксомицеты в качестве объектов биоиндикации загрязнения атмосферы оксидами азота и серы [3]. Одним из достоинств миксомицетов как организмов-биоиндикаторов является то, что наряду с обнаружением в природе, они так же хорошо могут быть выявлены и в лабораторных условиях. Изучение видового состава миксомицетов в антропогенно-

нарушенных местообитаниях было проведено в ряде работ [3–5], результаты которых указывают на перспективность использования миксомицетов в системе биоиндикации антропогенных нарушений.

Распространению миксомицетов в урбоэкосистемах посвящено сравнительно мало работ [6–8]. В России миксомицеты изучали в основном в парках г. Москвы [6, 7]. Сообщество миксомицетов на территории г. Кирова практически не исследовано.

Целью нашей работы являлось рекогносцировочное исследование миксомицетов на территории г. Кирова. Распространение миксомицетов изучали в сентябре – октябре методом регистрации спорокарпов непосредственно в природе. Так как миксомицеты являются компонентами древесно-травянистых биоценозов, то обследовали древостой и газоны следующих территорий города: Заречный парк, Нововятский дендропарк (д. Сошени), дендропарк «НИИСХ Северо-Востока», парк им. Ю. А. Гагарина, парк им. С. М. Кирова, сквер на улице Профсоюзной. На улице Преображенской редкий миксомицет *Brefeldia maxima* был обнаружен на старом пне тополя прямо во дворе Центра научно технической информации (ЦНТИ).

В результате проведённых исследований на территории г. Кирова было обнаружено в общей сложности 16 видов миксомицетов, принадлежащих к трем порядкам (Trichiales, Physarales, Liceales) и пятью семействам (*Trichiaceae*, *Stemonitidae*, *Physaraceae*, *Didymiaceae*, *Reticulariaceae*) (табл. 1).

Таблица 1

Встречаемость видов миксомицетов на территории г. Кирова

№	Вид миксомицета	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<i>Arcyria denudate</i> (L.) Wettst. Пор. Trichiales, сем. <i>Trichiaceaea</i>	+	+	+				
2	<i>Arcyria stipata</i> (Schwein) Lister Пор. Trichiales, сем. <i>Trichiaceaea</i>	+		+				+
3	<i>Arcyria incarnata</i> (Pers.) Pers. Пор. Trichiales, сем. <i>Trichiaceaea</i>							+
4	<i>Badhamia urticularis</i> (Bull.) Berk. Пор. Physarales, сем. <i>Physaraceae</i>		+					
5	<i>Badhamia affinis</i> Rost., Monogr. Пор. Physarales, сем. <i>Physaraceae</i>							+
6	<i>Brefeldia maxima</i> (Fr.) Rost. Пор. Physarales, сем. <i>Stemonitidae</i>					+		
7	<i>Hemitrichia serpula</i> (Scop) Rostaf ex Lister Пор. Trichiales, сем. <i>Trichiaceaea</i>	+						
8	<i>Hemitrichia calyculata</i> (Speg) M. L Farr Пор. Trichiales, сем. <i>Trichiaceaea</i>	+						
9	<i>Lycogala epidendrum</i> (L.) Fr. Пор. Liceales, сем. <i>Reticulariaceae</i>	+	+	+	+		+	+
10	<i>Lycogala flavofuscum</i> (Ehrenb.) Rostaf. Пор. Liceales, сем. <i>Reticulariaceae</i>		+					

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	<i>Metatrichia vesparia</i> (Batsch) Nann.-Bremek. Поп. Trichiales, сем. <i>Trichiaceaea</i>	+	+					
12	<i>Metatrichia floriformis</i> (Schwein.) Nann.-Bremek. Поп. Trichiales, сем. <i>Trichiaceaea</i>	+	+					
13	<i>Mucilago crustacea</i> Wigg. Поп. Physarales, сем. <i>Didymiaceae</i>			+				
14	<i>Reticularia intermedia</i> Nann.-Bremek. Поп. Liceales, сем. <i>Reticulariaceae</i>	+	+					
15	<i>Trichia varia</i> (Pers.) Pers. Поп. Trichiales, сем. <i>Trichiaceaea</i>	+	+	+	+			+
16	<i>Trichia decipiens</i> (Pers.) Macbr. Поп. Trichiales, сем. <i>Trichiaceaea</i>	+						
Общее количество видов		10	8	5	2	1	1	5

Примечание: 1 – Заречный парк; 2 – Нововятский дендропарк (д. Сошени); 3 – дендропарк «НИИСХ Северо-Востока»; 4 – сквер на ул. Профсоюзной; 5 – двор ЦНТИ на ул. Преображенской, 6 – парк им. Ю. А. Гагарина, 7 – парк им. С. М. Кирова.

В городской среде биота миксомицетов формируется под сильным антропогенным влиянием, которое выражается в изъятии из биотопов подходящих для миксомицетов субстратов – гнилой древесины и листового опада, а также в загрязнении атмосферы различными поллютантами.

Наибольшее количество обнаруженных нами видов миксомицетов было выявлено в заречной части и Нововятском районе города, где изъятие трухлявой древесины и листового опада не производится, а содержание загрязнений в воздушной среде гораздо ниже, чем в других городских районах. В парках, расположенных ближе к центральной части города, количество обнаруженных видов снижалось: до пяти в дендропарке «НИИСХ Северо-Востока» и парке им. С. М. Кирова, до двух – в сквере на ул. Профсоюзной и одного – в парке им. Ю. А. Гагарина.

Наиболее широко распространённым в городской среде миксомицетом является *L. epidendrum* – представитель порядка Liceales. Этот вид был обнаружен практически во всех обследованных парках г. Кирова. Ликогала образует розовые, шаровидные плодовые тела (этелии) на поваленных стволах и старых пнях деревьев. Со временем этелии приобретают оливково-серый цвет и становятся мало заметными, что затрудняет их учёт в природе.

Вторым по частоте встречаемости и первым по количеству обнаруженных видов является семейство *Trichiaceaea* порядка Trichiales. Это семейство было представлено 9 видами миксогастрид, из которых шесть видов на территории города были обнаружены только в заречной части и Нововятском дендропарке. Из всех обнаруженных миксомицетов этого семейства самым широко распространённым видом был *T. varia*, он не отмечен только в парке им. Ю. А. Гагарина.

Ниже приведен аннотированный список видов миксомицетов, обнаруженных на территории г. Кирова:

1. *Arcyria denudate* (L.) Wettst., на гнилых стволах липы, осины, на пне ели, Заречный парк, N58°36.377'; E49°43.271', Нововятский дендропарк, N58°31.356'; E49°41.267' дендропарк «НИИСХ Северо-Востока», N58°34.561'; E49°41.196'.

2. *Arcyria stipata* (Schwein) Lister, на упавшем стволе осины, на валеже липы, Заречный парк, N58°36.377'; E49°43.271', дендропарк «НИИСХ Северо-Востока», N58°34.616'; E49°41.159', парк им. С. М. Кирова, на гнилой древесине берёзы, N58°35.144'; E49°39.295'.

3. *Arcyria incarnata* (Pers.) Pers., парк им. С. М. Кирова, на гнилой древесине берёзы, N58°35.144'; E49°39.295'.

4. *Badhamia urticularis* (Bull.) Berk., на упавшем стволе клёна ясеневидного, на листовой подстилке, Нововятский дендропарк, N58°31.356'; E49°41.267'.

5. *Badhamia affinis* Rost., Monogr., на коре живого дерева клёна, парк им. С. М. Кирова, N58°35.153'; E49°39.269'.

6. *Brefeldia maxima* (Fr.) Rost., на старом пне тополя, во дворе ЦНТИ, N58°36.328'; E49°39.797'.

7. *Hemitrichia calyculata* (Speg) M. L Farr, на гнилом стволе осины, Заречный парк, N58°36.368'; E49°42.178'.

8. *Hemitrichia serpula* (Scop) Rostaf ex Lister, на гнилом стволе осины, Заречный парк, N58°36.303'; E49°42.716'.

9. *Lycogala epidendrum* (L.) Fr., на гнилых пнях липы, тополя, осины, на упавших стволах пихты, осины, Заречный парк, N58°36.377'; E49°43.271', Нововятский дендропарк, N58°31.356'; E49°41.267', сквер на ул. Профсоюзная, N58°36.963'; E49°39.888', дендропарк «НИИСХ Северо-Востока», N58°34.561'; E49°41.196', парк им. Ю. А. Гагарина, N58°35.677'; E49°41.136', парк им. С. М. Кирова, N58°35.200'; E49°39.282'.

10. *Lycogala flavofuscum* (Ehrenb.) Rostaf., на старом стволе клёна, Нововятский дендропарк, N58°31.356'; E49°41.267'.

11. *Metatrichia vesparia* (Batsch) Nann.-Bremek., на гнилом пне осины, на упавшем стволе осины, Заречный парк, N58°36.368'; E49°43.178', Нововятский дендропарк, N58°31.356'; E49°41.267'.

12. *Metatrichia floriformis* (Schwein.) Nann.-Bremek., на гнилом пне ели, Заречный парк, N58°36.275'; E49°43.507'.

13. *Mucilago crustacea* Wigg., на листовой подстилке, живых растениях, дендропарк «НИИСХ Северо-Востока», N 58°34.561'; E 49°41.196'.

14. *Reticularia intermedia* Nann.-Bremek., на упавших стволах осины, черёмухи, Заречный парк, N58°36.353'; E49°43.091', Нововятский дендропарк, N58°31.356'; E49°41.267'.

15. *Trichia varia* (Pers.) Pers., на упавшей ветке липы, трухлявом пне тополя, на гнилых стволах клёна, осины, липы, парк им. С.М. Кирова, N58°35.159'; E49°39.260', N58°35.140'; E49°39.231', дендропарк «НИИСХ Се-

веро-Востока», N 58°34.612'; E 49°41.175', Заречный парк, N58°36.368'; E49°43.178', Нововятский дендропарк, N58°31.365'; E49°41.271', парк на ул. Профсоюзной, N58°36.963'; E49°39.888'.

16. *Trichia decipiens* (Pers.) Macbr., на спиленном стволе осины, Заречный парк, N58°36.370'; E49°43.270'.

Приведённый список видов миксомицетов, обнаруженных методом сбора в природных условиях, не является исчерпывающим, поскольку данный метод позволяет выявить только достаточно крупные спорокарпы. Однако некоторые виды миксомицетов обладают строгой сезонностью образования спорокарпов, вследствие чего они не могут быть выявлены при единовременном исследовании. Кроме того, многие виды миксомицетов обладают мелкими спорокарпами и не могут быть выявлены в ходе полевых исследований, так как трудно различимы невооружённым глазом. Для их учёта используют метод влажных камер. Основным недостатком метода влажных камер является то, что многие виды, обладающие крупными спорокарпами, практически никогда не обнаруживаются во влажных камерах. Поэтому для наиболее полного учёта биоразнообразия миксомицетов необходимо использовать одновременно как сбор спорокарпов в природе, так и метод влажных камер.

Таким образом, рекогносцировочное исследование распространения миксомицетов на территории города Кирова показало, что их разнообразие достаточно велико. В составе биоты миксомицетов наибольшее количество видов являются представителями семейства *Trichiaceae*, а самым широко распространённым видом является *L. epidendrum*. Отмечена сравнительно редкая встречаемость представителей порядка *Physarales*, которые представлены в Кирове всего двумя видами. Редкая встречаемость в городской среде видов рода *Physarum* была ранее отмечена для Москвы [5]. Вероятно, этот феномен связан с вымыванием из почвы извести, необходимой для нормального морфогенеза спорокарпов, вследствие выпадения кислотных дождей [9]. В этом случае отсутствие физарумов в миксобиоте можно рассматривать как биоиндикационный признак урбаногенноизмененной среды. Однако основным фактором, определяющим распространение миксомицетов на территории города, является наличие подходящих для их обитания субстратов – старых пней, упавших стволов деревьев, разлагающейся древесины.

Литература

1. Fiz-Palacios O., Romeralo M., Ahmadzaden A., Weststrand S., Ahlberg P.E., Baldauf S. Did terrestrial diversification of amoebas (*Amoebozoa*) occur in synchrony with land plants? // PLoS ONE 2013. V. 8 № 9. e74374.
2. Keller H. W., Everhart S. E. Importance of Myxomycetes in Biological Research and Teaching // FUNGI. 2010. № 3. V. 1. P. 14–27.
3. Кочергина А. В. Миксомицеты как перспективный объект биоиндикации // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2009. № 2. С. 54–55.
4. Wrigley de Basanta D. The effect of simulated acid rain on corticolous myxomycetes // Systematics and Geography Plants. 2004. № 74: P. 175–181.
5. Гмошинский В. И. Миксомицеты Москвы и Московской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук М.: МГУ, 2013. 25 с.

6. Барсукова Т. Н., Прохоров В. П., Гмошинский В. И., Чижов А. О. Миксомицеты в лесопарках Москвы, Московской области и некоторых районов Калужской области // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. 2010. № 3. С. 31–33.

7. Гмошинский В. И. Миксомицеты в условиях антропогенного воздействия // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Сб. тезисов. Материалы VIII международной конференции / под ред. В. Г. Стороженко, Б. П. Чудакова. Ульяновск: УлГУ, 2012. С. 208–212.

8. Takahashi K., Tsukiji K. Species diversity and distribution of corticolous myxomycetes in green environment in southern Okayama Prefecture, Japan // Naturalistae. 2013. №17. P. 9–22.

9. Плотников Б. С., Фелелов К. А. Миксомицеты южной тайги Среднего Урала в градиенте промышленного загрязнения выбросами медеплавильного комбината // Микология и фитопатология. 2009. Т. 43. Вып. 1. С. 33–44.

БИОСЕНСОРНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ НОВОГО ФАКУЛЬТАТИВНОГО МЕТИЛОТРОФА *RHODOCOCCLUS WRATISLAVIENSIS* ВКМ АС-2782

Т. Н. Кувичкина¹, В. В. Гридина², Н. В. Доронина², А. Н. Решетиллов¹

¹ Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина,

² Тульский государственный университет,

kuv@ibpm.pushchino.ru

Из прибрежной зоны Азовского моря выделен новый штамм (2AzMo), обладающий способностью к росту на метаноле и метиламине как источниках углерода и энергии, то есть является метилотрофом. Секвенирование гена 16S рРНК штамма выявило его сходство с представителями рода *Rhodococcus*: 99,9% с *R. wratislaviensis* IEGM 1112^T (=NCIMB 13082^T), 99,4% с *R. imtechensis* IEGM 940^T (=RKJ300^T) и 99,2% с *R. koreensis* IEGM 962^T (=DNP505^T). Высокий уровень сходства с *R. wratislaviensis* IEGM 1112^T позволил отнести новый изолят к виду *Rhodococcus wratislaviensis* ВКМ Ас-2782. Представители рода *Rhodococcus* обладают широкими метаболическими возможностями и осуществляют окисление природных и антропогенных углеводов. Однако среди них способность к метилотрофии ранее не была выявлена. У вышеперечисленных типовых представителей рода *Rhodococcus* рост на метаноле не обнаружен. Одним из способов изучения новых аэробных микроорганизмов можно рассматривать биосенсорный подход. Так, для *R. wratislaviensis* ВКМ Ас-2782 показано, что он может быть использован в качестве биорецептора для определения алифатических одноатомных спиртов: метанола, этанола, изопропанола и изобутанола [1].

Целью работы являлось изучение свойств *R. wratislaviensis* ВКМ Ас-2782 биосенсорным методом.

В работе использовали штамм актинобактерий *Rhodococcus wratislaviensis* ВКМ Ас-2782, выделенный ранее в лаборатории метилотрофии ИБФМ РАН из прибрежной зоны Азовского моря. Актинобактерии выращивали на среде «К», которая содержала (г/л): КН₂РО₄ – 2,0; (NH₄)₂SO₄ – 2,0; NaCl – 0,5; MgSO₄×7H₂O – 0,1; FeSO₄×7H₂O – 0,002; H₂O дист. – 1 л, pH 7,4

устанавливали раствором 5М NaOH. В качестве источника витаминов вносили 0,1 мл смесь витаминов в метаноле: аминокислота – 0,3; биотин – 0,02; никотиновая кислота – 0,2; пантотенат кальция – 0,1; дигидрохлорид пиридоксина – 0,5; цианокоболамин – 0,1; тиамин – 0,2; рибофлавин – 0,1. Культивирование проводили в колбах объёмом 750 мл, содержащих 200 мл среды. После стерилизации (1 атм. 30 мин.) в среду добавляли 0,5% (об/об) метанола и 20 мл жидкой посевной культуры. Культуру актинобактерий инкубировали на качалке (150 об/мин) при температуре 29 °С в течение 3 суток. Штамм пересеивали на скошенный «К» агар («Difco», USA) с 1% CH₃OH и выдерживали в термостате при 28 °С в течение 3 суток или на среде LB в течение суток. Для иммобилизации аликвоту клеточной суспензии центрифугировали при 10000g в течение 3 мин при комнатной температуре. Клетки отмывали трижды 50 мМ калий-фосфатным буфером (pH 7,5). Иммобилизацию клеток осуществляли методом физической адсорбции. Клеточная суспензия, содержащая 10 мкл 50 мМ калий-фосфатного буфера (pH 7,5) с 1 мг сырой биомассы клеток, была нанесена на полоску носителя (хроматографическая стеклобумага «WhatmanGF/A» (Великобритания), формируя пятно диаметром 5 мм. Пятно подсушивали при комнатной температуре в течение 20 мин. Электрохимические измерения проводили в 50 мМ калий-фосфатном буфере (pH 7,5), насыщенном кислородом, при 20–25 °С в открытой кювете объёмом 2 мл при помощи гальванопотенциостата «IPC 2000» («Kronas», Москва). Потенциостат «IPC 2000» регистрировал отклик распознающего элемента (ответ сенсора). Регистрируемым параметром при фиксированном потенциале (-700 мВ) являлась максимальная скорость изменения выходного сигнала dI/dt (нА/с), связанная пропорциональной зависимостью со скоростью изменения концентрации потреблённого кислорода (ответ биосенсора). После установления постоянного уровня тока в ячейку микропипеткой вводили 100 мкл пробы субстрата. После каждого добавления субстрата производили промывку ячейки фосфатным буфером. Оценку субстратной специфичности биорецептора с клетками, выращенными на метаноле, проводили по следующим субстратам: метиламин (37 мМ), диметиламин (53 мМ), триметиламин (43 мМ); глюкоза (5 мМ), ксилоза (50 мМ), мальтоза (50 мМ), арабиноза (50 мМ). Кроме того использовали формальдегид (7,5 мМ), аланин (6,25 мМ), о-фталат натрия (6,25 мМ) и малат (25 мМ).

Для изучения влияния концентраций метиламина на потребление кислорода иммобилизованными клетками (ИМК) концентрации субстрата варьировали от 0,15 мМ до 2,30 мМ. На рис. 1 представлена градуировочная зависимость ответов биосенсора от концентрации метиламина.

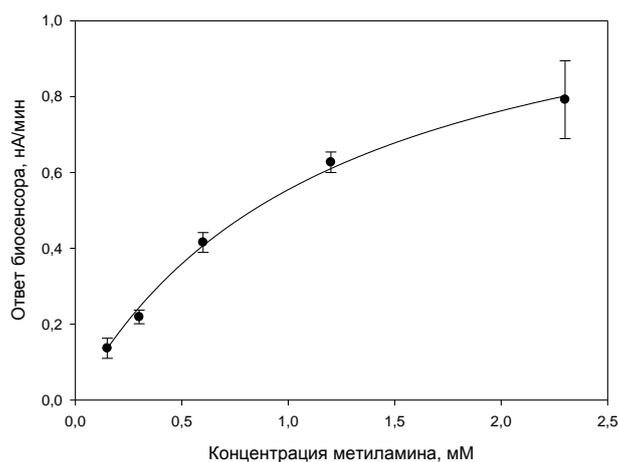


Рис. 1. Градуировочная зависимость ответа биосенсора на основе ИмК *R. wratislaviensis* ВКМ Ас-2782 от концентрации метиламина

Используя кривую субстратной зависимости (градуировочная зависимость) и компьютерную программу для нелинейной регрессии, вычислили значения максимальной скорости потребления кислорода ИмК ($V_{\text{макс.}}$) и кажущуюся константку сродства к субстрату ($K_{\text{М(каж.)}}$) для метиламина по уравнению Михаэлиса – Ментен.

Таблица

Параметры уравнения Михаэлиса-Ментен градуировочной зависимости ответа биосенсора на основе ИмК штамма *R. wratislaviensis* ВКМ Ас-2782

Рецепторный элемент	Кажущаяся константа Михаэлиса, $K_{\text{М}}$, мМ	Максимальная скорость потребления кислорода, $V_{\text{макс}}$, нА/мин
<i>R. wratislaviensis</i> ВКМ Ас-2782	$1,2 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,1$

Оценку субстратной специфичности биорецептора на основе ИмК *R. wratislaviensis* ВКМ Ас-2782, выращенных на метаноле и на метиламине провели по следующим субстратам: амины: метиламин, диметиламин, триметиламин; сахара: глюкоза, ксилоза, арабиноза, мальтоза. Кроме того использовали формальдегид, аланин, малат и о-фталат Na.

Ответы сенсора на разноимённые субстраты различаются, что отображено на следующих диаграммах (рис. 2–4).

Как видно из рисунка 2 штамм *R. wratislaviensis* ВКМ Ас-2782 давал ответы на метиламин, с концентрацией 37 мМ в кювете и триметиламин, с концентрацией 43 мМ в кювете, причём наибольшие ответы наблюдали у клеток, выращенных на метиламине. Это кажется логичным. На диметиламин ответа не наблюдалось.

Ответ клеток *R. wratislaviensis* ВКМ Ас-2782, выращенных на метаноле или метиламине на сахара представлен на рисунке 3. Показано, что ответы клеток, выращенных на метиламине существенно превышали ответы клеток, выращенных на метаноле на те же субстраты. Исключением являлся ответ

биосенсора с ИмК *R. wratislaviensis* ВКМ Ас-2782, выращенными на метиламине, на арабинозу с концентрацией 50 мМ в кювете.

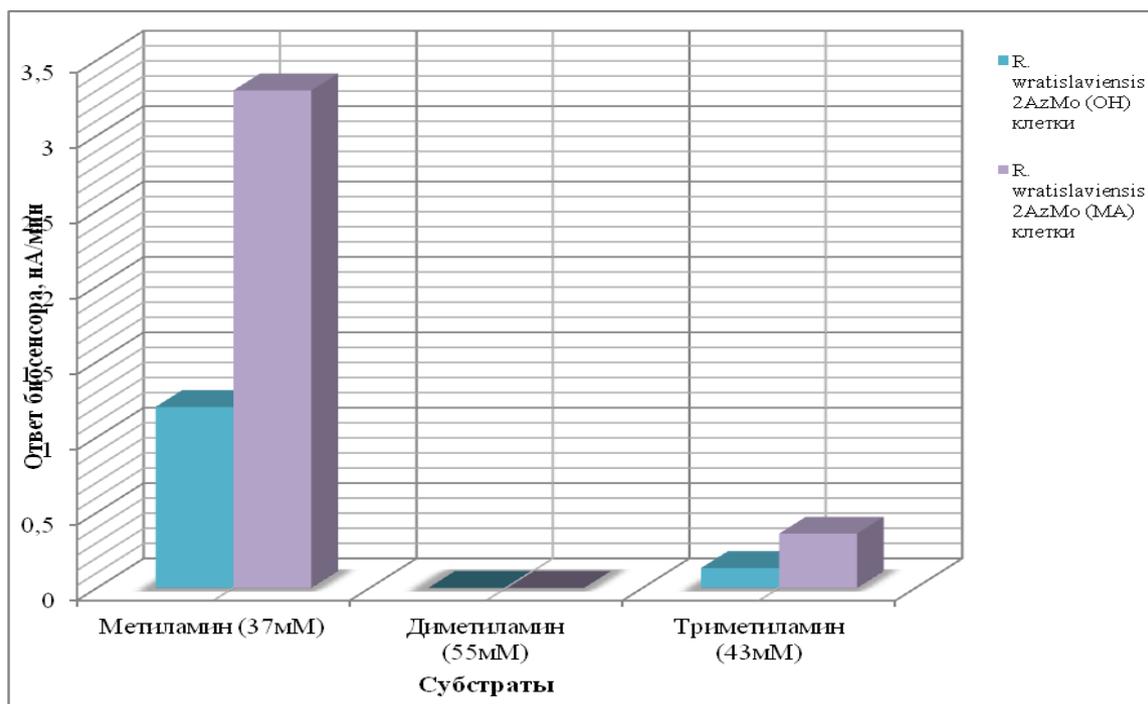


Рис. 2. Субстратная специфичность *R. wratislaviensis* ВКМ Ас-2782, выращенных на метаноле (ОН) и метиламине (МА) на метилированные амины

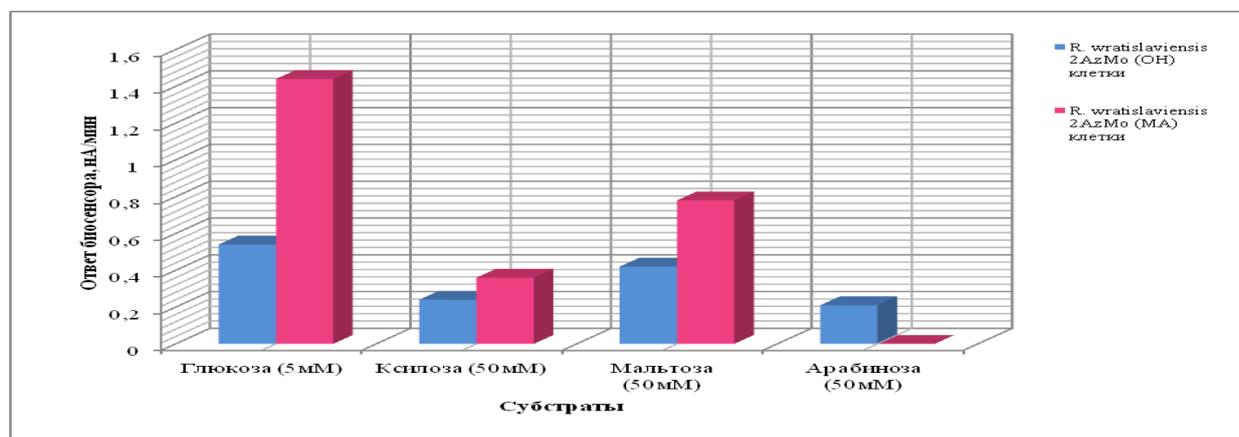


Рис. 3. Субстратная специфичность *R. wratislaviensis* ВКМ Ас-2782, выращенных на метаноле (ОН) и метиламине (МА) на сахара

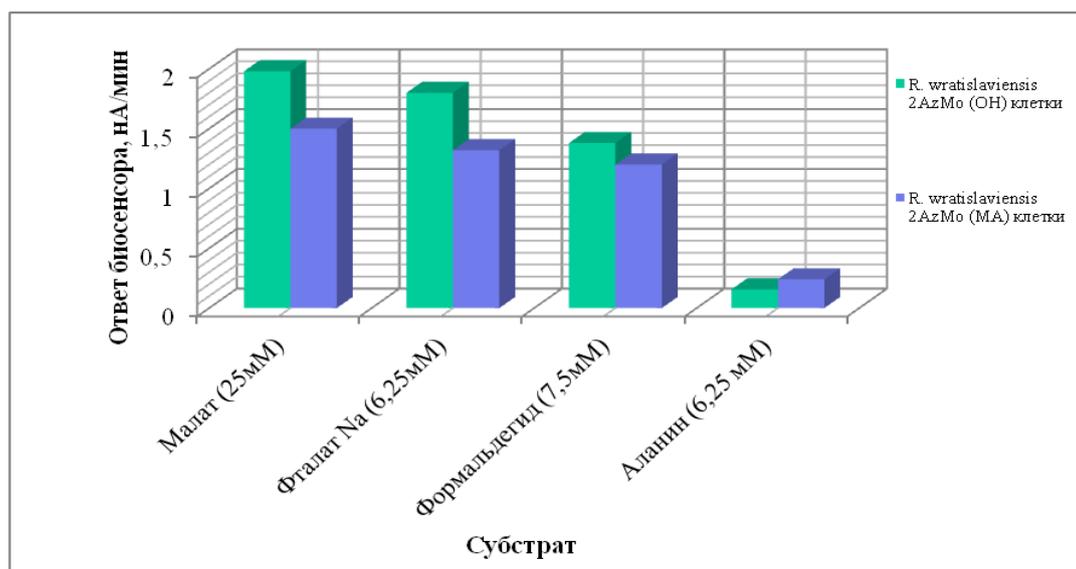


Рис. 4. Субстратная специфичность *R. wratislaviensis* Ac-2782

Как видно из рисунка 4 наибольшие ответы биосенсора с клетками, выращенных на метаноле, наблюдались на малат, о-фталат и формальдегид, за исключением аланина, ответ на который был выше у клеток, выращенных на метиламине. Показано, что штамм актинобактерий *Rhodococcus wratislaviensis* КТ112-7 осуществляет разложение орто-фталевой кислоты через 3,4-дигидроксифталевую кислоту [2]. Можно предположить, что ферментативное окисление и у штамма *Rhodococcus wratislaviensis* ВКМ Ac-2782, как и у штамма *Rhodococcus wratislaviensis* ВКМ Ac-2631Д [3] также происходит через 3,4-дигидроксифталевую кислоту, то есть с появлением в бензольном кольце двух атомов кислорода. Возможно допущение, что эти два атома кислорода происходят из молекулярного кислорода. Следовательно, для определения орто-фталевой кислоты можно использовать биосенсорный, а именно, амперометрический подход.

Таким образом, биосенсорным методом изучены свойства *R. wratislaviensis* ВКМ Ac-2782. Показано, что штамм обладает широкой субстратной специфичностью. Эти данные согласуются с физиологическими характеристиками, полученными нами ранее и показавшими, что новый изолят *R. wratislaviensis* ВКМ Ac-2782 относится к факультативным метилотрофам.

Литература

1. Кувичкина Т. Н., Гридина В. В., Капаруллина Е. Н., Доронина Н. В., Решетилов А. Н. Использование *Rhodococcus wratislaviensis* 2AzMo для определения низших алифатических спиртов в водных растворах // 1-й Российский Микробиологический конгресс; сборник тезисов / Под редакцией д.б.н. Т. А. Решетиловой. М.: ООО «ИД «Вода: химия и экология», 2017. С. 158.
2. Егорова Д. О., Корсакова Е. С., Демаков В. А., Плотникова Е. Г. Деструкция ароматических углеводов штаммом *Rhodococcus wratislaviensis* КТ112-7, выделенным из отходов соледобывающего предприятия // Прикладная биохим. и микробиол. 2013. Т. 49. № 3. С. 267–278.

3. Кувичкина Т. Н., Будина Д. В., Олькова А. С., Плотникова Е. Г., Макаренко А. А., Решетилов А. Н. Биосенсор для определения динатриевой соли ортофталата в водной среде // Бюллетень изобретений полезных моделей. 10.11.2015. № 31. Патент РФ на полезную модель № 156546. Заявка № 2015125211/04. Зарегистрирован 26.06.2015.

ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БАКТЕРИЙ *CLAVIBACTER MICHIGANENSIS* SSP. *SEPEDONICUS*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

П. С. Майоров, Н. А. Феоктистова, Д. А. Васильев

*Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина,
pavelmayorovv@yandex.ru*

Кольцевая гниль картофеля является одним из наиболее вредоносных фитопатогенных заболеваний. При поражении болезнью потери урожая могут составлять до 45%. [1, 2]. Кольцевая гниль картофеля, вызываемая бактерией *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Cms) является одной из наиболее распространенных и вредоносных болезней. Заболевание распространено в основных районах выращивания картофеля на территории Северной Европы, Северной Америки и Канады [1, 3, 4]. Установлено, что развитие кольцевой гнили зависит от условий окружающей среды, температуры, сорта картофеля. Эффективные методы регуляции численности этого фитопатогена отсутствуют, а все имеющиеся способы являются профилактическими и сводятся к обеззараживанию тары, инвентаря и посадочного материала агрессивными агентами. В связи с этим представляется перспективной разработка эффективного и безопасного способа оздоровления картофеля от Cms с применением фагового биопрепарата. [3, 5].

Цель работы – выделение бактерий вида *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* из растительного материала, а также объектов сельскохозяйственного назначения и изучение их основных биологических свойств для возможного применения полученных штаммов в качестве индикаторных бактериальных культур при изучении биологических свойств бактериофагов.

Задачи исследования: 1. Изучить биологические свойства выделенных штаммов бактерий.

2. Составить оптимальную схему выделения и бактериологической идентификации бактерий вида *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus*.

Питательный бульон ТУ 10-02-02-789-176-94 (ООО «БиоКомпас-С», РФ), питательный агар для культивирования микроорганизмов сухой (ГРМ-агар) ТУ 9398-020-78095326-2006 (ФБУН ГНЦ ПМБ, РФ); Микро-ГРАМ-НИЦФ набор реагентов для окраски микроорганизмов по методу Грама ТУ 9398-002-39484474-2002 (ЗАО НИЦФ, РФ); среда Гисса с маннитом (ФБУН ГНЦ ПМБ, РФ); среда Гисса с глюкозой (ФБУН ГНЦ ПМБ, РФ); среда Гисса с арабинозой (ФБУН ГНЦ ПМБ, РФ), среда Гисса с мальтозой (ФБУН ГНЦ ПМБ, РФ); среда Гисса с сахарозой (ФБУН ГНЦ ПМБ, РФ); картофельно-

глюкозный агар («HiMedia», Индия), ДТ-96 («ДНК-Технология», Москва), минимальная агаризированная среда с источниками углерода.

Полученные штаммы культивировали на питательной среде YPGA, содержащей: пептон – 10 г/л, дрожжевой гидролизат – 5 г/л, CaCO₃ – 5 г/л, глюкозу – 5 г/л, pH 7,2 и картофельно-глюкозном агаре M096 [6, 7]. Отмечается очень медленный рост культур. Через 5 суток на питательной среде наблюдаются рост круглых, гладких, слегка приподнятых, непрозрачных, блестящих колоний белого цвета. Эмпирическим путем установлена оптимальная температура культивирования – 25–26 °С.

В сводной таблице представлены результаты биохимических тестов в сопоставлении с данными референс-штаммов.

Таблица

**Биохимические свойства выделенных штаммов бактерий,
в сопоставлении с данными референс-штаммов
*Clavibacter michiganensis ssp. sepedonicus***

Биохимический признак	Ac1405	Ac2753	Cm1	Cm2	Cm3	Cm4
Подвижность	–	–	–	–	–	–
Образование H ₂ S	–	–	–	–	–	–
Выявление каталазы	+	+	+	+	+	+
Выявление оксидазы	–	–	–	–	–	–
Гидролиз желатина	–	–	+	–	d	–
Гидролиз крахмала	+	+	+	d	+	+
Тест с метиловым красным	–	–	–	–	–	–
Ферментация						
Глюкозы	+	+	+	d	+	+
Сорбитола	+	+	+	+	–	d
Маннитола	+	+	d	+	+	+
Ксилозы	–	–	–	–	–	–
Маннозы	d	d	–	+	d	+

«+» – реакция положительная; «–» – реакция отрицательная; «d» – реакция слабая.

Основываясь на данных, представленных в таблице 1, можно сделать вывод, что характерными признаками бактерий подвида *Clavibacter michiganensis ssp. sepedonicus* являются отсутствие подвижности и образование H₂S, бактерии являются каталазоположительными и оксидазоотрицательными. Имеют способность к гидролизу крахмала. Способность к ферментации глюкозы, сорбита, маннита и маннозы также является дифференцирующим признаком данного подвида бактерий.

На основе представленных результатов можно сделать первичный вывод о принадлежности штаммов Cm2 и Cm4 к подвиду *Clavibacter michiganensis ssp. sepedonicus*.

Литература

1. *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* // Data sheets on quarantine pests. Prepared by CABI and EPPO for the EU under Contract 90/399003 2005. Электронный ресурс: http://www.eppo.int/QUARANTINE/data_sheets/bacteria/CORBSE_ds.pdf
2. Граскова, И. А. Влияние гипо- и гипертермии на заражение картофеля возбудителем кольцевой гнили / И. А. Граскова, А. В. Колесниченко, В. К. Войников // *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. Vol. 2. No. 2. 2006. P. 17–22.
3. Перфильева, А. И. Возбудитель кольцевой гнили картофеля – *Clavibacter Michiganensis* subsp. *Sepedonicus* / А. И. Перфильева, И. А. Граскова, Е. Г. Рихванов // *Агрохимия*. № 12. 2013. С. 34–44.
4. Бактерии *Ralstonia Solanacearum* – возбудитель бурой гнили картофеля / К. В. Шокина, П. С. Майоров, Н. А. Феоктистова, К. Н. Саппаров, Д. А. Васильев // *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. Ч. III. Ульяновск: УГСХА, 2017. С. 277–283.*
5. Perfilova, A. I. Growth Behavior of Phytopathogen *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* Treated with Selenium Biocomposites of Mushroom Origin / A. I. Perfilova, O. M. Tsvileva, O. V. Koftin // *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. Vol. 12. No. 1. 2016. P. 13–20.
6. Майоров, П. С. Идентификация возбудителя кольцевой гнили картофеля и определение его культуральных и тинкториальных свойств / П. С. Майоров, Н. А. Феоктистова, Д. А. Васильев // *Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: Материалы XV междунар. науч.-практ. конф. Кемерово, 2016. С. 101–105.*
7. Первичная идентификация микроорганизмов, выделенных из проб семенного картофеля / П. С. Майоров, Н. А. Феоктистова, Д. А. Васильев, К. В. Мартынова // *Молодежь и наука XXI века: Материалы Междунар. науч. конф. (20-21 сентября 2017). Т. 2. Ульяновск: УлГАУ, 2017. С. 92–96.*

ИЗУЧЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ БАКТЕРИОФАГОВ БАКТЕРИЙ РОДА *PROTEUS*

Б. Ж. Рыскалиева, А. К. Беккалиева, Н. А. Феоктистова
Ульяновский ГАУ им. П. А. Столыпина, bryskalieva@mail.ru

Бактерии рода *Proteus* могут выделяться из разных мясных и овощных продуктов, особенно тех, которые подвергаются порче при температуре диапазона мезофилов. Применение бактериофагов как универсального механизма, способного элиминировать (разрушать) специфичные бактерии позволяет использовать этот биологический феномен в качестве безопасного средства деконтаминации пищевого сырья. Конструирование биопрепаратов на основе бактериофагов требует изучения их основных биологических свойств с целью получения высокоэффективного средства с широким спектром действия [1, 2, 3].

Цель работы – изучение урожайности протейных фагов FPr - 11 УГСХА и FPr - 13 УГСХА, выделенных из проб мясного и рыбного сырья и готовой продукции с целью конструирования фагового биопрепарата для обработки бактериофагами пищевого сырья и готовой продукции, способствующей уве-

личению сроков хранения), позволяющей элиминировать вышеназванные микроорганизмы с поверхности рыбной и мясной продукции.

Бактериофаги бактерий рода *Proteus* FPr - 11 УГСХА и FPr - 13 УГСХА, выделены и селекционированы авторами в 2015–2016 гг. Бактерии *Proteus vulgaris* 53 и *Proteus vulgaris* 42 были получены из музея кафедры микробиологии, вирусологии, эпизоотологии и ВСЭ ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ и выделены авторами самостоятельно из проб мясного и рыбного сырья и готовых продуктов. Все культуры обладали типовыми свойствами и хранились при температуре 2–4 °С в столбике 0,7% мясо-пептонного агара. В исследованиях использовали 20±2 часовые культуры микроорганизмов (температура культивирования 36±1 °С).

В исследованиях применяли питательный бульон ТУ 10-02-02-789-176-94 (ООО «БиоКомпас-С», РФ), питательный агар для культивирования микроорганизмов сухой (ГРМ-агар) ТУ 9398-020-78095326-2006 (ФБУН ГНЦ ПМБ, РФ), генцианвиолет 548-62-9 (ЗАО «Вектон», РФ).

Адсорбцию протейных бактериофагов изучали при взаимодействии их с индикаторными культурами по М. Адамсу (1961) в модификации С.Н. Золотухина (2007), методом, который основан на исследовании количества корпускул неадсорбированного фага в смеси бактерия-фаг [4]. Адсорбцию фага FPr - 11 УГСХА изучали на клетках *Proteus vulgaris* 42; FPr - 13 УГСХА - *Proteus vulgaris* 53. Время адсорбции для фагов устанавливали индивидуально в зависимости от процента максимальной адсорбции для конкретной смеси (фаг+клетка хозяина).

Для определения длительности латентного периода и урожайности фага использовали способ изучения одиночного цикла размножения фага без применения антифаговой сыворотки. В основу метода определения длительности латентного периода и урожайности фага положено свойство эмбихина избирательно инактивировать различные фаги без повреждения бактерий [5].

В результате проведенных исследований по определению адсорбционных способностей протейных бактериофагов было установлено, что изучаемые фаги имели разные показатели скорости адсорбции: фаг FPr - 11 УГСХА за 6 минут адсорбировался на клетках *Proteus vulgaris* 42 в количестве 68,8%, константа скорости адсорбции $K = 3,8 \text{ см}^3/\text{мин}^{-1}$; фаг FPr - 13 УГСХА при контакте с клетками *Proteus vulgaris* 53 в течение 7 минут адсорбировался на них 87,2%, константа скорости адсорбции составила $K = 5,8 \text{ см}^3/\text{мин}^{-1}$. Установлено, что наиболее выраженные показатели скорости адсорбции на клетках-хозяев были у бактериофага FPr - 11 УГСХА.

В предварительном опыте параллельного титрования эмбихина на исследуемых фагах FPr - 11 УГСХА и FPr - 13 УГСХА и штаммах устанавливали рабочую дозу препарата, т.е. то его количество, которое в 0,9 мл физиологического раствора способно было за 5 минут при 36±1 °С инактивировать 90–95% фага при исходной его концентрации 3-5×10⁷ БОЕ/мл. Опытным путем установлено, что препарат в рабочей дозе в аналогичных условиях не должен оказывать антибактериального действия при контакте с 4,4×10⁸ м.к./мл. В

экспериментах определено, что рабочая доза эмбихина была равна 7 γ , т.е. среднему из двух последних эффективных доз. После определения рабочей дозы проводили основной опыт. Бактериальные культуры, выращенные в мясо-пептонном бульоне и находящиеся в логарифмической фазе роста, разводили мясо-петонным бульоном до концентрации бактерий $4,4 \times 10^8$ м.к./мл. К 0,9 мл такой культуры, предварительно адаптированной к 36 ± 1 °С, добавляли соответствующего бактериофага 0,1 мл, содержащего $4,4 \times 10^8$ БОЕ/мл, смесь инкубировали в термостате в течение 5 минут, а затем 0,1 мл переносили в 0,9 мл физиологического раствора с рабочей дозой эмбихина, предварительно прогретого в водяной бане при 36 ± 1 °С. После 5-минутной инкубации смеси при 36 ± 1 °С опыт продолжали по методу Эллиса и Дельбрюка. Затем из этой пробирки брали 0,1 см³ жидкости, которую вносили в 9,9 см³ бульона. Из четвертой пробирки брали 0,1 см³ жидкости и вносили в 9,9 см³ бульона (пятая пробирка). Получая указанные разведения, мы стремились создать постоянную и наименьшую концентрацию частиц фага в четвертой пробирке и максимально уменьшить ее в пятой с целью возможности подсчета колоний фага по окончании латентного периода. Из 4 и 5 пробирок приготовленными разведениями через каждые 1–2 минуты брали по 0,1 см³ жидкости и засеивали в две бактериологические чашки по методу агаровых слоев. Подсчет негативных колоний проводили после 16–18 часового инкубирования чашки при 36 ± 1 °С.

Установлено, что латентный период внутриклеточного развития фага FPr - 11 УГСХА на клетках *Proteus vulgaris* 42 равен 25-26 минут. Среднее количество бляшкообразующих единиц на чашках при высеивании из 4-ой пробирки с 15 по 20 минуту опыта равно 131,1, а при высеивании с 40 по 60 минуту из пятой пробирки – 64,45. Средняя урожайность бактериофага FPr - 11 УГСХА равна $6445:133=49,66$ вирусных частиц на одну микробную клетку *Proteus vulgaris* 42. Латентный период внутриклеточного развития фага FPr - 13 УГСХА на клетках *Proteus vulgaris* 53 равен 21-22 минуты. Среднее количество бляшкообразующих единиц на чашках при высеивании из 4-ой пробирки с 15 по 20 минуту опыта равно 14, а при высеивании с 23 по 60 минуту из пятой пробирки – 19,86. Средняя урожайность бактериофага FPr - 13 УГСХА равна $1986:14=141,9$ вирусных частиц на одну микробную клетку *Proteus vulgaris* 53.

Выводы. Установлено, что средняя урожайность бактериофага FPr - 13 УГСХА равна $1986:14=141,9$ вирусных частиц на одну микробную клетку *Proteus vulgaris* 53 и средняя урожайность бактериофага FPr - 11 УГСХА равна $6445:133=49,66$ вирусных частиц на одну микробную клетку *Proteus vulgaris* 42.

Изученные свойства протейных фагов позволяют систематизировать биологические особенности каждого из выделенных клонов вирулентных бактериофагов и произвести отбор двух фагов – FPr – 11 УГСХА и FPr - 13 УГСХА для конструирования в перспективе биопрепарата для обработки бактериофагами пищевого сырья и готовой продукции. Результаты эксперимен-

тов доказывают, что применение бактериофагов способствует увеличению сроков хранения пищевого сырья и продовольственных товаров, так как эффективно элиминируют микроорганизмы с поверхности продукции [1, 6–8].

Исследования проводятся в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ, выполняемых по заданию МСХ РФ в 2017 году.

Литература

1. Алешкин, А. В. Возможности применения бактериофагов в качестве пробиотических средств деконтаминации в области питания / А. В. Алешкин, М. В. Зейгарник // Вопросы диетологии. 2012. Т. 2. № 4. С.24–34.

2. Джей, Дж. М. Современная пищевая микробиология / Дж. М. Джей, М. Дж. Леснер, Д. А. Гольден. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 886 с.

3. Мауль, О. Г. Проблема выделения сальмонелл из продуктов, обсемененных бактериями рода *Proteus* / О. Г. Мауль, О. Е. Чугунова, Н. А. Татарникова // Пермский аграрный вестник. 2016. № 1(13). С. 60–63.

4. Золотухин С. Н. Создание и разработка схем применения диагностических биопрепаратов на основе выделенных и изученных бактериофагов энтеробактерий: Дис. ... д-ра биол. наук. Ульяновск, 2007. 341 с.

5. Каттер, Э. Бактериофаги: биология и практическое применение / Под общ. ред. Э. Каттер, А. Сулаквелидзе (пер. с англ. коллектив переводчиков; науч. ред. А. В. Летаров). М.: Научный мир, 2012. 640 с.

6. Критерии отбора бактериальных штаммов и бактериофагов для формирования производственной коллекции, специфически лизирующих бактерии родов: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* / Е. Н. Сятчихина, П. А. Набатников, С. А. Коровкин, А. В. Катлинский, Г. М. Игнатьев // Биопрепараты. Профилактика. Диагностика. Лечение. 2016. Т. 16. № 2 (58). С. 90–95.

7. Феоктистова, Н. А. Выделение и изучение биологических свойств бактериофагов рода *Proteus*, конструирование на их основе биопрепарата и разработка параметров практического применения: Дис. ... канд. биол. наук / Н. А. Феоктистова. Саратов, 2006. 166 с.

8. Феоктистова, Н. А. Выделение и изучение основных биологических свойств бактериофагов бактерии рода *Proteus* / Н. А. Феоктистова // Бактериофаги микроорганизмов значимых для животных, растений и человека. Ульяновск, 2013. 315 с.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Я. И. Назарова¹, И. Г. Широких^{1,2,3}

¹ НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, yan1997183@yandex.ru

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

³ Вятский государственный университет

С тех пор как были получены первые трансгенные растения, прошло более 30 лет. Однако с созданием первых коммерческих линий ГМО возник вопрос об их экологической безопасности. И эта ситуация обостряется в связи с тем, что площади, занятые под ГМ культурами неуклонно растут, увеличиваясь примерно на 10% ежегодно. Основной ГМ культурой на сегодня является соя, затем по объёму выращивания следуют хлопчатник, кукуруза и рапс [1].

Дискуссия по экологической безопасности использования ГМО стоит остро в последние несколько лет, но однозначного ответа на этот вопрос до сих пор нет. Не исключено, что трансгенные растения способны вызывать неизвестные ранее болезни растений, нарушать в природе равновесие. Встраивание в геном организма-хозяина новых конструкций преследует цель получения нового признака, недостижимого для данного организма естественным путем или требующим длительных усилий селекционеров. Но вместе с новым хозяйственно ценным признаком организм может приобретать также новые качества, опосредованные как нестабильностью новой конструкции, так и ее регуляторным действием на соседние гены (плейотропное действие гетерологичного гена) [2].

Влияние трансгенных растений на почвенные и ризосферные микроорганизмы является одним из наименее изученных аспектов. Поэтому особый интерес представляют исследования ризосферных микробных комплексов [3]. Так как микроорганизмы составляют более 80% от общей почвенной биомассы, они во многом определяют функции экосистемы, например круговорот питательных веществ и разложение растительных остатков. Их прямые и опосредованные ассоциации с растениями создают сильные механизмы обратной связи, тем самым оказывая влияние на продуктивность растений [4].

В основном работы по изучению ризосферной микрофлоры проводятся с использованием генно-молекулярных методов, чаще всего проводится метагеномное секвенирование, позволяющее оценить генетическое разнообразие микроорганизмов, но не дающие представления о функциональной активности микроорганизмов.

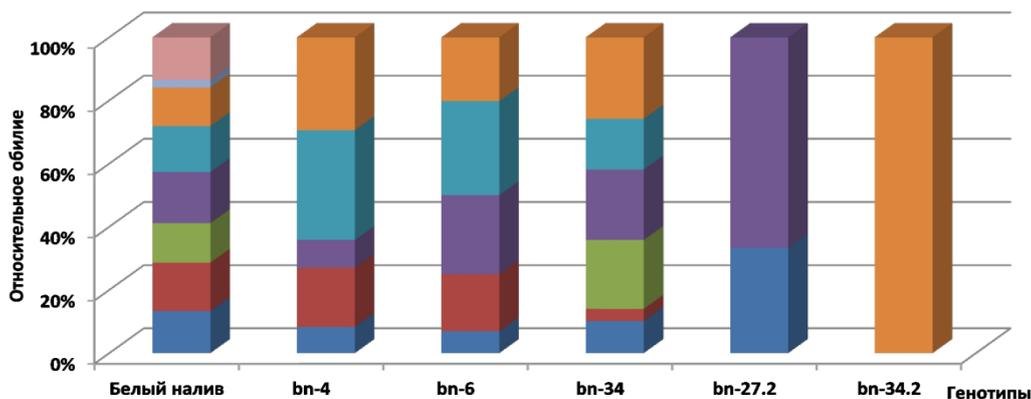
Мицелиальные бактерии – актиномицеты, благодаря своей уникальной биосинтетической активности, выдвинуты сегодня на роль ключевого звена в поддержании гомеостаза почвенной микробной системы [5].

Сравнение функциональной структуры комплексов ризосферных актиномицетов исходных и подвергнутых трансформации растений позволит выявить нежелательные отклонения в их активности, тем самым, прогнозировать и минимизировать потенциальные риски для экологии почвы.

Чистые культуры стрептомицетов были выделены при посеве разведений гомогенатов корней томата (*Solanum lycopersicum* L.) сорта Белый налив, табака (*Nicotiana tabacum* L.) сорта Самсун и их независимых трансгенных линий (томаты bn 4, bn 6, bn 34, bn 27.2, bn 34.2; табак Trtf 3, Trtf 13, Trtf 2, Trtf 8) на казеин-глицериновый агар [6] и среду с пропионатом натрия [7]. Так как среди актиномицетов широко распространена способность продуцировать антибиотики, выделенные штаммы были протестированы методом диффузии в агар [8] на антагонистическую активность в отношении фитопатогенных грибов и бактерий. В качестве тест-культур были использованы фитопатогенные микромицеты *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium oxysporum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum* и бактерии *Erwinia rhapontici*, *E. herbicola*, *Pseudomonas putida*, *Arthrobacter simplex* из коллекции лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока».

В результате изучения антагонистической активности актиномицетов, было показано, что штаммы, выделенные с корней исходных сортов, как томата, так и табака, обладали антагонистической активностью в отношении большего количества тест-культур, чем штаммы, выделенные с трансгенных растений (рис. 1).

Томат



Табак

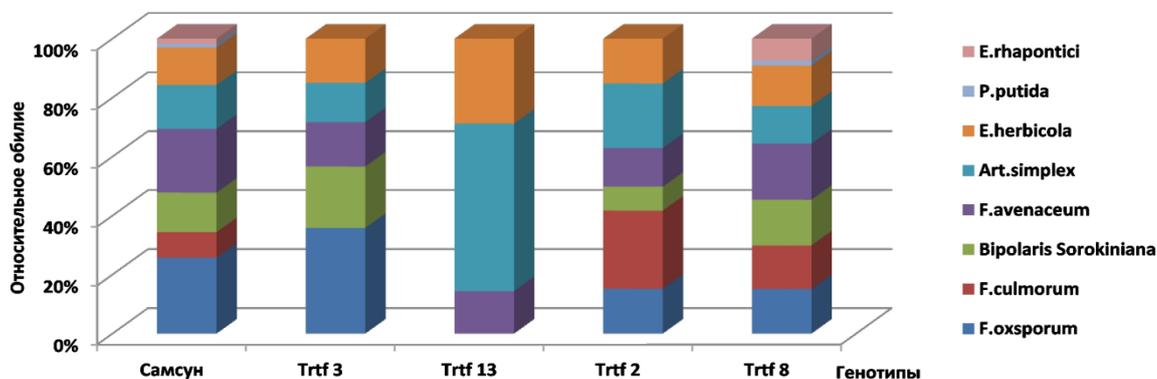


Рис. 1. Структура антагонистического в отношении фитопатогенов комплекса стрептомицетов в ризосфере исходных и генетически трансформированных растений томата и табака

Достаточно высокое сходство в проявлении антагонистического потенциала ризосферных актиномицетов с исходным сортом Самсун было обнаружено только у линии табака Trtf 8. Снижение антагонистического потенциала актиномицетов на корнях генетически модифицированных растений чревато повышением заболеваемости сельскохозяйственных культур корневыми инфекциями, а также может способствовать накоплению в почве значительного инфекционного пула.

Давно известно и экспериментально доказано участие актиномицетов в минерализации растительных остатков, разложении и синтезе гумусовых соединений. Неоднократно подтверждено участие актиномицетов в деградации растительных полимеров и, прежде всего, целлюлозы.

Целлюлозолитическую активность природных изолятов определяли на среде Гетчинсона с добавлением карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) в качестве единственного источника углерода [9]. Все исследуемые штаммы разделяли, в зависимости от величины зоны разрушения полимера, на группы со слабой

(тест-зона не более 14 мм), умеренной (тест-зона изменяется от 15 до 24 мм) и сильной (тест-зона не менее 25 мм) целлюлозолитической активностью.

Определение способности изолятов из ризосферы растений сравниваемых генотипов утилизировать целлюлозу показало, что у четырех из пяти трансгенных линий томата, как и у исходного сорта Белый налив, на корнях растений преобладали штаммы с высокой целлюлозолитической активностью (зона деструкции КМЦ ≥ 25 мм) (рис. 2).

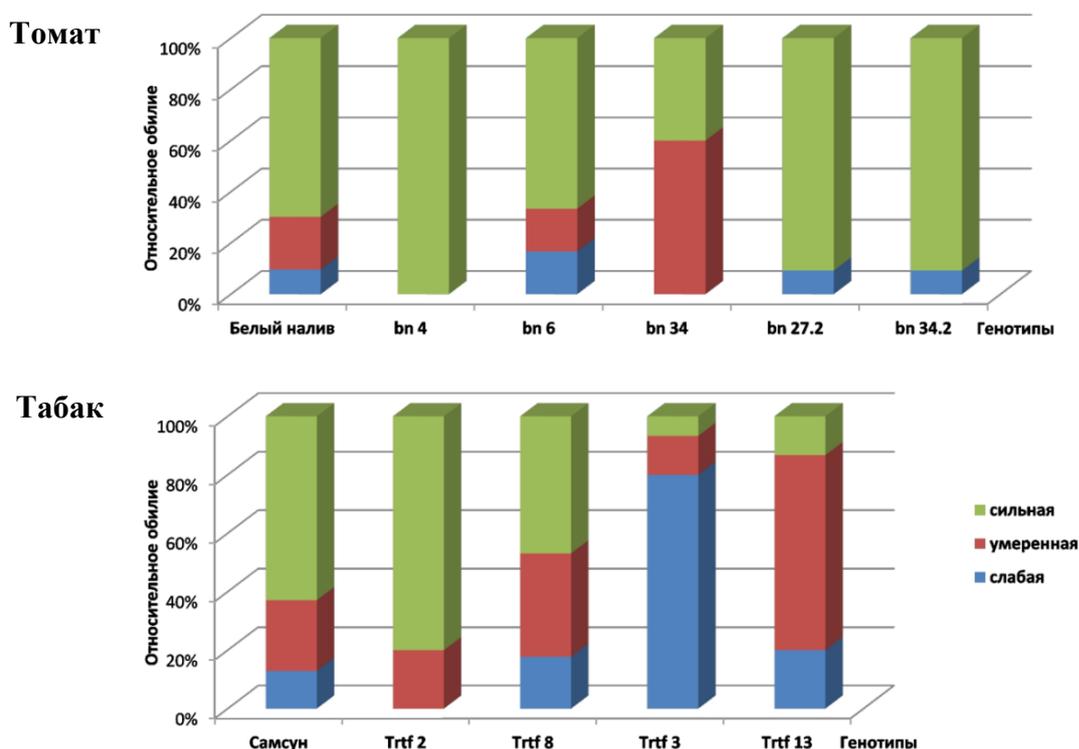


Рис. 2. Структура целлюлозолитического комплекса стрептомицетов в ризосфере исходных и генетически трансформированных растений томата и табака

В ризосфере табака, напротив, наблюдали снижение относительного обилия сильных стрептомицетов-целлюлозолитиков на корнях трех из четырех генетически модифицированных линий, по сравнению с исходным сортом Самсун.

Полученные результаты в отношении изменения частоты встречаемости и относительного обилия в ризосферных комплексах представителей с различной целлюлозолитической активностью позволяют говорить о возможных нарушениях в экосистемном цикле углерода, что может оказывать влияние на процессы трансформации в почве растительного опада и требует своей специальной оценки.

В заключение отметим, что даже фрагментарная оценка функциональных проявлений микрофлоры, заселяющей прикорневое пространство генетически трансформируемых растений, дает нам основание для озабоченности экологическими последствиями вмешательства человека в структуру растительного генома. Следует сосредоточить большее внимание именно на функ-

циональных проявлениях микроорганизмов, что позволит более аргументировано делать прогнозные оценки безопасного состояния агроценозов, потому как простая инвентаризация микробного разнообразия и даже констатация наличия или выпадения тех или иных видов, не дает нам такой возможности.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.

Литература

1. Clive J. Executive summary brief 51 20 th Anniversary of the Global Commercialization of Biotech Crops (1996 to 2015) and Biotech Crop Highlights in 2015. [Electronic resource] <http://www.isaaa.org/resouces/publications/51/executivesummary/pdf/B51-ExecSum-English.pdf>.
2. Мусаев Ф. А., Захарова О. А. Генетически-модифицированные растения и риски их использования // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 3. (часть 2). С. 204–205.
3. Turrini A., Sbrana C., Giovannetti M. Belowground environmental effects of transgenic crops: a soil microbial perspective // Research in microbiology. 2015. V. 166 (3). P. 121–131.
4. Вельков В. В., Соколов М. С., Медвинский А. Б. Проблемы государственного регулирования производства трансгенных растений // Вестник защиты растений. 2003. № 3. С. 3–16.
5. Tarkka M., Hampp R. Secondary Metabolites of Soil Streptomycetes in Biotic Interactions// In: Karlovsky P. (Ed.). Secondary Metabolites in Soil Ecology. Soil Biology 14. Berlin - Heidelberg: Springer-Verlag. 2008. P. 107–126.
6. Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П., Свешникова М. А. и др. Определитель актиномицетов. Роды Sreptomycetes, Streptovercillium, Chainia. М.: Наука, 1983. 248 с.
7. Rowbotham T. Y., Cross T. Ecology of Rhodococcus coprophilus and associated actinomycetes cetes in fresh water and agricultural habitats // J. Gen. Microbiol. 1977. V. 100. P. 231–240.
8. Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках. М.: Высшая школа, 1979. 485 с.
9. Teather R. M., Wood P. J. Use of congo-red polysaccharide interaction in erumeration and characterization of cellulozalytic bacteria the bovine rumen // Appl. Environ Microbiol. 1982. V. 43. P. 777–780.

АВТОШАМПУНЬ UNI КАК РЕГУЛЯТОР ЧИСЛЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Л. И. Домрачева^{1,2}, В. С. Симакова¹

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
vasilina.simakova.1989@mail.ru*

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

Циркуляция в окружающей среде веществ, искусственно синтезируемых человеком, как правило, приводит к существенным изменениям качественного и количественного состава микробоценозов почвы. Это утвержде-

ние справедливо, в частности, в отношении таких веществ, как пестициды [1], продукты разложения химического оружия [2], отходы производства фторполимеров [3] и других ксенобиотиков. К числу поллютантов, действие которых на микробиоту ещё недостаточно изучено, относятся различные синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), производство и применение которых с каждым годом увеличивается. Среди СПАВ особую роль играют средства, применяемые для мытья автомобилей. Рост автопарка, наблюдаемый как во всём мире, так и в России, неизбежно приводит к увеличению потребления автошампуней, которые затем оказываются и в наземных водоёмах, и непосредственно в почве. В то же время показателей, регламентирующих безопасный уровень содержания отдельных СПАВ в определённых объектах (почве, воде, продуктах питания, кормах), нет. Для того, чтобы выявить степень потенциальной опасности СПАВ для биоты, необходимо проведение экспериментов с привлечением в качестве тест-организмов или организмов-индикаторов представителей различных трофических групп.

Проблему взаимодействия СПАВ и микроорганизмов можно исследовать в нескольких направлениях, которые касаются изменения видовых, количественных, физиологических, биохимических, генетических и других особенностей жизнедеятельности микробов.

Наши предыдущие исследования по определению степени токсичности трёх автошампуней марок Концентрат, Felix и Uni, внесённых в почву одновременно с цианобактерией *Nostoc paludosum*, показали, что все три препарата оказывают угнетающее действие на данный организм, при этом максимальный уровень репрессии отмечается для автошампуня Uni [4]. Естественно предположить, что Uni способен подавлять развитие не только интродуцированной, но и аборигенной микрофлоры.

Цель данной работы – сравнить действие возрастающих концентраций автошампуня Uni на 3 группы почвенных микроорганизмов: бактерии-аммонификаторы, бактерии-азотфиксаторы и микромицеты.

Модельный опыт проводился с образцами дерново-подзолистой средне-суглинистой почвы, помещённой в чашки Петри. В контрольном варианте почву увлажняли артезианской водой. В опытных вариантах в почву вносили автошампунь Uni в разбавлениях, рекомендуемых для практического использования, применяемого для мойки автомашин. Рекомендуемая доза для Uni составляет 30 г на 1000 мл воды. Это одна расчётная доза (р.д.). В опыте использованы следующие р.д.: 0,25; 0,5; 1; 2 и 4. Во всех вариантах в течение срока экспозиции (30 суток) влажность почвы поддерживали на уровне 60% от полной влагоёмкости, после чего отбирали образцы почвы для дальнейшего анализа.

Количественный учёт микроорганизмов проводили методом разведений с последующим посевом на селективные питательные среды: питательный агар (ПА) – для аммонификаторов; среду Эшби – для азотфиксаторов и среду Чапека – для микромицетов [5].

Внесение автошампуня Uni в возрастающих концентрациях в почву привело к изменению численности и структуры изучаемых микробных группировок. В первую очередь, это касается общей численности микроорганизмов (табл. 1). Наблюдается процесс постепенного снижения плотности микробных популяций от 850 тыс. КОЕ/г почвы в контроле до 334 тыс. КОЕ/г в варианте с применением 4 р.д. Uni. Коэффициент корреляции между этими показателями в данном случае составляет -0,75.

Таблица 1

Влияние возрастающих концентраций автошампуня Uni на развитие почвенной микрофлоры (тыс. КОЕ/г)

Вариант (Uni, р.д.)	Аммонификаторы (ПА)	Азотфиксаторы (среда Эшби)	Микромицеты (среда Чапека)	Общая численность микроорганизмов
Контроль	676,0±30	117,0±6,5	57,7±9	850,7±45,5
0,25	437,0±47	92,7±3,2	21,3±3,2	551,0±53,5
0,5	477,0±41	75,0±6,1	16,3±1,5	568,3±112,5
1	337,0±47	50,7±5,8	16,0±3,4	403,7±56,2
2	345,0±25	41,3±2,5	8,3±1,5	394,6±29,0
4	247,0±21	11,0±2	76,0±8,1	334,0±31,1

Наиболее чувствительными к действия Uni оказались азотфиксаторы. Почти на порядок произошло снижение численности клеток азотфиксирующих бактерий при 4 р.д. автошампуня. В этом варианте отмечен максимальный уровень отрицательной зависимости между численностью бактерий и дозами СПАВ с коэффициентом корреляции, равным -0,92.

Для бактерий-аммонификаторов практически одинаково воздействие автошампуня в интервалах 0,25–0,5 р.д., при которых численность бактерий снижается в 1,5 раза; а при 1–2 р.д. этот показатель почти в 2 раза меньше по сравнению с контролем. При 4 р.д. сила угнетения увеличивается до 2,7 раз (коэффициент корреляции равен -0,79).

Атипичной, по сравнению с другими микроорганизмами, оказалась реакция почвенных микромицетов на воздействие Uni. В интервале концентраций Uni 0,25–2 р.д. происходило постепенное снижение численности грибной популяции, достигающее при 2 р.д. 7 раз по сравнению с контролем. Однако доза Uni 4 р.д. приводила к вспышке размножения микромицетов, достигающей максимума в данном опыте (76 тыс. КОЕ/г).

Подобное возрастание численности грибов в загрязненных различными поллютантами почвах неоднократно отмечалось и ранее [6]. Проявление толерантности грибов к действию поллютантов во многом обеспечено их способностью к синтезу меланиновых пигментов, обладающих защитным действием по отношению к различным стрессовым факторам. Фактически в нашем опыте в случае реакции микромицетов на изучаемый поллютант наблюдается эффект параметрической зависимости, при котором до определенной концентрации (2 р.д.) связь между этими показателями характеризуется высокой степенью отрицательной зависимости. Но максимальная используемая концентрация 4 р.д., наоборот, провоцирует ускоренное размно-

жение микромицетов. Очень часто повышенные концентрации загрязняющих веществ стимулируют в микоценозах почвы вегетацию фитопатогенных и токсинообразующих форм [6].

Если для определения силы угнетающего воздействия Uni на микроорганизмы принять индексы, аналогичные широко известному показателю ЛД₂₅ и ЛД₅₀, в которых действующей считается концентрация загрязнителя, на 25% и 50% снижающая определенную микробную функцию (в нашем случае численность микробной популяции), то получаем следующую картину (табл. 2). Токсичность Uni неодинаково проявляется по отношению к различным группам микроорганизмов. Судя по показателям, приведенным в таблице 2, самой чувствительной группой являются микромицеты, у которых численность популяции снижается более, чем на 50% уже при концентрации Uni 0,5 р.д. В то же время 4 р.д. Uni оказывают слабое стимулирующее действие на их размножение. Численность грибов в этом варианте возросла на 24%, по сравнению с контролем. Для всех других групп микроорганизмов ЛД₅₀ наблюдается уже при 1 р.д. СПАВ.

Таблица 2

Пороговая концентрация автошампуня Uni, снижающая численность микроорганизмов на 25% и 50%

Группы микроорганизмов	Концентрация Uni в р.д., снижающая численность на	
	25%	50%
Аммонификаторы	0,25	1
Азотфиксаторы	0,5	1
Микромицеты	0,25	0,5
Общая численность	0,25	1

Примечание: для микромицетов угнетающее действие автошампуня прекращается при 4 р.д.

Возрастающие концентрации автошампуня Uni влияют не только на численность микроорганизмов, но и на структуру микробных комплексов (табл. 3). Хотя во всех вариантах примерно на одинаковом уровне лидирующие позиции в микробных группировках занимают бактерии-аммонификаторы, наблюдаются существенные отклонения от контроля в структурных особенностях микробных комплексов в варианте 4 р.д. Uni. Эти изменения обусловлены резким процентным снижением численности азотфиксаторов с одновременным усилением вклада микромицетов.

Таблица 3

Влияние возрастающих концентраций автошампуня Uni на структуру микробных комплексов (%)

Вариант (Uni, р.д.)	Аммонификаторы (ПА)	Азотфиксаторы (среда Эшби)	Микромицеты (среда Чапека)
Контроль	79,5	13,7	6,8
0,25	79,3	16,8	3,9
0,5	83,9	13,2	2,9
1	83,5	12,6	3,9
2	87,4	10,5	2,1
4	73,9	3,3	22,7

Таким образом, загрязнение почвы автошампунем Uni вызывает определенные изменения в численности отдельных физиологических групп микробных комплексов. В качестве общей закономерности можно отметить усиление угнетающего эффекта исследуемого СПАВ по мере увеличения его концентрации на аммонифицирующие и азотфиксирующие бактерии. ЛД₅₀ для этих групп микроорганизмов проявляется уже при 1 р.д., т.е. в концентрации, рекомендуемой для практического применения при мойке автомобилей. Необходимы дальнейшие исследования атипичной реакции микромицетов на повышенные концентрации Uni.

Токсичность данного широко применяемого препарата для почвенных микроорганизмов требует проведения исследований в полевых условиях с последующей разработкой для Uni научно-обоснованных ПДК.

Литература

1. Березин Г. И., Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Дабах Е. В. Особенности микробных группировок почв в районе Кильмезского полигона захоронения ядохимикатов (Кировская область) // Принципы экологии. 2016. Т. 5. № 2. С. 4–17.
2. Широких И. Г., Товстик Е. В., Ашихмина Т. Я., Широких А. А. Реакция почвенных актиномицетов на загрязнение почвы мышьком // Агрехимия. 2014. № 4. С. 67–72.
3. Елькина Т. С., Домрачева Л. И., Хитрин С. В., Фукс С. Л., Девятерикова С. В. Определение степени токсичности отходов производства фторполимеров по реакции почвенной микрофлоры // Принципы экологии. 2014. № 1. С. 1–8.
4. Симакова В. С., Домрачева Л. И., Фокина А. И. Исследование влияния синтетических поверхностно активных веществ на рост и развитие почвенной цианобактерии *Nostoc paludosum* // Ученые записки Петрозаводского государственного ун-та. 2017. № 4 (165). С. 65–69.
5. Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред А. И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
6. Микроорганизмы и охрана почв / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ. 1989. 206 с.

СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СПАВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ПОЧВЕННОЙ ЦИАНОБАКТЕРИИ *NOSTOC PALUDOSUM* В СТЕРИЛЬНОЙ ПОЧВЕ

В. С. Симакова¹, Л. В. Трефилова¹, А. И. Фокина², Л. И. Домрачева^{1,3}

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
vasilina.simakova.1989@mail.ru

² Вятский государственный университет,
annushka-fokina@mail.ru

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

Автотранспорт – один из главных составляющих антропогенного прессинга на окружающую среду. В связи с ежегодным увеличением количества автотранспорта вклад этого источника загрязнения атмосферного воздуха постоянно растет. В общей совокупности вредных выбросов загрязнение от ав-

тотранспорта составляют до 50%, а в некоторых случаях даже превышают количество выбросов от промышленных предприятий [1, 2]. В состав выбросов от автотранспорта входит оксид углерода, оксиды азота, углеводороды (бензол, этилбензол, бенз(а)пирен), диоксид серы, свинец, формальдегид и др. [3–5].

Немалое влияние выбросов от автотранспорта испытывают на себе растительный и животный мир. Многими авторами отмечено, что флора почвенных водорослей обочин автомобильных дорог достаточно разнообразна [1, 6].

Но высокое развитие автотранспорта привело к развитию химической промышленности [7] и, отсюда, к увеличению количества автомоек, что представляет особую опасность для почвенной микробиоты, поскольку происходит загрязнение вод и почв поллютантами, в частности, синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ), например, в городе Кирове (рис. 1).

За последние 15 лет автопарк в г. Кирове увеличился в 5,6 раз, что привело к резкому увеличению численности автомоек – в 40 раз. Так, в 2000 г. количество автотранспорта в г. Кирове составляло 86 тыс. ед. и 2 автомойки, а к началу 2016 г. – 481 тыс. ед. и 80 автомоек. Вычисленный коэффициент корреляции между количеством автотранспорта и численностью автомоек в г. Кирове составляет 0,86, что говорит о высокой положительной корреляции.

Несомненно, поллютанты, вносимые в почву при техногенном загрязнении, могут оказывать как острое (при первичном поступлении), так и хроническое (при длительном присутствии в почве) действие на развитие микробиоценозов.

Постоянный компонент почвенного микросообщества играет существенную роль в процессах самоочищения почвы, включая цианобактерии (ЦБ), которые являются активными микроорганизмами-биоремедиаторами, индикаторами и тест-организмами [6, 8–10].

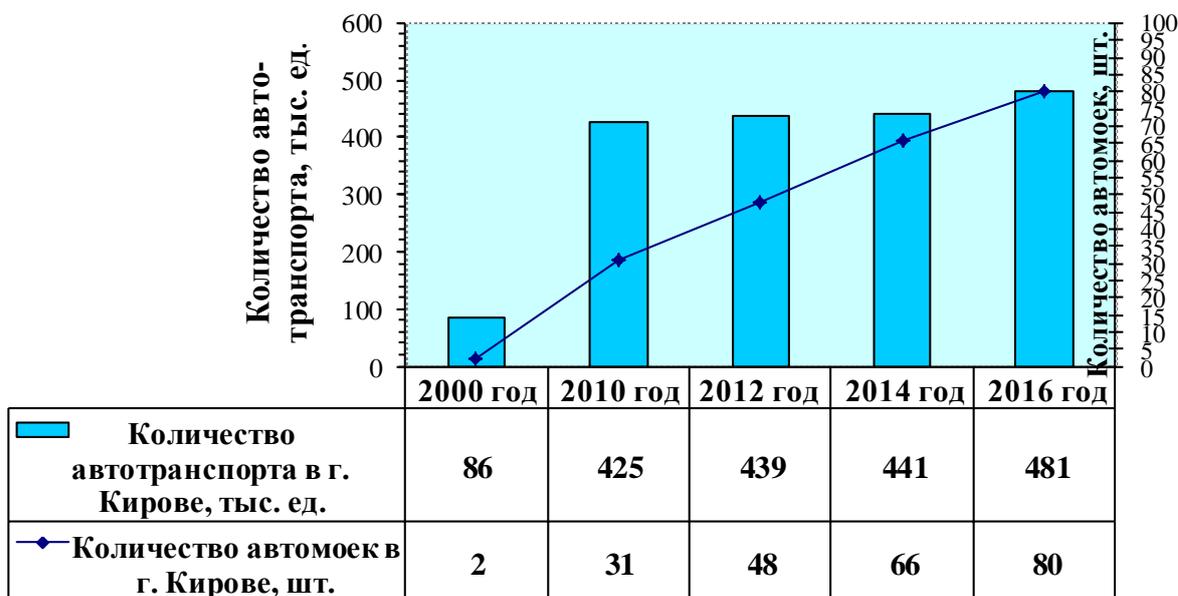


Рис. 1 Динамика количества автотранспорта в г. Кирове за 15 лет

В частности, и наши предыдущие опыты показали, что под действием композиций химических веществ, содержащих ПАВ, у ЦБ *Nostoc paludosum* изменяется такой показатель как дегидрогеназная активность [3].

Опыты по влиянию трех видов СПАВ в качестве автошампуней (Felix, Uni и Концентрат) для мойки автомобилей на развитие ЦБ *N. paludosum* показали, что все три испытуемые марки автошампуней вызывают снижение численности клеток ЦБ. При этом наименее токсичным является автошампунь Концентрат, который по химическому составу отличается минимальным содержанием органического фосфора (0,01 мг/дм³) [11–13]. Постоянным компонентом многих СПАВ является детергент лаурилсульфат натрия (ЛСН).

Цель данной работы – сравнительное изучение влияния возрастающих концентраций наименее токсичного автошампуня Концентрат и детергента ЛСН, применяемых для мойки автомобилей, на развитие ЦБ *N. paludosum* в стерильной дерново-подзолистой почве (ДПП).

Исследования проводили, используя альгологически чистую культуру ЦБ *N. paludosum* Kütz № 18, которую вносили в стерильную ДПП, помещенную в чашки Петри. Одновременно в почву вносили: автошампунь Концентрат, произведённый в ООО ПК «АБХим», Россия, Кировская область, г. Киров, в следующих количествах от рекомендуемой дозы (р. д.) 10 г/1000 мл воды (1 р. д.); детергент ЛСН производства Panreac, Испания, 130 мг порошка на 1000 см³ (1,0 дм³) воды, однократно: 0,25; 0,5; 1; 2 и 4 р. д. Контролем служил вариант с внесением в почву ЦБ *N. paludosum* Kütz №18, но без добавления СПАВ.

Почву увлажняли дистиллированной водой до 60% от полной влагоёмкости. Объем гомогенизированной суспензии ностока составлял 1 мл с титром $4,75 \times 10^8$ кл./мл. На поверхность ДПП раскладывали покровные стекла.

Опыт проводили в течение 30 суток при 12-часовом естественном освещении и температуре 22–24 °С. Микроскопический учёт ЦБ проводили на стёклах обрастания, на которых размножался только *N. paludosum*, так как все остальные аборигенные микрофототрофы погибли при стерилизации.

В предыдущей серии опытов маркерным признаком на токсичность СПАВ была ферментативная (дегидрогеназная) активность. По отсутствию или наличию кристаллов формазана, который образуется из трифенилтетразолий хлорида, определяли жизнеспособность клеток в зрелой популяции ЦБ [12].

В данном опыте токсичность ЛСН и Концентрата оценивали по характеру действия на цианобактериальные инокуляции.

Результаты количественного учета, проведенные через 30 суток после постановки опыта, показали, что наблюдается существенное снижение численности клеток *N. paludosum* во всех вариантах с внесением ЛСН (рис. 2).

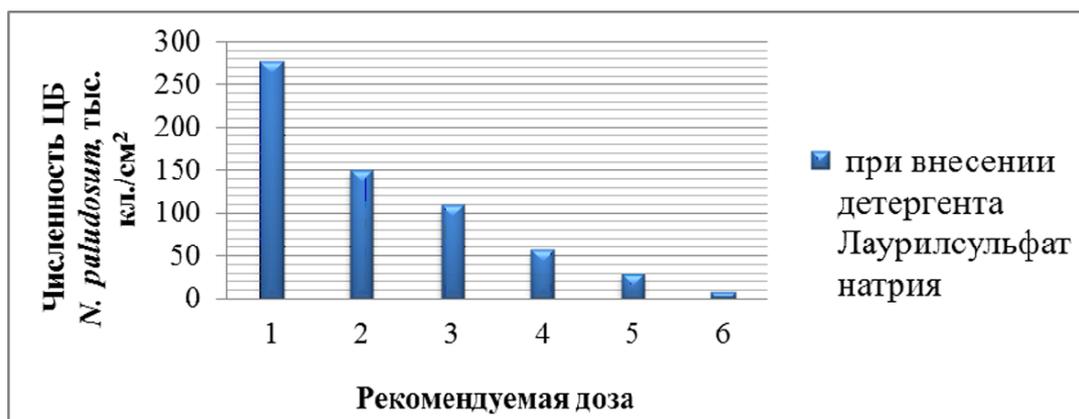


Рис. 2. Влияние возрастающих концентраций лаурилсульфат натрия на развитие *Nostoc paludosum*

Примечание: 1 – контрольный вариант; 2 – 0,25 р. д.; 3 – 0,5 р. д.; 4 – 1,0 р. д.; 5 – 2,0 р. д.; 6 – 4,0 р. д.

Степень корреляции между численностью клеток *N. paludosum* и дозами ЛСН составляет $r = -0,85$.

Аналогичным действием на развитие ЦБ *N. paludosum* в почве обладает СПАВ Концентрат: чем выше его концентрация, тем ниже численность цианобактериальной популяции (рис. 3). Коэффициент корреляции в данном случае также свидетельствует о высокой степени отрицательной зависимости между изучаемыми показателями и составляет $-0,91$.

В результате проведенных исследований выявлен одинаковый характер зависимости между дозами различных СПАВ и численностью клеток *N. paludosum*.

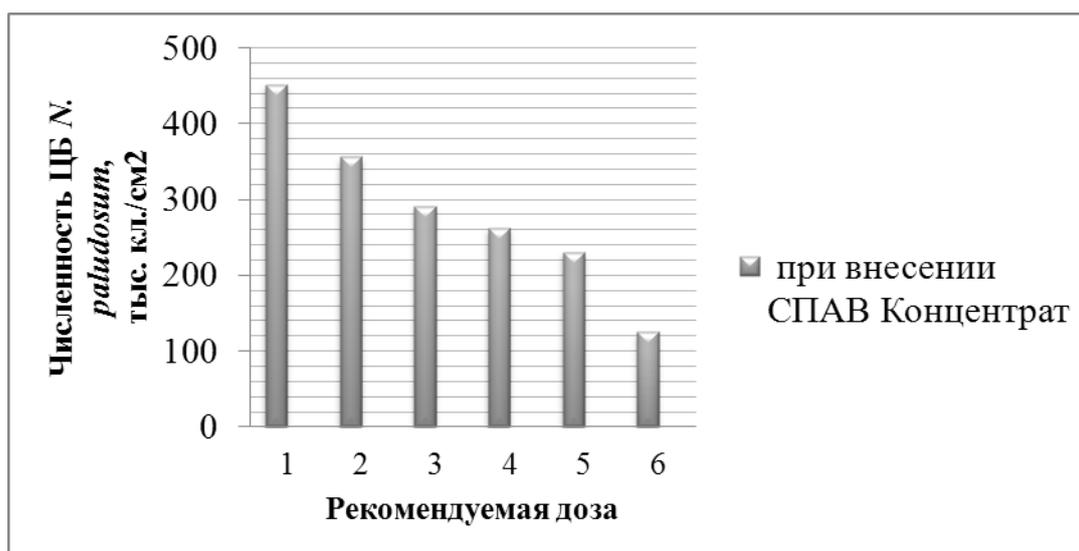


Рис. 3. Влияние возрастающих концентраций автошампуня Концентрат на развитие *Nostoc paludosum*

Примечание: 1 – контрольный вариант; 2 – 0,25 р. д.; 3 – 0,5 р. д.; 4 – 1,0 р. д.; 5 – 2,0 р. д.; 6 – 4,0 р. д.

Выводы. 1. Установлено, что при определении степени токсичности таких СПАВ, как ЛСН и Концентрат, можно использовать в качестве тест-организма ЦБ *N. paludosum*.

2. Усиление репрессивного воздействия возрастающих концентраций СПАВ на *N. paludosum* зарегистрировано в стерильной ДПП.

3. Доказано, что уровень токсического воздействия СПАВ на численность популяции *N. paludosum* возрастает пропорционально возрастанию их концентрации.

4. Вычисленный коэффициент корреляции между дозами СПАВ и численностью клеток ЦБ *N. paludosum* составляет $r = -0,85$ (ЛСН) и $r = -0,91$ (Концентрат).

5. Результаты проведенных исследований с использованием ЦБ показывают, что применение СПАВ для мытья автомобилей может представлять потенциальную опасность для почвенной микробиоты.

Литература

1. Кузнецова Е. В. Альгофлора газонов автомобильных дорог г. Мелеуза (Башкортостан) // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы XII молодеж. науч. конф. Сыктывкар, 2005. С. 125–126.

2. Албегова А. В. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2012 году: Региональный доклад, 2012. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2013. 192 с.

3. Еремин Е. В. Состояние агроценозов вдоль автомагистралей и железных дорог // Агрехимический вестник. 2002. № 3. С. 12.

4. Никифорова Е. М., Кошелева Н. Е. Динамика загрязнения городских почв свинцом (на примере восточного округа Москвы) // Почвоведение. 2007. № 8. С. 984–997.

5. Шлейхер И. В. Агрэкологический мониторинг особо охраняемого региона – Кавказские минеральные воды // Агрехимический вестник. 2002. № 3. С. 10–11.

6. Алексахина Т.И. Влияние автомагистрали на почвенные водоросли сосновых насаждений // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии: Сб. статей МГУ. М., 1998. С. 307–308.

7. Кабиров Р. Р., Хазипова Р. Х., Хусаинов З. М. Изучение границ устойчивости почвенных водорослей к поверхностно-активным // Альгология. 2000. Т. 10. № 2. С. 16–17.

8. Горностаева Е. А. Влияние ионов меди и никеля на почвенные цианобактерии и цианобактериальные сообщества: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2015. 26 с.

9. Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Огородниковва С. Ю., Олькова А. С., Кудряшов Н. А., Ашихмина Т. Я. Биоиндикационные и биотестовые реакции организмов на действие метилфосфонатов и пирофосфата натрия // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 4. С. 63–69.

10. Ашихмина Т. Я., Домрачева Л. И. Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. 282 с.

11. ГОСТ 18309-2014 Вода // Методы определения фосфорсодержащих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 40 с.

12. Симакова В. С., Огородникова С. Ю., Домрачева Л. И., Фокина А. И., Ашихмина Т. Я. Влияние фосфорсодержащих автошампуней на развитие почвенных цианобактерий // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 3. С. 89–94.

13. Симакова В. С., Домрачева Л. И., Фокина А. И. Исследование влияния синтетических поверхностно-активных веществ на рост и развитие почвенной цианобактерии *Nostoc paludosum* // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2017. № 4. С. 65–69.

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ МЕТИЛФОСФОНАТОВ ДЛЯ ПРИРОДНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ БИОПЛЕНОК С ДОМИНИРОВАНИЕМ *NOSTOC COMMUNE*

Е. В. Коваль¹, Ю. В. Чупрова¹, С. Ю. Огородникова^{1,2}

¹ Вятский государственный университет, undina2-10@yandex.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, svetao_05@mail.ru

Проблема загрязнения природных сред фосфорорганическими ксенобиотиками – метилфосфонатами актуальна в связи с их использованием в хозяйственной деятельности. Источниками метилфосфонатов (МФН) могут быть объекты хранения и уничтожения фосфорсодержащих отравляющих веществ, а также пестициды на основе алкилфосфонатов.

Метилфосфоновая кислота (МФК) – конечный продукт гидролиза и универсальный маркер фосфорсодержащих отравляющих веществ. МФК устойчива к разложению в природных условиях за счет наличия стабильной углерод-фосфорной (С–Р) связи [1]. Известно, что МФК в малых концентрациях оказывает токсическое влияние на растения и почвенную микробиоту [2, 3].

Глифосат (ГЛ) – контактный фосфорорганический гербицид системного действия. Действующим веществом препарата ГЛ является производное МФК – фосфометилглицин. Глифосат в концентрациях, на порядок ниже рекомендуемых для уничтожения сорной растительности, вызывает угнетение жизнедеятельности и гибель растений [3]. Остаточные количества ГЛ способны сохраняться долгое время в растениях, плодах, рыбе и других продуктах питания [4].

Внешние факторы индуцируют развитие в клетках цианобактерий (ЦБ) стресс-реакций [5]. В фототрофных клетках происходят биохимические и морфологические изменения (накопление водорода, АФК, увеличение биомассы, толщины клеточных стенок, создание агрегатов клеток, и др.) [6]. Поэтому показатели жизнедеятельности ЦБ могут быть хорошими индикаторами токсичности веществ и качества окружающей среды.

Целью работы было изучить токсичность метилфосфонатов (метилфосфоновой кислоты и глифосата) для биопленок с доминированием *Nostoc commune* по показателям жизнедеятельности клеток.

Изучали токсичность метилфосфонатов на природных биопленках ЦБ с доминированием *N. commune*. Основой видового состава биопленки (БП) были: *Nostoc commune* (доминирующий вид), *N. punctiforme*, *Leptolyngbya foveolarum*, *Plectonema nostocorum* и другие.

Было изучено действие ГЛ и МФК в широком диапазоне концентраций ($1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-1}$ моль/л) на показатели жизнедеятельности ЦБ. Оценивали влияние МФН на содержание хлорофилла а и интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в клетках ЦБ. Культуру БП инкубировали на растворах токсикантов в течение суток. Содержание хлорофилла а в культурах ЦБ оценивали спектрофотометрически при длинах волн 665 и 750 нм [7].

Интенсивность ПОЛ оценивали по накоплению малонового диальдегида (МДА) в клетках культуры по общепринятой методике [8], модифицированной нами для ЦБ.

Установлено, что МФК в концентрациях $4 \cdot 10^{-3}$ моль/л и выше оказывала летальное действие на клетки БП. МФК в концентрациях $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л и ниже инициировала активацию процессов ПОЛ в клетках (рис. 1). С увеличением концентрации МФК отмечали существенное возрастание интенсивности процессов ПОЛ в клетках БП. Под влиянием МФК $5 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$ моль/л уровень МДА в клетках возрастал в 3-4 раза по сравнению с БП, которые не подвергались действию МФК.

МФК вызывала уменьшение содержания хлорофилла а в клетках БП (рис. 1). При действии МФК ($1 \cdot 10^{-4} - 2,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л) количество хлорофилла а в фототрофных клетках снижалось в среднем на 17%, по сравнению с контролем. МФК в более высоких концентрациях ($5 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$ моль/л) вызывала значительные нарушения в пигментном комплексе, уровень хлорофилла а в клетках БП был ниже, чем в контроле, в 1,3–1,5 раза. Выявлена тесная отрицательная корреляция между данными по интенсивности процессов ПОЛ и содержанию хлорофилла а в клетках фототрофов, формирующих биопленку ($r = -0,83$).

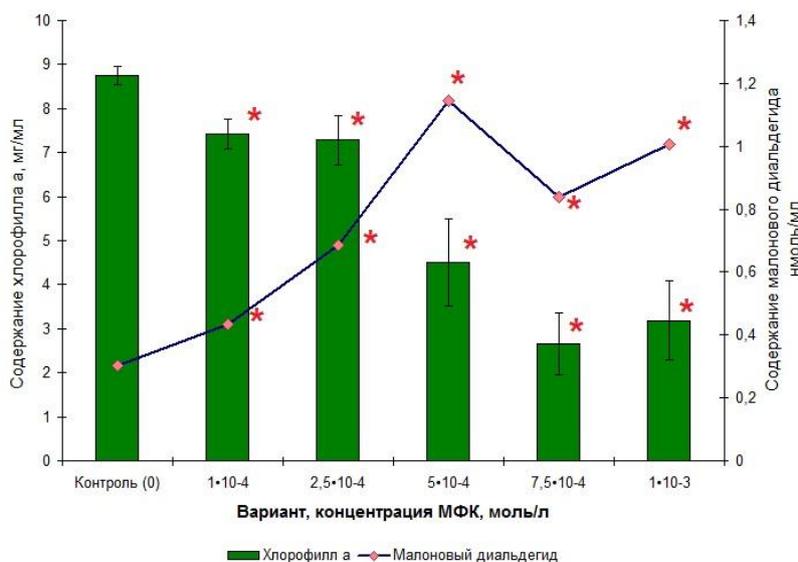


Рис. 1. Влияние метилфосфоновой кислоты на содержание хлорофилла а и малонового диальдегида в биопленках с доминированием *Nostoc commune*
Примечание: здесь и далее * – различия достоверны при $P \geq 0,05$.

ГЛ в концентрации $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л и более оказывал летальное действие на клетки фототрофов, формирующих БП.

Сходные эффекты на показатели жизнедеятельности клеток в БП выявлены в опытах с ГЛ. С ростом концентрации ГЛ в среде происходило снижение содержания хлорофилла а в фотосинтезирующих клетках БП (рис. 2). Минимальное содержание хлорофилла а отмечали в варианте с действием ГЛ самой высокой концентрации ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/л), количество пигмента в данном варианте составило лишь 20% от уровня контроля.

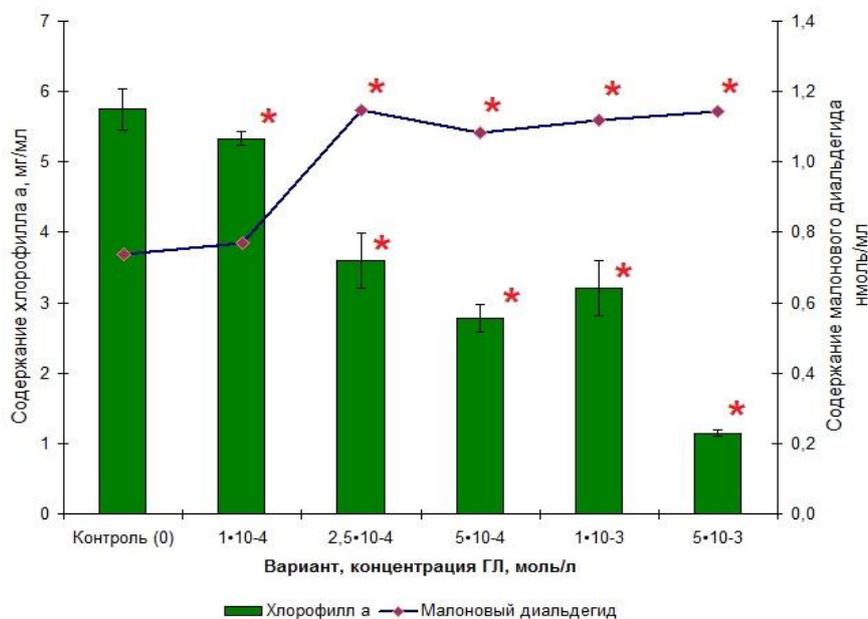


Рис. 2. Влияние глифосата на содержание хлорофилла а и малонового диальдегида в биопленках с доминированием *Nostoc commune*

Снижение уровня хлорофилла а в клетках БП при действии ГЛ сопровождалось активацией процессов ПОЛ (рис. 2). С ростом концентрации ГЛ ($2,5 \cdot 10^{-4}$ – $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л) отмечали существенное (на 40-50%), по сравнению с контролем, возрастание количества МДА в клетках БП. Как и в опытах с МФК, в опытах с ГЛ между показателями интенсивности процессов ПОЛ и содержанием зеленого пигмента в фототрофных клетках компонентов, формирующих БП, выявлена тесная отрицательная корреляция ($r=-0,87$). Вероятно, в присутствии МФК и ГЛ происходит окислительная деградация мембранных липидов и угнетение процессов биосинтеза хлорофилла а.

На основе изучения ответных биохимических реакций можно сделать вывод, что многовидовые биопленки с доминированием ЦБ *N. commune* были чувствительны к воздействию МФК и ГЛ. По сравнению с глифосатом, МФК оказывала большее токсическое действие на клетки ЦБ. Гибель клеток ЦБ вызывала МФК в концентрациях $4 \cdot 10^{-3}$ моль/л и более, тогда как летальные дозы ГЛ были выше ($1 \cdot 10^{-2}$ моль/л и более). Метилфосфонаты оказывали сходное влияние на биохимические показатели жизнедеятельности клеток в БП. Отмечали активацию процессов ПОЛ и снижение уровня хлорофилла а в клетках БП под влиянием метилфосфонатов. Значительную активацию процессов ПОЛ вызывала МФК ($2,5 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л), накопление МДА в клетках ЦБ было в 2-3 раза выше, чем в контроле. Глифосат, по сравнению с

МФК, в меньшей степени индуцировал процессы пероксидации в клетках ЦБ, что свидетельствует о его меньшей токсичности для БП. Содержание хлорофилла а в клетках ЦБ при действии метилфосфонатов снижалось, однако существенных различий между действием МФК и ГЛ не выявлено. Среди изученных биохимических показателей жизнедеятельности клеток БП показатель интенсивности процессов ПОЛ был более чувствителен к действию метилфосфонатов, что может быть использовано при биотестировании сред, загрязненных производными метилфосфоновой кислоты.

Литература

1. Исследование продуктов превращений фосфорорганических отравляющих веществ методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии / Е. И. Савельева, И. Г. Зенкевич, Т. А. Кузнецова, А. С. Радилев, Г. В. Пшеничная // Российский химический журнал. 2002. Т. XLVI. № 6. С. 82–91.
2. Огородникова, С. Ю. Реакции растений на фосфорорганический ксенобиотик – метилфосфоновую кислоту / С. Ю. Огородникова, Т. К. Головкин, Т. Я. Ашихмина. Сыктывкар, 2004. 24 с. (Научные доклады / Коми научный центр УрО Российской академии наук; Вып. 464).
3. Метилфосфоновая кислота как регулятор биологических процессов в экологических системах: действие на микроорганизмы, ферментативную активность и высшие растения / Т. Я. Ашихмина, Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева, С. Ю. Огородникова // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 78–87.
4. Шутов, И. В. Применение гербицидов и арборицидов в лесовыращивании / И. В. Шутов, В. П. Бельков. Справочник. М.: Агропромиздат, 1989. 223 с.
5. Sorption of metals by extracellular polymers from the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* flos-aquae strain C 3-40 / D. L. Parker, J. E. Michalick, M. J. Plude, T. P. Clark, L. Egan, J. J. Flom, L. C. Rau, H. D. Kumar // J. Appl. Phycol. 2000. V. 12. № 3. P. 219–224.
6. Шлык-Кернер, О. В. Изучение механизмов адаптации цианобактерий к повышенным температурам: платформа для создания стрессоустойчивых продуцентов биоводорода / О. В. Шлык-Кернер, С. В. Овечкин, А. С. Гасников // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2014. Вып. 3. С. 27–38.
7. Aminot, A. Standard procedure for the determination of chlorophyll a by spectroscopic methods / A. Aminot, F. Rey. – Denmark, Copenhagen: 2000. 25 p.
8. Лукаткин, А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс / А. С. Лукаткин. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.

СРАВНЕНИЕ АНТИБИОТИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ СТРЕПТОМИЦЕТОВ В ПОЧВАХ ДВУХ КОНТРАСТНЫХ ЭКОТОПОВ

И. Г. Широких

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
Вятский государственный университет, irgenal@mail.ru*

В связи с беспрецедентным нарастанием устойчивости к антибиотикам у патогенных микроорганизмов стремительно снижается эффективность существующих противомикробных препаратов, что может привести к серьезным эпидемиологическим последствиям. Устойчивость к антибиотикам названа Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в числе трех самых

значительных угроз здоровью человека в наступившем веке [1]. Главным экологическим резервуаром генетических детерминант, определяющих устойчивость бактерий к антибиотикам, является почва [2]. Согласно концепции резистома, гены антибиотикорезистентности могут свободно циркулировать в микробиоме почвы, передаваясь, через питьевую воду и пищевые цепи, от типичных почвенных бактерий в клинически значимые патогенные виды [3]. Существенный вклад в увеличение антибиотического резистома вносят неадекватное клиническое применение антибиотиков, производство лекарственных препаратов, использование антибиотиков в технологиях производства пищи (животноводстве, растениеводстве).

Высокие уровни устойчивости, как средство самозащиты от разрушения собственными антибиотиками, изначально обнаружены у их продуцентов, включая представителей рода *Streptomyces* [4]. Этим обусловлен интерес к стрептомицетам, как важному звену почвенных резистомов, формирующихся в различных экологических условиях.

Целью работы являлась оценка устойчивости стрептомицетов к антибиотикам из разных функциональных классов и групп в почвах двух контрастных экотопов Китая.

Объектами исследования служили природные изоляты рода *Streptomyces* из почвы, отобранной в двух контрастных экотопах: 1) в посадках культурной формы банана (*Musa paradisiaca*) на равнинной территории городского округа Чжанчжоу (24°30'79" с. ш.; 117°39'33" в. д.) провинции Фуцзянь, расположенной в муссонном секторе юго-восточного Китая на побережье Восточно-Китайского моря. Среднегодовая температура в Фуцзяни около 20 °С, 2) под естественной растительностью на юго-западном склоне горы вулканического происхождения Чанбайшань (41°59'44" с. ш.; 128°3'38" в. д.), на границе КНДР и Китая, в северо-восточной провинции Цзилинь. Среднегодовая температура на вершине составляет около – 8,3 °С.

Определение устойчивости культур стрептомицетов к антибактериальным препаратам проводили в соответствии с методическими указаниями [5]. Статистическую обработку данных выполняли стандартными методами с использованием программы EXEL 7.

Результаты оценки культур на устойчивость к амоксициллину/клавулановой кислоте (АКК), цефотаксиму (ЦТК), тетрациклину (ТЕТ), налидиксовой кислоте (НК) и триметоприму/сульфаметоксину (ТС) в клинически значимых концентрациях представлены в таблице.

Таблица

Диаметр зон ингибирования роста стрептомицетов антибиотиками, мм

Штамм	Вид	Антибиотики				
		АКК	НК	ТС	ТЕТ	ЦТК
1	2	3	4	5	6	7
городской округ Чжанчжоу						
F2-1	<i>S. syringini</i>	23	0	35	8	35
F2-2	<i>S. cirratus</i>	35	0	0	13	30
F2-4	<i>S. purpeofuscus</i>	22	8	35	10	12

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
F2-5	<i>S. noboritoensis</i>	35	0	36	13	30
F2-6	<i>S. aburaviensis</i>	27	0	10	0	0
F2-8	<i>S. cirratus</i>	25	0	0	16	20
F2-9	<i>S. achromogenes</i>	0	0	0	0	0
F2-10	<i>S. fumosus</i>	0	0	0	8	25
F2-11	<i>S. cirratus</i>	20	0	0	0	0
F2-12	<i>S. xanthocidicus</i>	43	8	50	25	0
F2-13	<i>S. minoensis</i>	50	0	0	40	22
F2-17	<i>S. ramulosus</i>	52	10	0	40	23
F2-18	<i>S. flavogriseus</i>	34	8	8	28	12
F2-19	<i>S. wedmorensis</i>	45	0	0	20	25
F2-21	<i>S. pseudogriseolus</i>	35	15	0	15	18
F2-22	<i>S. syringini</i>	18	0	0	14	20
F2-23	<i>S. pseudogriseolus</i>	27	0	20	20	17
F2-24	<i>S. corchorusii</i>	30	0	0	20	0
F2-28	<i>S. xanthocidicus</i>	40	10	8	16	12
F2-32	<i>Streptomyces sp.</i>	38	0	50	10	12
гора Чанбайшань						
3J-3	<i>S. albidochromogenes</i>	28	11	0	0	0
10J-3	<i>S. roseolilacinus</i>	0	0	0	18	0
10J-2	<i>S. odorifer</i>	40	0	40	40	0
3J-11	<i>S. monomycini</i>	0	0	0	17	8
10J-4	<i>S. filamentosus</i>	14	0	0	23	0
Ch-25	<i>S. aburaviensis</i>	-	-	30	-	-
Ch-7	<i>S. viridogenes</i>	26	0	0	0	16
Ch-10	<i>S. viridogenes</i>	-	-	8	-	-
Ch-20	<i>S. albus</i>	0	0	40	0	0
Ch-4	<i>S. griseoluteus</i>	23	0	26	8	11
Ch-38	<i>S. minoensis</i>	17	0	40	11	16
Ch-19	<i>S. viridogenes</i>	16	0	40	20	0
Ch-1	<i>S. candidus</i>	15	0	36	0	0
Ch-17	<i>S. viridogenes</i>	23	0	35	35	12
Ch-26	<i>S. aburaviensis</i>	30	0	25	20	0
Ch-37	<i>S. minoensis</i>	22	0	42	17	0
Ch-31	<i>S. mirabilis</i>	35	0	25	0	0

Примечание: «-» нет данных.

Комплексы стрептомицетов из двух различных по генезису, географическому положению, климатическим условиям и типу растительного покрова почв, имели в структуре антибиотикорезистентности как черты сходства, так и различия. Так, в обеих сравниваемых почвах максимальную устойчивость природные изоляты проявили к налидиксовой кислоте – антибиотику хинолоновой группы, который ингибирует жизненно важный фермент микробной клетки – ДНК-гиразу и нарушает биосинтез ДНК (ее укладывание в спираль). Доля резистентных к НК штаммов в выборках из Чжанчжоу и Чанбайшань составила 70 и 93% соответственно. Универсальный механизм устойчивости

к хинолонам формируется благодаря наличию точечных мутаций в генах, кодирующих ферменты DNA-гиразу и топоизомеразу [6]. Ферменты опосредуют конформационные изменения в молекуле бактериальной ДНК, необходимые для ее нормальной репликации. Гены обоих ферментов локализованы на бактериальной хромосоме. Большую роль в их распространении играют мобильные генетические элементы (транспозоны, интегроны, IS-элементы, плазмиды) и универсальные процессы обмена генетической информацией (конъюгация, трансформация, трансдукция, рекомбинация). Частота возникновения мутаций мало зависит от воздействия хинолонов, однако, формирование устойчивых штаммов возможно лишь в результате селекции на фоне действия препаратов

Наименьшей резистентностью изоляты из той и другой почвы характеризовались в отношении АКК – ингибиторзащищенного β -лактамного антибиотика пенициллиновой группы. Доля устойчивых к АКК изолятов из почв Чжанчжоу и Чанбайшань ограничивалась 10 и 20% соответственно. Наиболее распространенным механизмом устойчивости микроорганизмов к β -лактамам является их инактивация ферментами β -лактамазами. Наличие в составе АКК клавулановой кислоты – ингибитора β -лактамазы, преодолевает сопротивление бактерий, выделяющих β -лактамазы.

В отношении устойчивости к другим взятым в исследование антибиотикам между изолятами из разных почв наблюдали значительные различия. Если в почве Чжанчжоу доля устойчивых к ЦТК – полусинтетическому β -лактамному антибиотику из семейства цефалоспоринов – не превышала 25%, то в почве Чанбайшань устойчивость к ЦТК проявили 66% изолятов. Развитие резистентности к цефалоспорином, а также препаратам пенициллинового ряда, может быть связано с модификацией мишени действия антибиотика – ферментов трансгликозилаз и транспептидаз, представляющих собой пенициллин связывающие белки (ПСБ). В результате модификации у некоторых ПСБ уменьшается сродство к β -лактамам, что проявляется в снижении чувствительности бактерий к этим препаратам [7]. Такие микроорганизмы проявляют устойчивость не только к природным и полусинтетическим пенициллинам, но и к ингибиторзащищенным препаратам типа АКК. Гены модифицированных ПСБ локализованы на хромосомах. Плазмидная или хромосомная локализация кодирующих генов определяет характер распространения резистентности. При плазмидной локализации генов происходит быстрое внутри- и межвидовое распространение резистентности, при хромосомной – распространение устойчивого клона.

По доле участия форм, резистентных к ТЕТ – ингибитору биосинтеза белка, почвы Чжанчжоу (15%) и Чанбайшань (33%) различались более чем в два раза. Резистентность к тетрациклинам связана с активным выведением антибиотика из микробной клетки. Гены резистентности обычно локализованы в плаزمиде, что обеспечивает их быстрое распространение в окружающей среде [8].

Существенные различия отмечены также по доле участия в комплексах сравниваемых почв стрептомицетов, устойчивых к ТС: 50% в комплексе Чжанчжоу и 29% в комплексе Чанбайшань. Известно, что комбинации триметоприма, который является антиметаболитом фолиевой кислоты, с сульфаниламидами характеризуются бактерицидным эффектом и широким спектром активности, включая микрофлору, устойчивую ко многим антибиотикам и обычным сульфаниламидам. Резистентность к триметоприму может являться результатом приобретения генов дигидрофолатредуктазы, нечувствительной (или малочувствительной) к ингибированию, а устойчивость к сульфаниламидам – генов дигидроптероатсинтетазы [9]. Гены ферментов, устойчивых к ингибированию, часто находятся в составе подвижных генетических элементов (транспозонов) в ассоциации с генами, детерминирующими устойчивость к другим антибиотикам.

Множественная устойчивость одновременно к нескольким антибиотикам чаще встречалась среди стрептомицетов из почвы Чанбайшань (80%), чем у изолятов из Чанчжоу (45%). Полиантибиотикорезистентность, как правило, связана с изменением проницаемости мембран. Снижение проницаемости внешних структур бактериальной клетки является наименее специфичным механизмом устойчивости и обычно приводит к формированию устойчивости одновременно к нескольким группам антибиотиков. Чаще всего причиной этого явления становится полная или частичная утрата пориновых белков. Кроме того, множественная устойчивость к антибиотикам формируется на фоне применения тетрациклинов или хлорамфеникола, не только к этим антибиотикам, но и к β -лактамам и хинолонам [9].

В результате исследований показано, что антибиотикорезистентность и связанные с ней гены, присутствуют в природных популяциях почвенных стрептомицетов из разных местообитаний, причем в большинстве случаев, устойчивость обусловлена генами, возникшими у бактерий в природной среде, к которым относят, например, гены β -лактамаз и фторхинолонов [10]. Это свидетельствует о необходимости регулярного мониторинга антибиотического резистоста почв с целью предотвращения неконтролируемой передачи детерминант устойчивости из окружающей среды в популяции ассоциированных с человеком микроорганизмов через продукты питания, отходы и воду. Полученные в работе спектры резистентности мицелиальных прокариот к антибиотикам можно использовать для оценки рисков, связанных с передачей генов антибиотикорезистентности из окружающей среды в клинически значимые патогенные виды.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.

Литература

1. Heymann D. L., Prentice T., Reinders L. T. The World Health Report 2007: a Safer Future: Global Public Health Security in the 21st Century. WHO) [Электронный ресурс] https://www.google.com/books?hl=ru&lr=&id=Xs7ck-Oq1-wC&oi=fnd&pg=PR6&dq=1.%09Heymann++D.L.,+Prentice++T.,+Reinders++L.T.++The+World+Health+Report++2007:+&ots=eBHseQQ_fv&sig=WMu1Ok19wbZfKgsERv0idkmU4CY.
2. Allen H. K., Donato J., Wang H. H., Cloud-Hansen K. A., Davies J., Handelsman J. Call of the wild: antibiotic resistance genes in natural environments // *Nature Reviews Microbiology*. 2010. Т. 8. №. 4. С. 251–259.
3. Cytryn E. The soil resistome: the anthropogenic, the native, and the unknown // *Soil Biology and Biochemistry*. 2013. Т. 63. С. 18–23.
4. D'Costa V. M., McGrann K. M., Hughes D. W., Wright G. D. Sampling the antibiotic resistome // *Science (New York, NY)*. 2006. V. 311. №. 5759. С. 374–377.
5. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. Методические указания МУК 4.2.1890–04 // *Клин. микробиол. антимикроб. химиотер.* 2004. № 6. С. 306–359.
6. Wright G. D. Antibiotic resistance in the environment: a link to the clinic? // *Curr. Opin. Microbiol.* 2010. V. 13. P. 589–594.
7. John C. Treatment failure with use a third-generation cephalosporin for penicillin-resistant pneumococcal meningitis: case report and review // *Clin. Infect. Dis.* 1994. V. 18. P. 188–193.
8. Speer B. S., Shoemaker N. B., Salyers A. A. Bacterial resistance to tetracycline: mechanisms, transfer, and clinical significance // *Clinical microbiology reviews*. 1992. Т. 5. №. 4. С. 387–399.
9. Практическое руководство по антиинфекционной химиотерапии // Под ред. академика Л. С. Страчунского [Электронный ресурс] <http://www.medcom.spb.ru/publ/info/1179>
10. Finley R. L., Collignon P., Larsson D. J., McEwen S. A., Li X. Z., Gaze W. H., Topp E. The scourge of antibiotic resistance: the important role of the environment // *Clinical Infectious Diseases*. 2013. С. cit 355.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СУЛЬФАТА МЕДИ НА МИКРОБНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НИЗИННЫХ ТОРФЯНИКОВ

Е. А. Горностаева¹, Л. И. Домрачева^{2,3}, А. И. Фокина¹

¹ *Вятский государственный университет, g_lentochka@mail.ru*

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

³ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

В связи с интенсивным ростом промышленности, ускорением научно-технического прогресса, химизацией сельского хозяйства, в последние годы значительно увеличилось и продолжает усиливаться поступление в окружающую среду (ОС) тяжелых металлов (ТМ) [1–3]. При этом возможен перенос ТМ на большие расстояния (до 60 км) [1]. Вследствие этого происходит накопление ТМ в различных средах, включая почву, водные источники, торфяники.

Это указывает на необходимость проведения экологического мониторинга содержания ТМ во всех средах, с целью выяснения воздействия ТМ на функционирование организмов, обитающих в той или иной среде. Особенно

важно проводить данные исследования в педосфере, поскольку она является емким акцептором, занимающим важное место в круговороте химических загрязнителей в биосфере, и находится в постоянном взаимодействии с другими экологическими системами. В частности, высокой сорбционной способностью по отношению к различным поллютантам обладают верховые и низинные торфяники. Выполнен ряд исследований по особенностям функционирования микробных комплексов торфяников в зависимости от различных антропогенных воздействий [2, 3].

Целью нашего исследования стало изучение влияния возрастающих концентраций сульфата меди на активность различных микробных комплексов низинных торфяников.

Для работы использованы образцы торфа, отобранные из месторождения вблизи с. Чистополье (Кировская область) в мае 2017 г. Месторождение, расположенное вблизи с. Чистополье Котельничского района, является неразработанным, торф используется местными жителями в сельскохозяйственных целях. На поверхности Чистопольской залежи произрастает ольха, ель, грушанка, изредка – гравилат речной. Торф Чистопольского месторождения относится к низинному, имеет глубину залегания до 1,5 м. Месторождение возникло в результате зарастания пойменной части лесной реки Петровки.

В качестве токсиканта в модельном опыте была использована соль меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 0,25 г и 0,5 г на 100 г торфа. К навескам торфа в контрольном (исходный торф) и опытном вариантах (торф с внесением сульфата меди) добавляли дистиллированную воду. Суспензии во всех вариантах взбалтывали в течение 1 минуты и оставляли на 1 сутки, после чего фильтровали [4]. Из торфа, оставшегося на фильтрах, отбирали пробы для проведения микробиологического анализа.

Численность микроорганизмов определяли методом разведения с последующим посевом на плотные селективные питательные среды [5]. Выявляли следующие группы микроорганизмов (МО): автохтонные (на торфяном агаре – ТА), бактерии-аммонификаторы (МПА), бактерии-азотфиксаторы (среда Эшби), микромицеты (среда Чапека). Посевы на каждую среду проводили в трехкратной повторности.

Микробиологический анализ показал, что численность различных групп МО в рассматриваемых вариантах колеблется от $22526 \cdot 10^3$ КОЕ/г в контрольном варианте до $50722,6 \cdot 10^3$ КОЕ/г (0,25 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ /100 г торфа) и $62130,5 \cdot 10^3$ КОЕ/г (0,5 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ /100 г торфа) (табл.). Численность группировок в целом соответствует содержанию МО в аналогичных низинных торфах [2, 3].

**Численность различных групп микроорганизмов в низинном торфянике
(КОЕ/г·10³)**

Вариант	Аммонификаторы (МПА)	Азотфиксаторы (Эшби)	Автохтонные (ТА)	Всего бактерий	Микромицеты (Чапека)	Всего МО
Контроль	803±66	10967±130	10700±200	22470	56±12,4	22526
0,25 г CuSO ₄ ·5H ₂ O/100 г торфа	970±200	27700±990	22030±258	50700	22,6±5,8	50722,6
0,5 г CuSO ₄ ·5H ₂ O/100 г торфа	1020±280	34250±350	26767±510	62057	93,5±12,7	62130,5

Как видно из таблицы, во всех вариантах доминирующие позиции занимают азотфиксаторы и представители автохтонной микрофлоры. Численность бактерий-аммонификаторов существенно ниже. Минимальное представительство в микробных группировках характерно для микромицетов, в то время, как для верховых торфяников показатели численности микроскопических грибов составляют десятки-сотни миллионов КОЕ/г торфа [3]. Данные количественного учета свидетельствуют о том, что увеличение содержания ТМ в образцах торфа приводит как к росту общей численности МО, так и каждой группы бактерий и микромицетов. Например, общее содержание МО во 2-м и 3-м вариантах (0,25 г и 0,5 г CuSO₄·5H₂O/100 г торфа) выше в 2,25 и 2,76 раз по сравнению с контролем.

Таким образом, кратковременное присутствие ионов меди стимулирует рост и развитие всех исследуемых групп МО. Такая же тенденция выявляется и для общей численности бактерий (рис. 1). Максимальное количество бактериальных группировок наблюдается в 3-м варианте (0,5 г CuSO₄·5H₂O/100 г торфа) – 62057·10³ КОЕ/г.

Анализ количественных параметров отдельных микробных группировок показывает, что наименьшее воздействие ионы меди (II) оказывают на бактерии-аммонификаторы: содержание МО, растущих на МПА, находится примерно на одном уровне – от 803 до 1020·10³ КОЕ/г (табл.). В то же время ионы меди (II) оказывают стимулирующее воздействие и на азотфиксаторы, и на автохтонную микрофлору.

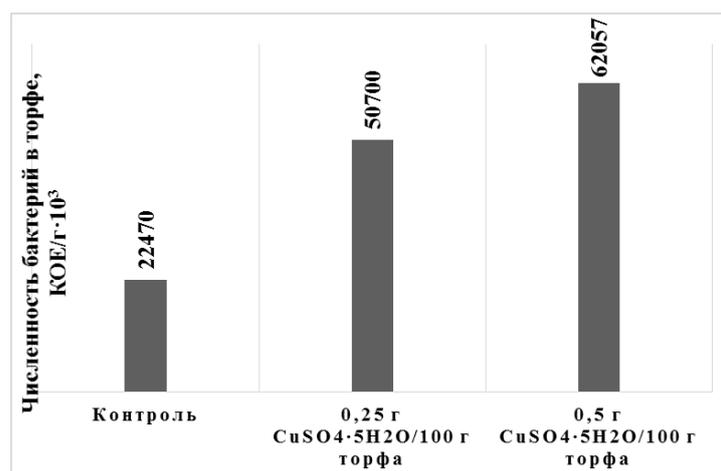


Рис. 1. Влияние возрастающих концентраций сульфата меди на общую численность бактерий в торфе, КОЕ/г·10³

Противоречивые данные получены для микроскопических грибов. Концентрация сульфата меди 0, 25/100 г снижает их численность более, чем в 2 раза, а максимальная концентрация этого токсиканта, наоборот, приводит к увеличению численности микромицетов в 1,7 раза по сравнению с контролем.

Анализ структуры бактериальных комплексов показывает, что несмотря на различия их общей численности, четко просматривается следующая тенденция: более половины бактериальных группировок (от 48 до 55%) представлены азотфиксаторами, выросшими на среде Эшби; вторыми по численности комплексами являются автохтонные МО, выросшие на среде ТА (от 43 до 47%); самой незначительной группой в микробном комплексе низинных торфяников оказались бактерии-аммонификаторы численность которых колеблется от 1,6 до 3,5% (рис. 2).

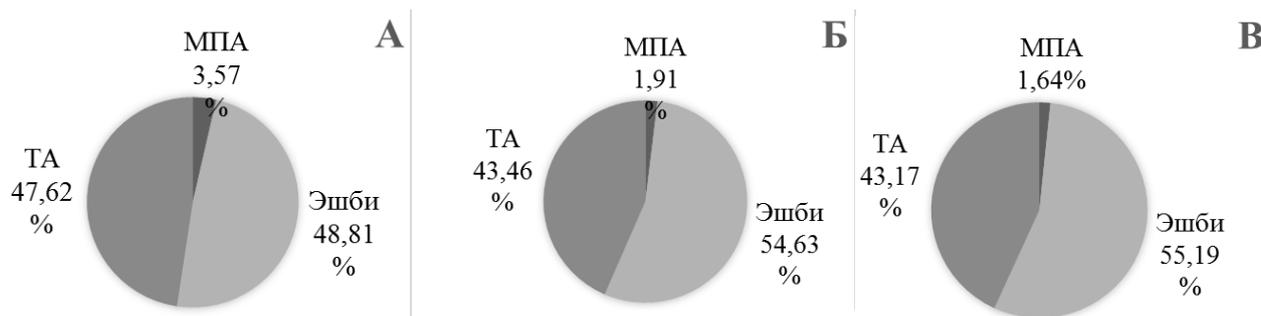


Рис. 2. Структура бактериальных комплексов в %, где А – контроль, Б – 0,25 г CuSO₄·5H₂O/100 г торфа, В – 0,5 г CuSO₄·5H₂O/100 г торфа

Таким образом, выявлено, что кратковременное воздействие ионов меди (II) (входящих в состав сульфата меди) в той или иной степени стимулирует рост и развитие всех изучаемых групп МО, кроме аммонификаторов, которые во всех вариантах являются минорным компонентом, что, вероятно, свидетельствует о малом поступлении в почву свежего органического вещества. Эффект стимуляции размножения других бактериальных групп коррелирует с дозой токсиканта ($r=0,9713$). Однако, возрастание численности отдельных

группировок МО в присутствии ионов меди не влияет на структуру бактериальных комплексов, которая остается примерно такой же, как в контрольном варианте.

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

Литература

1. Карпова Е. А. Эколого-агрохимические аспекты длительного применения удобрений: состояние тяжелых металлов в агроэкосистемах: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2006. 47 с.
2. Широких И. Г., Широких А. А. Микробные сообщества кислых почв Кировской области. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2004. 332 с.
3. Функционирование микробных комплексов верховых торфяников – анализ причин медленной деструкции торфа. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 128 с.
4. Пинский Д. Л., Минкина Т. М., Манджиева С. С., Федоров Ю. А., Бауэр Т. В., Невидомская Д. Г. Особенности поглощения Cu (II), Pb (II) и Zn (II) черноземом обыкновенным из растворов нитратов, хлоридов, ацетатов и сульфатов // Почвоведение. 2014. № 1. С. 22–24.
5. Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред А. И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.

ВЛИЯНИЕ ИНТРОДУКЦИИ В ПОЧВУ РАЗЛИЧНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ РИЗОСФЕРНОЙ МИКРОФЛОРЫ ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО (*LOTUS CORNICULATUS*)

*О. Н. Малыгина¹, Д. В. Козылбаева¹, Л. И. Домрачева^{1,2},
Л. В. Трефилова¹, А. Л. Ковина¹, Е. В. Товстик^{1,3,4}*

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
dli-alga@mail.ru,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

³ *Вятский государственный университет,*

⁴ *Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого*

Интродукция микроорганизмов в почву преследует различные цели. Вероятно, первые опыты в этом направлении были связаны с использованием ещё в конце XIX века бактериальных удобрений на основе клубеньковых бактерий р. *Rhizobium* при обработке семян бобовых для повышения урожая этих культур. В настоящее время спектр использования микробных биопрепаратов в земледелии существенно расширился и включает такие направления, как ростстимулирующая активность микробов-инокулянтов, фосфатмобилизующая активность, защита растений от вредителей и болезней, биоремедиация загрязнённых территорий. При этом даже традиционное использование препаратов клубеньковых бактерий модифицируется путём внесения других бактериальных препаратов, оказывающих дополнительное влияние на адаптив-

ные свойства и продуктивность бобовых [1]. Во всех случаях при интродукции или реинтродукции в почву попадают микроорганизмы, способные оказывать определённое воздействие на аборигенную микрофлору [2]. С другой стороны, судьба вселенцев, а, следовательно, и эффективность применяемых препаратов во многом определяются взаимодействием с коренными обитателями почвы. Например, для эффективного подавления фитопатогенов микробам-интродуцентам необходимо быть среди первых колонизаторов зон корня, которые являются «воротами инфекции» [3].

С конца 19 века клубеньковые бактерии рода *Rhizobium* используются для обработки семян бобовых в качестве бактериального удобрения, чтобы повысить уровень симбиотической азотфиксации и, следовательно, урожайность растений и масштабы накопления «биологического» азота в почве. В настоящее время в культуру в каждом регионе для повышения сбора сырого белка вводятся новые виды бобовых растений, отсутствующие или малочисленные в дикой флоре данной местности. Поэтому из-за отсутствия в почве аборигенных специфичных штаммов ризобиума по-прежнему предпосевная инокуляция семян бобовых остаётся чрезвычайно востребованным и необходимым мероприятием [4].

Цель данной работы – изучить состояние микробных комплексов почвы после интродукции в неё определённых групп микроорганизмов на посевах лядвенца рогатого.

Изучение состояния ризосферной микрофлоры лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) сорта Солнышко проводилось параллельно с изучением влияния микробов-интродуцентов на морфометрические показатели высших растений (см. статью в данном сборнике: Козылбаева Д. В. и др. «Влияние бактериальной инокуляции семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus*) на морфометрические показатели»).

В данном опыте инокуляцию семян лядвенца проводили следующими культурами микроорганизмов: 1) контроль – без обработки вода «Ключ здоровья»; 2) сапротрофной бактерией *Rhizobium loti*, 3) цианобактерией (ЦБ) *Fischerella muscicola* 300, 4) актиномицетом *Streptomyces hygrosopicus* A4, 5) *F. muscicola* + *S. hygrosopicus*, 6) *Rh. loti* + *F. muscicola*, 7) *Rh. loti* + *S. hygrosopicus*, 8) *Rh. loti* + *F. muscicola* + *S. hygrosopicus*.

Микробиологический анализ ризосферной почвы был проведен через 2,5 месяца после посева лядвенца рогатого в сентябре 2017 года. Учитывали 4 группы микроорганизмов: актиномицеты на среде с пропионатом натрия, бактерии-аммонификаторы на среде МПА, азотфиксаторы на среде Эшби, микромицеты на среде Чапека.

Отбор проб почвы для проведения микробиологических анализов осуществлялся согласно требованиям ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб» [5] и ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» [6].

Количественный учет микроорганизмов проводился методом разведения с дальнейшим посевом на питательные среды. Повторность посева на каждую среду 3х-кратная. Для селективного ограничения роста микроскопических грибов при учете актиномицета в среду с пропионатом натрия дополнительно вводили нистатин в концентрации 50 мкг/мл.

Изучение состояния аборигенной микрофлоры после интродукции различных групп микроорганизмов, попавших в почву в результате предпосевной инокуляции семян лядвенца рогатого, показало, что в составе микробных комплексов происходят определённые изменения (табл.1).

Некоторая стимуляция размножения аммонифицирующих бактерий, по сравнению с контролем, прослеживается в вариантах *F. muscicola* + *S. hygrosopicus* и *Rh. loti* + *F. muscicola* + *S. hygrosopicus* (в 1,9 и 2,3 раза соответственно). Максимальное размножение аммонификаторов происходит в вариантах *Rh. loti* и *Rh. loti*+ *S. hygrosopicus*. Их численность выше в 3,7 и 5,1 раза соответственно, чем в контроле. Интенсификация размножения этой группы бактерий определяется накоплением азотсодержащего вещества, доступного для минерализации, в первую очередь, это, вероятно, связано с объемом выделяемых экзометаболитов, которыми у бобовых растений являются аминокислоты.

Таблица 1

Влияние интродукции в почву различных микроорганизмов на численность ризосферной микрофлоры под лядвенцем рогатым, КОЕ/г•10³

Вариант	Аммонификаторы (МПА)	Азотфиксаторы (Эшби)	Актиномицеты (среда с пропионатом натрия)	Грибы (Чапек)
1. Контроль	90,0±1,7	128±11,1	590±0,6	69,0±7,0
2. <i>Rhizobium loti</i>	330,0±1,0	152,6±21,0	650±0,8	56,3±10,0
3. <i>Fischerella muscicola</i>	90,0±2,6	161±29,8	380±0,8	77,3±5,8
4. <i>Streptomyces hygrosopicus</i>	93,0±2,0	142,7±29,7	550±0,7	50,0±7,0
5. <i>F. muscicola</i> + <i>S. hygrosopicus</i>	173,0±3,5	118,7±12,9	710±0,2	40,7±8,7
6. <i>Rh. loti</i> + <i>F. muscicola</i>	120,0±1,7	105,3±7,4	660±0,9	57,3±1,1
7. <i>Rh. loti</i> + <i>S. hygrosopicus</i>	460,0±6,0	199,0±64,0	490±0,7	90,0±6,2
8. <i>Rh. loti</i> + <i>F. muscicola</i> + <i>S. hygrosopicus</i>	207,0±1,5	137,3±43,4	420±0,8	61,0±4,6

В группе азотфиксаторов практически не выявлено существующих различий по сравнению с контролем.

Для группы мицелиальных бактерий – актиномицетов – пик размножения зафиксирован в варианте *F. muscicola* + *S. hygrosopicus*. В то же время

внесение чистой культуры актиномицета не сказалось на численности ризосферных актиномицетов, а в вариантах *Rh. loti*+ *S. hygroscopicus* и *Rh. loti* + *F. muscicola* + *S. hygroscopicus* даже отмечается спад их численности.

Для эукариотных микроорганизмов – грибов показано, что некоторая активизация их размножения отмечена только в варианте *Rh. loti*+ *S. hygroscopicus*.

И актиномицеты и микромицеты являются мицелиальными формами, обладающими сходными пищевыми потребностями и физиологическими особенностями, вероятно, способными выступать в определенных условиях в роли конкурентов за питательный субстрат. Мы определяли соотношения между численностью актиномицетов и грибов (табл. 2), которое показало, что в зависимости от микробов-интродуцентов, этот показатель меняется. По сравнению с контролем он может быть как выше, так и ниже. Уровень доминирования актиномицетов над грибами, превышающий показатель над уровнем контроля отмечен в вариантах *Rh. loti*, *S. hygroscopicus*, *F. muscicola* + *S. hygroscopicus* и *Rh. loti* + *F. muscicola*. В остальных вариантах этот показатель ниже контроля.

Таблица 2

Структура актиномицетно-грибных комплексов, %

Вариант	Актиномицеты	Грибы
1. Контроль	85,5	14,5
2. <i>Rhizobium loti</i>	92,0	8,0
3. <i>Fischerella muscicola</i>	83,0	17,0
4. <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	91,7	8,3
5. <i>F. muscicola</i> + <i>S. hygroscopicus</i>	94,6	5,4
6. <i>Rh. loti</i> + <i>F.muscicola</i>	92,0	8,0
7. <i>Rh. loti</i> + <i>S. hygroscopicus</i>	84,5	15,5
8. <i>Rh. loti</i> + <i>F. muscicola</i> + <i>S. hygroscopicus</i>	68,8	31,2

Результаты количественного учета микроорганизмов показывают, что определенной закономерности между интродукцией актиномицетов в почву, и тем, что они займут лидирующие позиции в актиномицетно-грибных комплексах, не наблюдается.

Сравнение общей численности изучаемых групп микроорганизмов показывает, что наиболее существенные изменения наблюдаются в двух вариантах (*Rh. loti* и *Rh. loti* + *S. hygroscopicus*) (рис.).

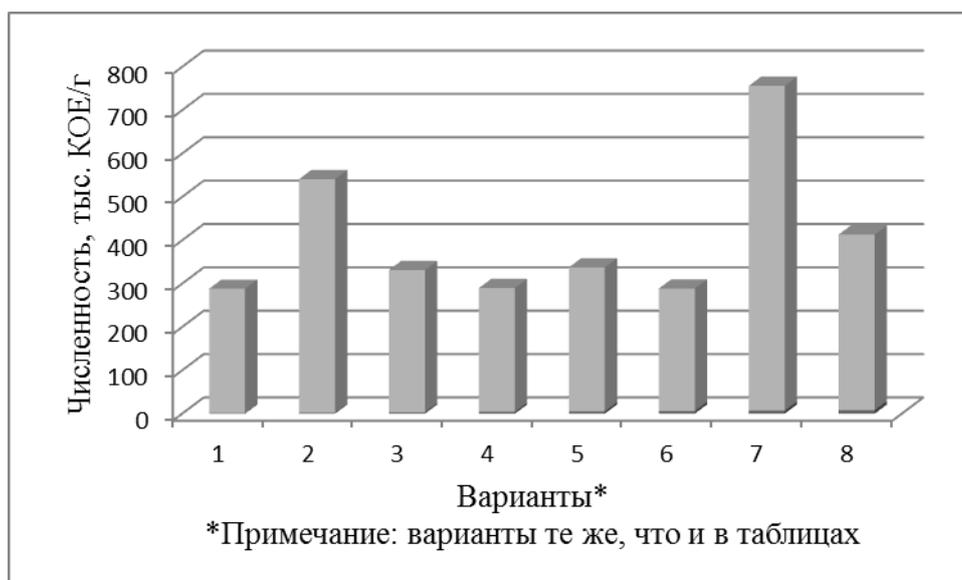


Рис. Влияние микробов-интродуцентов на общую численность ризосферной микрофлоры под посадками лядвенца рогатого

Следовательно, интродукция микробных культур приводит к определенным изменениям количественных показателей как отдельных групп микроорганизмов, так и структуры микробных комплексов. Менее всего микробная интродукция сказалась на численности азотфиксаторов. В то же время в отдельных вариантах отмечены резкие колебания численности аммонификаторов, актиномицетов и существенное изменение структуры актиномицетно-грибных комплексов.

Все эти изменения могут быть обусловлены не только прямым влиянием микробов-интродуцентов на аборигенную микрофлору, но и связаны с объемами корневых экзометаболитов, на которые, в свою очередь, влияет видовой состав микробов-инокулянтов.

Литература

1. Пузырева М. Л., Бурденева Т. В. Влияние бактериальных и ростстимулирующих препаратов на адаптивные свойства и продуктивность козлятника восточного // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 12. С. 48–51.
2. Кожевин П. А. «Здоровье» почвы как проблема биотехнологии // Биотехнология: состояние и перспективы развития. Материалы конгресса. Ч. 2. М., 2007. С. 114.
3. Кураков А. В., Костина Н. В. Сапротрофные микромицеты ризопланы томатов, огурцов и дерново-подзолистой почвы и их способность подавлять фузариозную инфекцию корней // Почвоведение. 1998. № 2. С. 193–199.
4. Поздняков В. Н. Почвенные бактерии-антагонисты фитопатогенной микрофлоры // Биотехнология. 1998. № 1. С. 29–32.
5. ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб».
6. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И СТРЕПТОМИЦЕТОВ НА РИЗОЗФЕРНУЮ МИКРОФЛОРУ *GEORGINE WILD*

*Е. В. Товстик^{1,2,3}, Д. В. Козылбаева¹, Л. И. Домрачева^{1,4},
Л. В. Трефилова¹, А. Л. Ковина¹, О. Н. Малыгина¹, А. В. Шабалина¹*
¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия, dli-alga@mail.ru,*
² *Вятский государственный университет,*
³ *Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,*
⁴ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Коренные обитатели почвы, её аборигенная микрофлора, всегда дают определённые реакции на внесение (попадание) в почву тех или иных химических соединений, а также на интродукцию микроорганизмов, которую производят, в основном, для повышения плодородия почвы или подавления нежелательных организмов [1].

Одним из путей решения охраны, рационального использования и воспроизводства мировых растительных ресурсов является интродукция растений. Освоение растительных ресурсов мировой флоры требует усовершенствования методов интродукции растений, которые могли бы обеспечить обогащение отечественной флоры за счет флористических богатств других регионов земного шара. Широкое признание в этом направлении находит деятельность ботанических садов. В настоящее время с целью использования в зеленом строительстве все более важное значение приобретают теория и практика интродукции цветочно-декоративных растений. Кроме этого, сравнительно с другими группами полезных (овощных, плодовых, кормовых, технических) растений-интродуцентов, декоративные растения наименее исследованы [2].

Очень часто интродукция растений в определенные биотопы сопровождается инокуляцией семян различными группами микроорганизмов, способных обеспечить лучшую приживаемость, вегетацию, продуктивность и иные качества изучаемых культур. Это обусловлено способностью отдельных групп микроорганизмов к связыванию, деструкции и детоксикации различных поллютантов, что является теоретической основой использования их в биоремедиационных целях и, в частности, в качестве биосорбентов. Инокуляция семян подобными микроорганизмами приводит к тому, что образуется изоляционный барьер между тяжелыми металлами (ТМ) и растением, препятствующий миграции ТМ в корень. Поэтому выращивание пищевых и кормовых культур можно производить и на загрязненных территориях, практикуя предпосевную обработку семян видами микроорганизмов, обладающих сорбционной активностью. Среди микробов-сорбентов значительный интерес представляют цианобактерии (ЦБ), обладающие помимо сорбционной активностью, антагонистической и ростостимулирующей [3, 4].

Цель данной работы – изучить влияние микробной интродукции на численность ризосферной микрофлоры под посадкой *Georgine Wild*.

Изучение состояния ризосферной микрофлоры георгина сорта Унвинс идеал Беддинг проводилось параллельно с изучением влияния микробов-интродуцентов на морфометрические показатели высших растений (см. статью в данном сборнике: Козылбаева Д.В. и др. «Стрептомицеты и цианобактерии как биорегуляторы при выращивании *Georgine Wild*)».

В данном опыте инокуляцию семян георгина проводили следующими культурами микроорганизмов: 1) контроль – без инокуляции вода «Ключ здоровья»; 2) ЦБ *Fischerella muscicola*; 3) актиномицета *Streptomyces wedmorensis*; 4) *F. muscicola* + *S. wedmorensis*; 5) смесь ЦБ: *Nostoc paludosum* + *N. linckia* + *N. muscorum* + *Microchate tenera*; 6) смесь ЦБ: *N. paludosum* + *N. linckia* + *N. muscorum* + *M. tenera* + актиномицета *S. wedmorensis*.

Микробиологический анализ ризосферной почвы был проведен через 5 месяцев после высадки растений в грунт в сентябре 2017 года. Учитывали 4 группы микроорганизмов: бактерии-аммонификаторы на среде МПА, азотфиксаторы на среде Эшби, актиномицеты на среде с пропионатом натрия микромицеты на среде Чапека.

Количественный учет проводился методом разведения с дальнейшим посевом на питательные среды. Повторность посева на каждую среду 3х-кратная. Для селективного ограничения роста микроскопических грибов при учете актиномицета в среду с пропионатом натрия дополнительно вводили нистатин в концентрации 50 мкг/мл.

Результаты количественного учета микроорганизмов показывают, что различные группы микроорганизмов по-разному реагируют на внесение в почву микробов-интродуцентов (табл.). Так, бактерии-аммонификаторы проявили высокую чувствительность к предпосевной обработке семян бинарным консорциумом (*Fischerella muscicola* и *Streptomyces wedmorensis*), а также 4х-компонентной смесью ЦБ (смесь ЦБ: *Nostoc paludosum* + *N. linckia* + *N. muscorum* + *Microchate tenera*). Повышенная активность аммонификаторов явно свидетельствует о накоплении органического вещества в зоне клубнекорня георгина в этом варианте.

Для бактерий-азотфиксаторов характерна вспышка размножения только в одном варианте, где инокулят включал смесь ЦБ и стрептомицета (*N. paludosum* + *N. linckia* + *N. muscorum* + *M. tenera* и *Streptomyces wedmorensis*). Для этого же варианта характерна и некоторая активация размножения микромицетов (табл.).

Примечательно, что интродукция актиномицета в почву (3 и 4 варианты) в виде монокультуры и смеси с фишереллой не сказалось на их численности в почве. Однако введение в почву актиномицета совместно со смесью ЦБ (6 вариант) привело к увеличению численности этой группы микроорганизмов почти в 3 раза.

Влияние микробной интродукции на численность ризосферной микрофлоры под георгином однолетним ($\times 10^3$, КОЕ/г)

Вариант	Аммонификаторы (МПА)	Азотфиксаторы (Эшби)	Актиномицеты (среда с пропионатом натрия)	Грибы (Чапека)
1. Контроль	280,0 \pm 46,0	62,7 \pm 8,9	280,0 \pm 30,0	38,7 \pm 3,2
2. <i>F. muscicola</i>	277,0 \pm 21,0	58,3 \pm 8,0	290,0 \pm 60,0	46,0 \pm 11,7
3. <i>S. wedmorensis</i>	420,0 \pm 10,0	61,0 \pm 19,4	260,0 \pm 40,0	51,0 \pm 7,8
4. <i>F. muscicola</i> + <i>S. wedmorensis</i>	567,0 \pm 106,0	64,3 \pm 6,5	340,0 \pm 70,0	39,0 \pm 6,2
5. Смесь ЦБ: <i>N. paludosum</i> + <i>N. linckia</i> + <i>N. muscorum</i> + <i>M. tenera</i>	597,0 \pm 76,0	57,7 \pm 7,6	240,0 \pm 30,0	59,7 \pm 2,1
6. <i>N. paludosum</i> + <i>N. linckia</i> + <i>N. muscorum</i> + <i>M. tenera</i> + <i>S. wedmorensis</i>	303,0 \pm 55,0	123,7 \pm 11,6	720,0 \pm 90,0	61,7 \pm 11,1

Таким образом, результаты, приведенные в таблице, выявляют определенное селективное воздействие микробов-интродуцентов на численность ризосферной микрофлоры. В этом плане одним из наиболее удачных вариантов можно признать 6 вариант (смесь ЦБ: *N. paludosum* + *N. linckia* + *N. muscorum* + *M. tenera* и *S. wedmorensis*), в которой обнаружена повышенная активность трех полезных групп почвенных микроорганизмов: азотфиксаторов, обогащающих почву дополнительным количеством связанного азота, актиномицетов и грибов, обладающих высокой гидролитической активностью, что должно приводить к улучшению корневого питания растений.

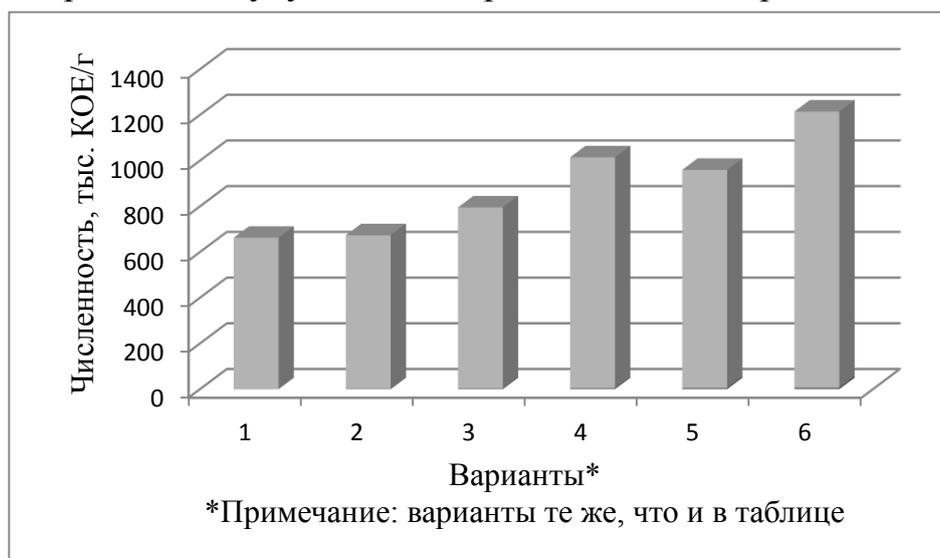


Рис. Влияние микробов-интродуцентов на общую численность ризосферной микрофлоры под посадками георгина однолетнего

При рассмотрении показателей общей численности почвенной микрофлоры, которую получили суммированием численности 4-х изучаемых групп микроорганизмов, можно видеть, что минимальные показатели – от 670 до 790 КОЕ/г – обнаружены в контрольном варианте и в вариантах с внесением монокультур фишереллы и стрептомицета, т. е. интродукция монокультур практически не сказалась на общей численности микробов. Однако использование для инокуляции семян георгина бинарной смеси фишереллы и стрептомицета, 4х-видовой смеси ЦБ (*N. paludosum* + *N. linckia* + *N. muscorum*+*M. tenera*), а также смеси ЦБ и стрептомицета привело к возрастанию общей численности аборигенной микрофлоры в почве, по сравнению с контролем, от 1,44 до 1,82 раза.

Сравнивая показатели микробной численности в почве с морфологическими показателями георгина (см. статью в данном сборнике: Козылбаева Д. В. и др. «Стрептомицеты и цианобактерии как биорегуляторы при выращивании *Georgine Wild*)», видим что максимальная биогенность почвы в 6-м варианте коррелирует с такими морфологическими показателями, как высота растения, количество и диаметр соцветия, количество бутонов, количество побегов, количество долей корнеклубня и его масса. Следовательно, данная работа показывает, что положительное влияние на растение, вероятно, связано не только с действием микробов-интродуцентов, но и с активизацией аборигенной микрофлоры.

Литература

1. Пузырева М. Л., Бурденева Т. В. Влияние бактериальных и ростстимулирующих препаратов на адаптивные свойства и продуктивность козлятника восточного // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 12. С. 48–51.
2. Гродзинский А. М. Этапы развития Центрального республиканского ботанического сада АН УССР // Интродукция и акклиматизация. Киев: Наук. думка, 1986. Вып. 6. С. 3–7.
3. Домрачева Л., Трефилова Л., Фокина А. Фузари: биологический контроль сорбционной возможности. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 182 с.
4. Горностаева Е. А. Влияние ионов меди и никеля на почвенные цианобактерии и цианобактериальные сообщества: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2015. 26 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ФОРМ АЛЬГО-БАКТЕРИАЛЬНО-ГРИБНЫХ НЕФТЕДЕСТРУКТИВНЫХ БИОПРЕПАРАТОВ

И. Э. Шаранова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

Сыктывкарский государственный университет им. Путьирима Сорокина,

scharapova@ib.komisc.ru

В настоящее время для очистки от нефтяных углеводородов (НУГВ) применяются биопрепараты на основе природных углеводородокисляющих микроорганизмов. Перспективным направлением в разработке нефтедеструк-

тивных биопрепаратов является создание комплексных форм с использованием ассоциаций, составленных из микроорганизмов различных таксономических групп. Сочетание в комплексе штаммов бактерий, водорослей, дрожжевых и мицелиальных грибов, с присущим подобному рода сообществам многообразием метаболических связей, позволит с большей полнотой и скоростью окислять НУГВ за счет способности к биотрансформации-биodeградации различными метаболическими путями [1, 2]. Эффективность комплексного биопрепарата будет зависеть от биохимической, прежде всего нефтеокисляющей, активности и жизнеспособности входящих в его состав микроорганизмов. При конструировании биопрепаратов необходимым условием является сочетание и механизм взаимодействия между включенными в состав комплекса монокультурами, а также способность к адаптации в загрязненных объектах (водная среда или почвогрунты) и соответствие почвенно-климатическим и трофическим условиям.

Цель работы – провести скрининг микроорганизмов, проявляющих нефтеокисляющую активность в бактериально-грибном или альго-бактериально-грибном комплексе.

Объектами исследований служили штаммы микроорганизмов: бактерии *Rhodococcus eritropolis* (B-1115), *R. equi* (B-1117) и дрожжевые грибы *Rhodotorula sp.*, *R. glutinis* (Y-1112), *R. glutinis* (Y-1113) (предоставлены с.н.с. Института биологии Коми НЦ УрО РАН М. Ю. Маркаровой); мицелиальные грибы *Trichoderma lignorum* (синоним *T. viride*, ВКПМ F-98), *T. lignorum* (ВКПМ F-119), *T. viride* (ВКПМ F-13/10); культура зеленых микроводорослей *Chlorella vulgaris* Beijer. В качестве поллютантов использовали сырую товарную нефть Усинского р-на Республики Коми, а также дизельное топливо (ДТ). Содержание нефтепродуктов в пробах определяли на анализаторе «Флюорат-02» [3]. Микробиологический контроль экспериментов проводили чашечным методом Коха или с помощью камеры Горяева [4].

Исследование деструкции НУГВ провели на минеральной среде с нефтью или ДТ (3% и 2% соответственно) в качестве единственного источника углерода. Инокулирование проводили внесением одинакового количества накопительной культуры, полученной на оптимальной для каждого штамма питательной среде. Исследование микробных комплексов, составленных с различным сочетанием монокультур (1, 1:1, 1:1:1) провели в два этапа. На первом этапе проводился скрининг и конструирование бактериально-грибного комплекса, где основным компонентом была бактериальная культура. На втором этапе исследования рассматривалось оптимальное сочетание бактерий, микроводорослей, дрожжевого и мицелиального грибов в составе микробного комплекса (сочетание 1:1, 1:1:1, 1:1:1:1). Критерием отбора и основными показателями оптимального сочетания микроорганизмов в комплексном биопрепарате, было повышение нефтепотребления бактериально-грибным или альго-бактериально-грибным комплексом в отличие от нефтепотребления бактериальной монокультурой, а также накопление биомассы и

общей численности микроорганизмов (ОМЧ) в среде, где высокая концентрация НУГВ лимитировала жизнеспособность микроорганизмов.

Обоснованием выбора таксономически различных групп микроорганизмов послужили данные, что главной и основной составляющей процесса биодеградациии нефтяных загрязнений являются углеводородокисляющие бактерии, тогда как дрожжевые и мицелиальные грибы в загрязненных экосистемах занимают второстепенное место. При наличии двухфазной системы типа вода-углеводород или вода-нефть липофильные микроорганизмы, к которым относятся бактерии рода *Rhodococcus*, развиваются непосредственно в углеводородной (нефтяной) фазе за счет способности к биосинтезу поверхностно-активных веществ [5]. Поэтому при выборе микроорганизмов, совместимых в комплексе с бактериями рода *Rhodococcus*, использовали культуры активно разлагающие НУГВ или устойчивые к токсическому действию компонентов нефти. Выбор дрожжевых грибов основан на известных данных о штаммах рода *Rhodotorula*, которые также как и бактерии выделены из нефтезагрязненных почв Усинского района Республики Коми. Выбор мицелиальных грибов основан на данных о древоразрушающих грибах рода *Trichoderma*, способных утилизировать полиароматические углеводороды [6]. Зеленые микроводоросли рода *Chlorella* более других отличаются экологической пластичностью и устойчивостью не только к естественным, но и к антропогенным факторам среды [7].

Результаты исследования деструкции НУГВ, где основным компонентом выступали бактерии *Rhodococcus*, представлены в таблице. По показателям снижения содержания нефти, прироста биомассы и ОМЧ в суспензии отобрали один штамм дрожжей *Rhodotorula* и штамм мицелиальных грибов *Trichoderma*, которые показали положительные результаты с бактериями *Rhodococcus eqvi*.

Наибольшими показателями по биомассе и снижению содержания НУГВ отличились варианты с бактериальной культурой *Rhodococcus eqvi* в сочетании с мицелиальным грибом *T. lignorum* (F-98) или с дрожжевыми грибами *R. glutinis* (Y-1112) и мицелиальным грибом *T. lignorum* (F-98) (табл.). В водной среде варианта с бактериально-грибным комплексом (*T. lignorum* (F-98) и *R. eqvi*) образовался конгломерат, где очевидно, мицелиальная масса служила матрицей для клеток бактерий и биосорбентом нефти, при этом высокий результат нефтедеструкции обусловлен сложными процессами метаболического соокисления [1]. По показателям ОМЧ в варианте с бактериями *R. eqvi* в сочетании со штаммами дрожжевого и мицелиального грибов при совместном разложении нефти вклад дрожжей наименьший, доминировали бактерии. В варианте с бактериально-дрожжевым комплексом при высокой биодеградациии НУГВ отмечено незначительное накопление биомассы и ОМЧ (табл.).

В данном опыте из 8 штаммов микроорганизмов были отобраны наиболее активные в бактериально-грибном комплексе. Из трех штаммов древоразрушающих грибов рода *Trichoderma*, только один оказался наиболее актив-

ным в сочетании с бактериями в микробном комплексе. Результаты нефтепотребления обусловлены индивидуальной нефтедеструктивной активностью и взаимодействием микроорганизмов в бактериально-грибном (дрожжевой и/или мицелиальный грибы) комплексе. По изменению веса сухой биомассы и общего количества жизнеспособных клеток микроорганизмов в суспензии, а также снижению содержания нефти отличились: бактерии *R. egvi* (B-1117), дрожжи *R. glutinis* (Y-1112) и мицелиальный гриб *T. lignorum* (F-98).

Таблица

Выделенные варианты биодеструкции нефтеуглеводородов

Культуры микроорганизмов	ОМЧ, КОЕ/мл	Биомасса, г/л	Степень нефтепотребления, %
<i>Rhodococcus eqvi</i>	$(1,5 \pm 0,3) \times 10^9$	1,98 ± 0,09	25,5
<i>R. eqvi</i> + <i>T. lignorum</i>	$(5,2 \pm 0,6) \times 10^{11}$	3,65 ± 0,15	36,1
<i>R. eqvi</i> + <i>R. glutinis</i>	$(1,8 \pm 0,2) \times 10^9$	1,62 ± 0,08	31,8
<i>R. eqvi</i> + <i>R. glutinis</i> + <i>T. lignorum</i>	$(2,8 \pm 0,5) \times 10^{10}$	2,41 ± 0,12	27,3

Конструирование альго-бактериально-грибных комплексов проведено с использованием отобранных на первом этапе трех штаммов, составленных в сочетании микроорганизмов, где основной культурой – нефтедеструктором являлись бактерии *R. egvi*. При этом рассматривались также варианты при загрязнении дизельным топливом (ДТ), так как известно, что высокой токсичностью для гидробионтов обладают нерастворимая составляющая нефти и фракции нефти, которые содержат максимальное количество растворимых в воде ароматических углеводородов [8].

Наибольшим снижением концентрации НУГВ при загрязнении воды нефтью отмечены варианты с внесением альго-бактериального, альго-дрожжевого, альго-бактериально-грибного комплексов накопительных монокультур, тогда как при загрязнении дизтопливом наилучший результат – с внесением альго-бактериального и альго-дрожжевого комплексов. При этом численность микроорганизмов (ОМЧ) во всех вариантах при загрязнении нефтью была на 1-2 порядка выше, чем в вариантах с дизельным топливом. Синергическое взаимодействие между микроорганизмами активными нефтедеструкторами в сочетании с микроорганизмами, устойчивыми к токсическому действию компонентов нефти, обеспечивает жизнеспособность при их совместном культивировании в загрязненной среде.

Таким образом, показана возможность конструирования комплексных форм биопрепаратов на основе монокультур бактерий, микроводорослей, а также дрожжевого и мицелиального грибов. Отмечено, что наиболее эффективными для биодеструкции углеводородов нефти являются биопрепараты на основе бактериально-грибного или альго-бактериально-грибного комплексов.

Литература

1. Шлегель Г. Общая микробиология. М.: Мир, 1972. 476 с.

2. Манаков М. Н., Победимский Д. Г. Теоретические основы технологии микробиологических производств. М.: Агропромиздат, 1990. 272 с.
3. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах на анализаторе жидкости «Флюорат-02». ПНД Ф16.1.21-98. М., 1998.
4. Градова Н. Б., Бабусенко Е. С., Горнова И. Б., Гусарова Н. А. Лабораторный практикум по общей микробиологии. М., 1999. С. 9–35.
5. Коронелли Т. В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводов в окружающей среде. // Прикладная биохимия и микробиология. 1996. Т. 32. № 6. С. 579–585.
6. Козлов Г. В. Деструкция нитроароматических и полиароматических соединений дроворазрушающими грибами: Автореф. ... канд. биол. наук. СПб., 2000. 20 с.
7. Ступина В. В., Леонова Л. И. О роли хлорококковых водорослей в деструкции капролактама в водной среде // Гидробиол. журн. 1985. Т. 21. № 6. С. 74–79.
8. Ратушняк А. А., Андреева М. Г., Латыпова В. З., Гарипова Л. Г. Токсическое действие нефти и продуктов ее переработки на *Daphnia magna* Straus // Гидробиол. Журнал. 2000. 25 с.

ПРЕПАРАТ «МЕФОСФОН» И АКТИВНОСТЬ МИКРОБОЦЕНОЗОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

К. О. Синяшин¹, А. М. Петров², О. Ю. Тарасов¹

¹ *Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова
Казанского научного центра РАН,*

² *Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан, zram2@rambler.ru*

С целью определения перспективности применения при очистке хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод препарата «Мефосфон» на ряде действующих очистных сооружений Российской Федерации были проведены лабораторные и опытно-промышленные испытания (города Альметьевск, Домодедово, Мелеуз, Ишимбай, Оренбург, Стерлитамак и другие).

Лабораторные эксперименты проводились в периодических условиях. Замена части сточных вод (надосадочной жидкости) осуществлялась отборно-доливным способом, периодичность и количество заменяемой жидкости, вносимого препарата определялись условиями функционирования конкретных очистных сооружений.

При проведении опытно-промышленных испытаний препарат «Мефосфон» дозировался непрерывно в поток, поступающих на биологическую очистку осветленных сточных вод (рис. 1) или в возвратный ил (в сборную камеру, начало регенератора). Коммерческий препарат «Мефосфон» вносился в конечной концентрации 10^{-4} – 10^{-7} см³/дм³. При проведении опытно-промышленных испытаний для удобства дозирования, более равномерного внесения препарат предварительно в 10–1000 раз разбавлялся водопроводной водой.



Рис. 1. Дозирование раствора препарата «Мефосфон» в поток осветленных сточных вод

Проведенные лабораторные испытания на очистных сооружениях г. Ишимбай показали, что внесение препарата «Мефосфон» приводит к снижению содержания в очищенной воде ионов аммония на 15–25%, нитрит ионов на 20–33%, нитрат ионов на 15–20%, фосфатов на 3–11%, повышению прозрачности очищенной воды на 48–67%. В лабораторных испытаниях на сточных водах г. Стерлитамак было зафиксировано снижение содержания в очищенной воде взвешенных веществ, нитритов, повышение активности микробиоценоза активного ила.

В ходе проведенных опытно-промышленных испытаний препарата в г. Домодедово (анаэробно-аэробная схема) было зарегистрировано улучшение седиментационных свойств активного ила, повышение эффективности окисления органических веществ (в том числе нефтепродуктов), снижение содержания азота аммонийных солей и фосфатов, увеличение прозрачности очищенной воды, в г. Мелеуз (аэробная схема) улучшение седиментационных свойств активного ила, более низкие и стабильные значения остаточного содержания органических веществ (по ХПК и БПК), повышение стрессоустойчивости биоценоза и прозрачности очищенной сточной воды.

Проведенные лабораторные и опытно-промышленные испытания показали, что внесение препарата «Мефосфон» способствует повышению активности биоценоза очистных сооружений, его устойчивости к стрессовым ситуациям, следствием которых является повышение эффективности очистки от органических веществ, интенсификация процесса нитрификации (рис. 2, 3), более глубокое удаление фосфатов, повышение прозрачности очищенной воды.

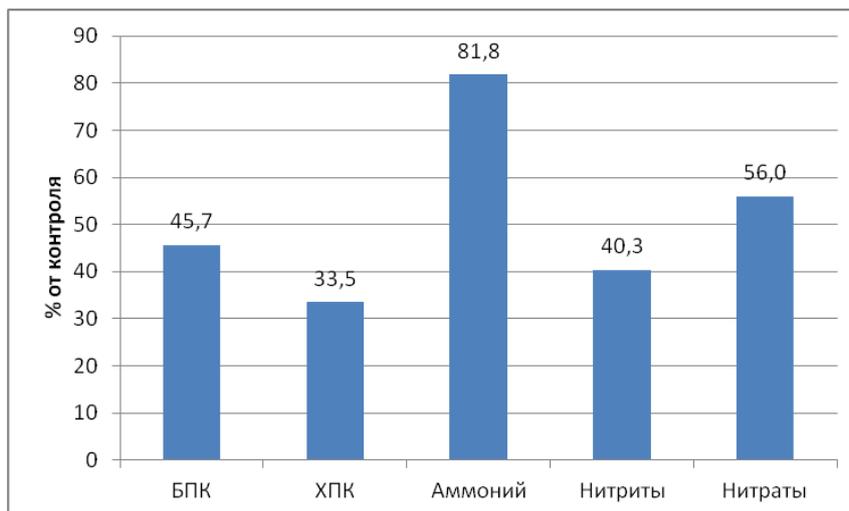


Рис. 2. Характеристики очищенной воды после двухнедельного внесения препарата «Мефосфон» в опытный аэротенк действующих очистных сооружений (% от содержания после контрольного аэротенка)

Внесение препарата «Мефосфон» способствовало стабилизации процесса очистки при перегрузках по гидравлике, неравномерном и залповом поступлении загрязняющих веществ на очистные сооружения.

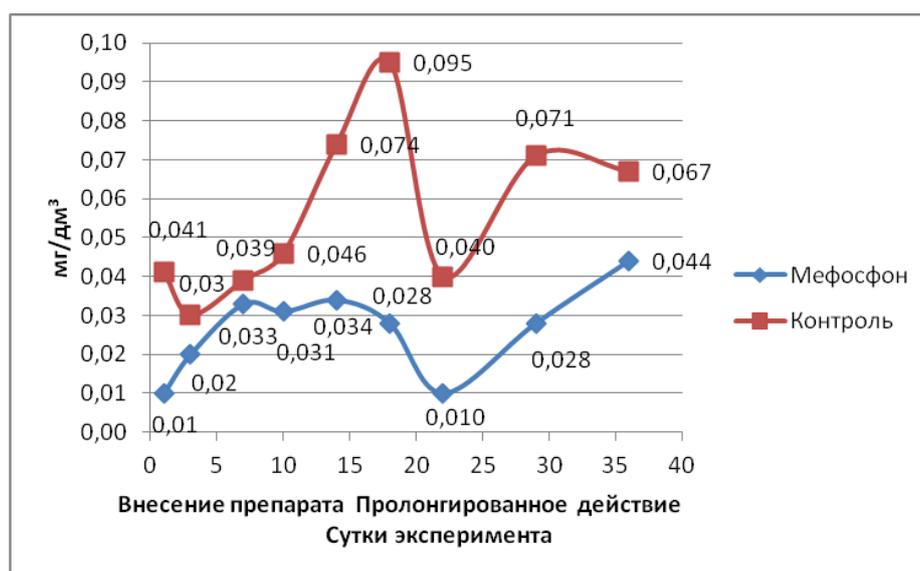


Рис. 3. Содержание нитритов в очищенной воде в ходе (внесение препарата 1–14 сутки) и после опытно-промышленных испытаний (15–36 сутки)

В ряде лабораторных экспериментов и опытно-промышленных испытаниях было зарегистрировано пролонгированное 10–14 суточное действие препарата «Мефосфон» (рис. 3), что указывает на возможность его периодического использования при решении поставленных природоохранных задач.

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ДЕКОРАТИВНЫХ СВОЙСТВ *LAVATERA TRIMESTRIS* L.

*Ю. Н. Зыкова, А. В. Шабалина, Д. В. Козылбаева,
Л. В. Трефилова, А. Л. Ковина*
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
nm-flora@rambler.ru

В последнее время при интенсивном росте городов и динамичном развитии всех видов транспортных средств большое внимание уделяется благоустройству и озеленению городских парков, скверов, дворовых зон и детских площадок. Газоны и цветники стали обязательными элементами оформления. Цветочно-декоративные растения являются важными компонентами городских ландшафтов. Они усиливают декоративный эффект и активно применяются в практике городского озеленения и фитодизайне [1, 2].

При огромном разнообразии видов и сортов декоративных растений в благоустройстве и озеленении цветников г. Кирова используется ограниченный круг растений, например практически не используется лаватера.

Лаватера – светолюбивое, засухоустойчивое растение, цветет до заморозков. Растет на рыхлых почвах, которые содержат большое количество питательных веществ. Почвы г. Кирова малоплодородны, поэтому для выращивания лаватеры целесообразно применять препараты для стимуляции роста.

Цель работы – определить препараты, оказывающие оптимальное влияние на улучшение ростовых процессов и декоративных свойств лаватеры.

Задачи исследования: 1. Изучение влияния различных препаратов на морфометрические показатели лаватеры.

2. Оценка активности цианобактерий в сравнении с коммерческими стимуляторами роста растений.

Лаватера «Рубиновый ковер» (*Lavatera trimestris* L.) – однолетнее травянистое растение семейства Мальвовые (Malvaceae Juss), род Лаватера (или Хатьма, *Lavatera*). Растение высотой 100–120 см, с развитой корневой системой. Стебель прямостоячий, ветвистый, покрытый щетинистыми волосками. Листья черешковые, округлые или почковидные, по краю зубчатые. Цветки воронковидные, одиночные в пазухах листьев, диаметр цветков от 5 до 9 см. Венчик пятилопастный, лепестки розовые разной интенсивности и белые в зависимости от сорта. Семена темно-коричневые.

Из большого многообразия применяемых биорегуляторов и стимуляторов роста растений были выбраны циркон и эпин-экстра, которые использовались нами в предыдущих опытах на овощных растениях [3].

Циркон – регулятор роста, цветения, плодоношения и стрессоустойчивости растений. Действующим веществом является смесь гидроксикоричных кислот, выделенных из эхинацеи пурпурной.

Эпин-экстра – стрессовый адаптоген, который стимулирует ростовые процессы. Действующим веществом является эпинбрассинолид, который относится к группе гормонов растений.

В работе использованы культуры цианобактерий (ЦБ) *Fischerella muscicola* 300, *Nostoc paludosum* 18, *N. linckia* 271, *N. muscorum* 21, *Microchaeta tenera* 265 из коллекции микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции семеноводства и микробиологии Вятской государственной сельскохозяйственной академии.

Ранее было неоднократно показано ростстимулирующее, ризогенное и антифунгальное действие выше перечисленных ЦБ на декоративные, сельскохозяйственные и лесные растения, такие, как астры, циннии, огурец, подсолнечник, лядвенец, ель, сосна [3–10].

Для приготовления суспензии, пригодной для обработки семян культуры, ЦБ выращивали на жидкой среде Громова № 6 без азота в течение 6,5 недель. Перед постановкой опыта культуры гомогенизировали и определяли их титр, который для *F. muscicola* составил $9,1 \cdot 10^7$ кл./мл, *M. tenera* – $2,6 \cdot 10^7$ кл./мл, *N. linckia* – $4,4 \cdot 10^7$ кл./мл, *N. muscorum* – $6,1 \cdot 10^7$ кл./мл и *N. paludosum* – $11,8 \cdot 10^7$ кл./мл. Титр ЦБ в смешанной культуре составлял $6,8 \cdot 10^7$ кл./мл.

Препараты циркон и эпин-экстра готовили согласно инструкции.

Семена лаватеры отбирали в количестве 50 штук на повторность. Помещали в стерильные промаркированные чашки Петри с заранее приготовленной суспензией в соответствии с вариантами опыта: 1. Контроль (вода «Ключ здоровья»); 2. Циркон; 3. Эпин-экстра; 4. *F. muscicola*; 5. Смесь ЦБ (*N. paludosum*, *N. linckia*, *M. tenera*, *N. muscorum*, *F. muscicola*)

Семена оставляли на 4 часа при комнатной температуре, затем проращивали методом рулонных культур. Рулоны помещали в емкости с водой и оставляли при комнатной температуре и естественном освещении.

Всхожесть семян определяли на 7 день (рис. 1 А).

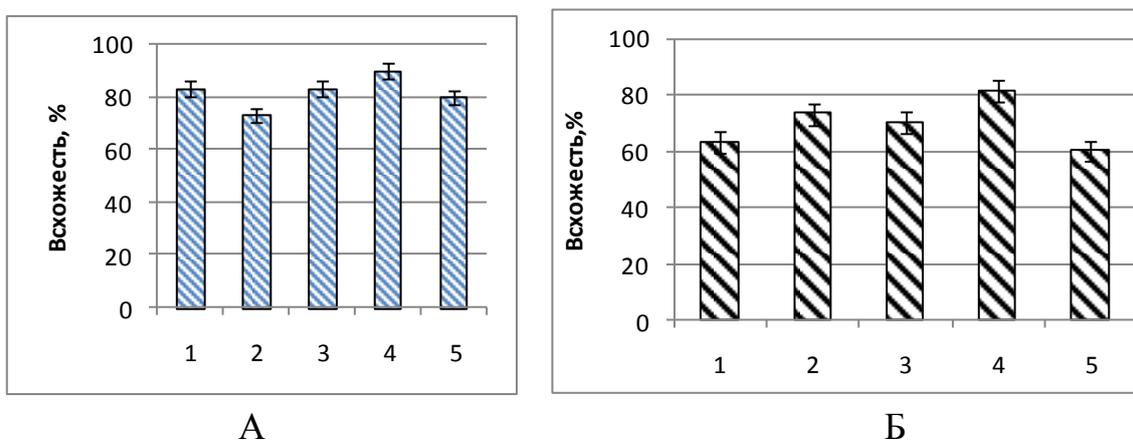


Рис. 1. Влияние биопрепаратов на всхожесть семян лаватеры в лабораторном (А) и вегетационном (Б) опытах. Варианты опыта: 1 – контроль, 2 – циркон, 3 – эпин-экстра, 4 – *F. muscicola*, 5 – смесь ЦБ

Было установлено, что в вариантах с обработкой семян препаратами и смесью ЦБ всхожесть семян была практически одинаковой. Наивысшая всхожесть (90%) отмечена в варианте с инокуляцией семян суспензией клеток ЦБ *F. muscicola*.

На 7-е сутки и на 11-е сутки измеряли длину корней и проростков лаватеры (табл. 1).

Таблица 1

Биометрические показатели растений лаватеры «Рубиновый ковер»

Вариант	Высота проростков, см*		Длина корня, см*	
	7-суточных	11-суточных	7-суточных	11-суточных
контроль	0,21±0,02	2,49±0,43	1,51±0,88	2,41±0,37
циркон	0,61±0,05	2,33±0,34	1,48±1,12	2,52±0,32
эпин-экстра	0,85±0,17	2,50±0,59	1,25±0,58	2,07±0,56
<i>F. muscicola</i>	1,21±0,23	3,46±0,68	1,50±0,24	2,78±0,29
смесь ЦБ	0,81±0,17	2,74±0,95	1,57±0,28	2,72±1,06

Примечание: * – высота проростков и длина корня приведено в среднем на 1 растение.

Лабораторные исследования показали достоверное ростстимулирующее действие предпосевной обработки семян суспензиями ЦБ и препаратом циркон. По сравнению с контролем, данные препараты увеличивают высоту проростков на 10–30%. Влияние на развитие корневой системы оказалось ещё выше, составляя 50–60% по сравнению с контролем. Известно, что реакция растений на любые препараты в лабораторных и полевых опытах резко различна.

В полевом эксперименте семена перед посевом обрабатывали по выше описанной методике с теми же вариантами.

После экспозиции семян в опытных растворах их помещали в пластиковые контейнеры с почвой на глубину 1 см. Контейнеры оставили в помещении с естественным освещением при комнатной температуре. Почву в контейнерах регулярно увлажняли.

Первые всходы появились на второй день после посева, массовые всходы появились через 3–4 дня. Через две недели учитывали всхожесть семян (рис. 1Б).

Самую высокую всхожесть (81,7%) наблюдали в варианте с семенами, обработанными ЦБ *F. muscicola*.

К началу июня растения хорошо сформировались и были готовы к высадке в открытый грунт. Но климатические условия 2017 г. оказались не благоприятны для этого, так среднесуточные температуры воздуха в г. Кирове в июне колебались в диапазоне от +4 до +23 °С, среднемесячная температура воздуха составила +13,49 °С. Средняя влажность колебалась в диапазоне от 66,38 до 91,00%.

В связи с этим передержанную рассаду высаживали в открытый грунт только в конце июня на участок около корпуса агрономического факультета

Вятской ГСХА в незатененном месте согласно схеме опыта с учетом рекомендуемых расстояний между растениями.

При высадке растений измеряли следующие показатели: длину корневой системы, высоту стебля, количество листьев (табл. 2.). Сравнение биометрических показателей лаватеры «Рубиновый ковер» при обработке семян различными препаратами позволяет сделать вывод о преимуществе предпосевной инокуляции семян в суспензии клеток *F. muscicola* и суспензии клеток смеси ЦБ. Биометрические показатели растений в этих вариантах превосходят биометрические показатели растений лаватеры, семена которой замачивались в препаратах-стимуляторах роста в среднем на 18–21%.

Таблица 2

**Морфометрические показатели лаватеры перед высадкой
в открытый грунт**

Вариант	Длина корневой системы, см*	Высота стебля, см*	Количество листьев, шт*
Контроль	5,20±0,45	13,00±0,90	5,37±0,16
Циркон	5,78±0,38	13,81±0,67	5,53±0,17
Эпин-экстра	5,89±0,67	13,41±0,72	5,44±0,09
<i>F. muscicola</i>	6,34±0,20	15,49±0,78	6,34±0,24
Смесь ЦБ	6,16±0,31	15,46±0,64	6,29±0,22

Примечание: * – длина корневой системы, высота стебля и количество листьев приведено в среднем на 1 растение.

Фенологические наблюдения проводили с момента высадки лаватеры в открытый грунт. Уход за растениями заключался в трехкратной прополке с одновременным рыхлением почвы и поливом по мере необходимости.

Через 48 дней после высадки растений на опытный участок проводили измерения высоты и оценивали обилие цветения (рис. 3 А).

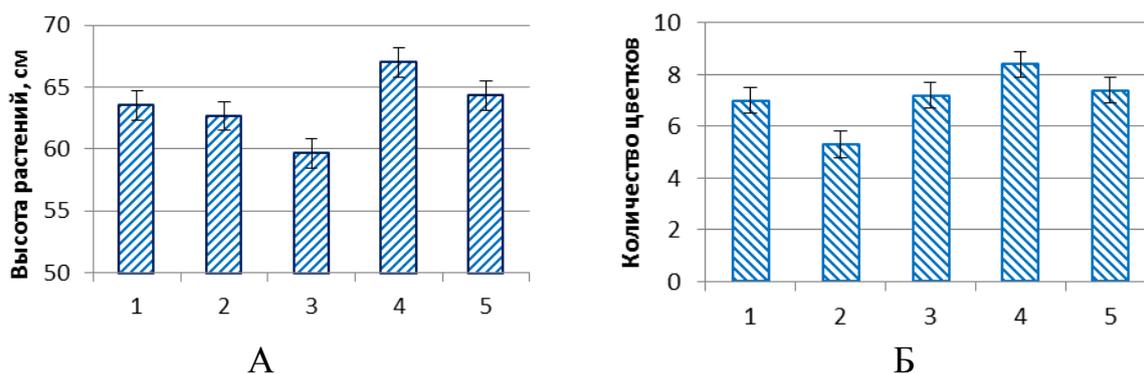


Рис. 3. Влияние ЦБ и препаратов циркон и эпин-экстра на высоту растений (А) и количество цветков (Б), в среднем на одно растение. Варианты опыта: 1 – контроль, 2 – циркон, 3 – эпин-экстра, 4 – *F. muscicola*, 5 – смесь ЦБ

Анализ результатов показывает, что через 1,5 месяца после высадки растений на опытные делянки в 4-м варианте (*F. muscicola*) высота растений наибольшая – 67,3 см, в 5-м варианте (смесь ЦБ) растения чуть ниже –

64,5 см. Наибольшее количество цветков (8,4) у растений в 4-м варианте (*F. muscicola*) (рис. 3Б).

Через 3 месяца после высаживания растений опыт снимали, проводя необходимые измерения у срезанных растений (табл. 3).

Таблица 3

Биометрические показатели лаватеры в конце вегетационного сезона

Вариант	Высота, см*	Кол-во побегов, шт*	Кол-во листьев, шт*	Кол-во цветков, см*	Диаметр цветка, см*
Контроль	100,19±7,91	3,68±0,66	41,15±6,52	12,32±3,28	3,82±0,64
Циркон	102,32±6,88	5,5±0,73	39,33±5,83	12,32±6,43	4,02±0,15
Эпин-экстра	88,77±6,21	3,82±0,47	42,18±10,54	13,57±1,79	4,18±0,26
<i>F. muscicola</i>	85,84±4,18	6,20±0,33	54,85±6,58	17,18±3,01	4,50±0,16
Смесь ЦБ	90,56±4,36	5,57±0,32	53,48±7,44	14,88±4,03	4,29±0,14

Примечание: * – высота, количество побегов, листьев и цветков, диаметр цветка приведено в среднем на 1 растение.

Результаты биометрического анализа показали, что все применяемые препараты по-разному действуют на исследуемые показатели: высоту растений, количество побегов, количество цветков и их диаметр. Препараты циркон и эпин-экстра практически не оказывают влияния на вышеприведенные показатели, однако использование предпосевного замачивания семян в культуре *F. muscicola*, хотя и вызывает снижение высоты растений по сравнению с контролем, тем не менее, оказывает существенное влияние на декоративные свойства лаватеры. Именно в этом варианте наблюдается максимальное количество цветков с наибольшим диаметром.

Литература

1. Шеметова И. С., Лысенко А. Н., Романова Е. С., Шеметов И. И., Овчинникова Н. А. Подбор компонентов для озеленения детских игровых площадок в условиях Предбайкалья // Вестник ИрГСХА. 2015. № 66. С.40–47.
2. Мучаидзе М. Н., Гогиташвили Э. В., Читашвили С. Ш., Таварткиладзе К. Г. Интродукция некоторых видов рода *Lavatera* L. (сем. Malvaceae Juss) в Восточной Грузии // Материалы Междун. конф., посвящ. 85-лет. Центр. Бот. сада НАН Беларуси. Минск, 2017. С. 197–201
3. Трефилова Л. В., Зыкова Ю. Н., Леонова К. А. Влияние биопрепаратов на морфометрические показатели огурца обыкновенного (*Cucumis sativus*) // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Сб. материалов Всерос. науч.-методической конф. с междунар. участием. Т. 1. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2017. С. 204–208.
4. Ковина А. Л., Трефилова Л. В., Домрачева Л. И., Попов Л. Б. Использование цианобактерий при выращивании декоративных культур // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы Международ. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения профессора Э. А. Штиной. Киров: Вятская ГСХА, 2010. С. 163–167.
5. Гайфутдинова А. Р., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В. Перспективы использования *Fisherella muscicola* и азида натрия для подавления развития *Fusarium solani* // Теоретическая и прикладная экология. № 2. 2013. С. 67–75.

6. Гайфутдинова А. Р., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Шестакова М. В., Домрачева Л. И. Изменение морфометрических показателей подсолнечника сорта Медвежонок под влиянием различных препаратов при искусственном инфицировании семян // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Материалы XI Всерос. науч.-практ. конф.-выст. инновационных экологических проектов с международ. участием. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. С. 132–135.

7. Зыкова Ю. Н., Короткова А. В., Трефилова Л. В. Изучение ростстимулирующей активности цианобактерий на декоративной культуре циния изящная (*Zinnia elegans* Jacq.) // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы II Междунар. конф., посвященной 105-летию со дня рождения профессора Э. А. Штиной. Киров: Вятская ГСХА, 2015. С. 156–159.

8. Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Горностаева Е. А., Малыгина О. Н., Новокшонова Н. В. Влияние способов предпосевной обработки семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) на всхожесть и интенсивность образования клубеньков // Теоретическая и прикладная экология. № 3. 2014. С. 67–72.

9. Горностаева Е. А., Домрачева Л. И., Ковина А. Л., Трефилова Л. В. Перспективы биотехнологического использования цианобактерий // Биотехнология – от науки к практике. Матер. Всерос. конф. с междунар. участием. Т. 1. Уфа: Башкирский ГУ, 2014. С. 98–101.

10. Шабалина А. В., Ковина А. Л., Трефилова Л. В. Эффективность использования почвенных цианобактерий при выращивании посадочного материала хвойных пород // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров: ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2017. С. 128–132.

СТРЕПТОМИЦЕТЫ И ЦИАНОБАКТЕРИИ КАК БИОРЕГУЛЯТОРЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ *GEORGINE WILD*.

Д. В. Козылбаева^{1, 4}, Л. И. Домрачева^{1, 4},
Л. В. Трефилова¹, А. Л. Ковина¹, Е. В. Товстик^{1, 2, 3}

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия, dli-alga@mail.ru

² Вятский государственный университет,

³ Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,

⁴ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Среди декоративных растений георгин (*Dahlia* Cav. = *Georgine* Wild.) является одним из главных компонентов при озеленении [1]. Широкое варьирование окраски и формы соцветий, различие по высоте куста и срокам цветения позволяют использовать его в самых разнообразных посадках. Относится к семейству астровых (Asteraceae), порядка астроцветных (Asterales), подкласса астерид (Asteridae) класса двудольных (Magnoliopsida), отдела цветковых (Magnoliophyta) [2]. Родиной георгин является Центральная Америка (Мексика, Гватемала).

В наших условиях георгины распространены в основном в частных садах, в то время как в мировой практике они широко используются для создания рабаток, бордюров, групповых посадок, на клумбах, в букетах, а также как контейнерная культура.

Для выращивания в городах необходимо использовать цветы, наиболее приспособленные к агрессивной городской среде, требующие несложного ухода, но одновременно отличающиеся высокими декоративными характеристиками. Из многообразного видового ассортимента цветов, рекомендуемых для посадок на городских улицах, в парках и скверах, георгины пользуются достаточно стабильным спросом.

Благодаря огромному разнообразию форм, окраски и размеров соцветий они хороши и для вертикального озеленения, и для декоративного оформления участков. Определение декоративности георгин обуславливается комплексом факторов, включающих эстетическое восприятие растений и его хозяйственно-биологические показатели. Размер цветка не имеет решающего значения при оценке декоративности, однако до настоящего времени предпочтение отдавалось сортам с крупными цветками. Большое значение имеет такой декоративный признак, как обилие цветения. Обильно цветущие георгины очень ценны для срезки и особенно для оформительского назначения. Общее состояние растений – показатель, который наряду с декоративными достоинствами учитывает биологическую выравненность сорта, отражающую его приспособленность к окружающим условиям. Параметры, определяющие этот признак, зависят от индивидуальных морфологических особенностей растения и его возраста [3].

Цель данного опыта – оценить биорегуляторное влияние цианобактерий, актиномицетов и их консорциумов на морфометрические показатели роста георгин.

В качестве объекта исследования использовали семена георгина сорта Унвинс идеал Беддинг. Это однолетние махровые, высотой от 30 до 70 см растения. Куст полураскидистый, прямостоячий, с прочными стеблями и ярко-зелеными листьями. Цветки собраны в крупные полумахровые и махровые соцветия-корзинки диаметром до 15 см различной окраски. Посев: в открытый грунт под плёнку в мае или на рассаду в начале апреля. Глубина заделки семян 0,2 см. Пикировка через 4 недели от всходов. Используется для посадки на клумбах, рабатках, в группах и на срезку. Устойчив к неблагоприятным погодным условиям. Период цветения – с июня до заморозков. Предпочитает солнечное, защищенное от ветра место, с хорошей циркуляцией воздуха и рыхлые, плодородные, влажные почвы [4].

Опыт проводился в 2 этапа. В лабораторных условиях перед выращиванием рассады семена георгина обрабатывались культурами различных микроорганизмов: цианобактериями (ЦБ) *Fischerella muscicola* 300; *Nostoc paludosum* 18, *N. linckia* 271, *N. muscorum* 21, *Microchate tenera* 265 из коллекции фототрофных микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии ВГСХА и культурой стрептомицета *Streptomyces wedmorensis* 38.11 из коллекции лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов Зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого.

Варианты опыта: 1) контроль – вода «Ключ здоровья»; 2) *Fischerella*

muscicola; 3) *S. wedmorensis*; 4) *F. muscicola* + *S. wedmorensis*; 5) смесь ЦБ: *Nostoc paludosum* + *N. linckia* + *N. muscorum* + *Microchate tenera*; 5) смесь ЦБ: *N. paludosum* + *N. linckia* + *N. muscorum* + *M. tenera* + *S. wedmorensis*.

ЦБ выращивали на среде Громова № 6 без азота. Предварительно суспензию ЦБ гомогенизировали до однородного состояния в течении 3-х минут на гомогенизаторе (HOMOGENIZER type MPW-302). Титр клеток при внесении на 1 мл составлял *F. muscicola* $(5,05 \pm 0,07) \cdot 10^8$; *N. paludosum* $(4,8 \pm 0,3) \cdot 10^8$ + *N. linckia* $(6,5 \pm 0,38) \cdot 10^8$ + *N. muscorum* $(5,9 \pm 0,9) \cdot 10^8$ + *M. tenera* $(4,8 \pm 0,3) \cdot 10^8$. Семена георгина замачивали в суспензии ЦБ. Споры стрептомицета вносили методом опудривания семян $(4,8 \times 10^4$ КОЕ на 1 семя георгина). В опыте использовали споры 10-ти суточной культуры *S. wedmorensis*, предварительно выращенной на плотной минеральной среде Гаузе 1. В ранних опытах была установлена антагонистическая активность *S. wedmorensis* в отношении грибов рода *Fusarium* [5].

Посев семян в контейнеры проводили 5 апреля 2017 г. Высадка рассады в открытый грунт (дерново-подзолистую среднесуглинистую почву) осуществляли через 2 месяца 7 июня 2017 г. В течение вегетации георгина определяли высоту растений, а также подсчитывали количество соцветий и бутонов на них. Массу выкопанных корневых клубней растения определяли через 5 месяцев после высадки растений в грунт. В это время все еще продолжался период бутонизации и цветения георгина.

При анализе морфометрических показателей надземной части георгин установлено, что по высоте куста в зависимости от варианта предпосевной обработки растения разделены на высокорослые (6 вариант) – более 90 см, среднерослые (3 и 4 варианты) – 85,0–86,3 см и низкорослые (2 и 5 варианты) – менее 67,3 см. Полученные данные свидетельствуют о фитостимулирующем эффекте консорциумов на основе цианобактерий и стрептомицета (табл. 1).

По высоте достоверно отличались от контроля растения в вариантах обработки, в которых присутствовал *S. wedmorensis* (вариант 3, 4, 6). В этих вариантах наблюдалось увеличение высоты растений на 19, 17 и 21%, по сравнению с контролем. На фоне увеличения высоты растений в этих же вариантах отмечали увеличение количества соцветий, за исключением варианта с обработкой *S. wedmorensis*. Вариант однокомпонентной цианобактериальной обработки снижал диаметр цветка георгина, а предпосевная обработка консорциумом на основе ЦБ и стрептомицета, напротив, приводила к его увеличению. На фоне увеличения количества побегов отмечали и трехкратное увеличение количества бутонов, по сравнению с контролем, при обработке смесью ЦБ и стрептомицетом. Проведя сравнительную оценку морфометрических показателей роста георгин в зависимости от инокуляции, можно сказать, что во всех вариантах наблюдались дружное цветение растений, составляющих сорт; выравненность по общему габитусу куста; отсутствовали выпадения растений (рис. 1).

Таблица 1

Влияние микробиологической предпосевной обработки семян георгина на морфометрические показатели растений

Вариант	Высота растения, см	Количество соцветий*, шт	Диаметр соцветий*, см	Количество бутонов*, шт	Количество побегов*, шт
1.Контроль	72,7±7,0	3,0±2,0	19,3±12,5	19,1±7,3	7,1±2,7
2. <i>F. muscicola</i>	64,8±19,5	1,4±0,7	12,3±6,0	19,1±7,6	12,7±12,1
3. <i>S. wedmorensis</i>	86,3±7,7	4,8±1,8	38,8±14,1	21,0±3,7	6,6±1,3
4. <i>F. muscicola</i> + <i>S. wedmorensis</i>	85,0±1,0	8,0±7,0	64,2±53,2	15,0±3,0	8,0±2,0
5.Смесь ЦБ: <i>N. paludosum</i> + <i>N. linckia</i> + <i>N. muscorum</i> + <i>M. tenera</i>	67,3±6,2	2,3±1,1	19,6±8,5	26,3±11,5	10,3±5,1
6. <i>N. paludosum</i> + <i>N. linckia</i> + <i>N. muscorum</i> + <i>M. tenera</i> + <i>S. wedmorensis</i>	91,5±3,5	9,5±0,5	84,7±3,2	58,5±6,5	11,0±3,0

Примечание: * – высота, количество соцветий и диаметр, количество бутонов и побегов приведено в среднем на 1 растение.



Рис. 1. Георгины в фазе полного цветения

Предпосевная обработка оказывала влияние не только на морфометрические показатели надземной части, но и на биометрические показатели корневой системы георгина (табл. 2).

Влияние микробиологической предпосевной обработки семян георгина на биометрические показатели его корнеклубней

Вариант	Количество долей корнеклубня*, шт	Масса*, г
1.Контроль	4,7±1,7	71,8±28,5
2. <i>F. muscicola</i>	3,6±1,6	86,9±24,1
3. <i>S. wedmorensis</i>	4,3±1,0	88,8±38,4
4. <i>F. muscicola</i> + <i>S. wedmorensis</i>	3,5±1,5	54,6±21,6
5. <i>N. paludosum</i> + <i>N. linckia</i> + <i>N. muscorum</i> + <i>M. tenera</i>	10,0±4,0	129,5±72,0
6. <i>N. paludosum</i> + <i>N. linckia</i> + <i>N. muscorum</i> + <i>M. tenera</i> + <i>S. wedmorensis</i>	20,0±5,0	202,3±70,2

Примечание: * – количество долей и масса корнеклубней приведено в среднем на 1 растение.

В первую очередь отмечали увеличение количества долей корнеклубней георгина, а также их массы в вариантах совместной обработки цианобактериями и стрептомицетом (табл. 2, рис. 2).



Рис. 2. Корнеклубни георгина

Таким образом, совместное применение стрептомицетов и цианобактерий при предпосевной обработке оказывает ярко выраженный положительный эффект на морфометрические показатели роста растений и биометрические показатели корнеклубней, заметно продлевает длительность цветения и бутонизации. В связи с этим они могут быть рекомендованы как наиболее предпочтительные биорегуляторы при выращивании георгина однолетнего.

Литература

1. Бондаренко Н., Солдатова Ю., Копырина Е. Георгины в Сибири // Цветоводство. 2012. № 5. С. 27–29.
2. Тахтаджян А. Л. Система магнолиофитов. Л.: Наука, 1987. 439 с.
3. Культура георгин [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://flower-gardens.ru/georginy/kultura-georgin-chast-2.html>.

4. http://botanik.name/catalog/products/semena_paketirovannye/_1006.

5. Товстик Е. В., Широких И. Г., Домрачева Л. И. Оценка совместного действия цианобактерии *Fischerella muscicola* и стрептомицетов на растения в модельном опыте // Теор. и прикл. экол. 2017. №1. С. 83–88.

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО (*LOTUS CORNICULATUS*) НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Д. В. Козылбаева¹, О. Н. Малыгина¹, Л. В. Трефилова¹,
А. Л. Ковина¹, Л. И. Домрачева^{1,2}, Е. В. Товстик^{1,3,4}

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия, dli-lga@mail.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Вятский государственный университет,

⁴ Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого

Важнейшей задачей сельского хозяйства является увеличение производства кормов, улучшение их качества и энергонасыщенности. Основным источником кормового белка для животноводства остаётся растительный корм. В связи с этим важнейшим условием ликвидации дефицита белка и доведения содержания сырого протеина до 13–14%, а обменной энергии до 10–11 МДж на 1 кг сухого вещества является повышение качества кормов [1].

Для стабилизации кормопроизводства и биологизации земледелия необходимо расширение видов кормовых культур, наиболее адаптированных к разнообразным почвенно-климатическим условиям, способных эффективно использовать внешнюю среду за счёт своих биологических возможностей.

Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) – отличное кормовое растение, пригодное для возделывания в полевых и кормовых севооборотах, использования в создании долголетних культурных сенокосов и пастбищ, консервации полей, в агроландшафтном земледелии и подсева в луговые фитоценозы. Для него пригодны самые разнообразные почвы. Он лучше других бобовых трав растёт на слабокислых малоплодородных почвах, устойчив к болезням и вредителям, фиксирует 150–300 кг/га атмосферного азота [2]. Кроме того, его корни рыхлят почву, делая её структуру пористой и защищают поверхность от водной и ветровой эрозий.

Внедрение такого ценного растения в сельскохозяйственное производство во многом зависит от получения стабильных по годам урожаев семян. Сложность семеноводства этой энтомофильной культуры связана с такой биологической особенностью, как растянутость сроков цветения и значительной зависимостью семяобразования от складывающихся в этот период метеорологических условий, которые в подзоне южной тайги подвержены значительным колебаниям [3–7]. Лядвенец рогатый характеризуется растянутыми сроками цветения и созревания, неустойчивой семенной продуктивностью с колебаниями от 0,4 до 6,8 ц/га.

Для того чтобы повысить урожайность лядвенца и увеличить масштабы накопления «биологического» азота в почве, применяют биопрепараты на основе симбиотических азотфиксаторов – *Rhizobium loti*. Кроме того, установлено, что улучшению биологических качеств лядвенца способствует предпосевная инокуляция семян не только клубеньковыми бактериями, но и культурами цианобактерий (ЦБ) [8].

Цель работы – оценить влияние бактериальной инокуляции семян лядвенца рогатого различными видами микроорганизмов на морфометрические показатели его роста и урожайность.

Семена лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) сорта Солнышко для проведения опытов были предоставлены заведующей лабораторией селекции и семеноводства многолетних трав НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого к. с-х. н. М. Н. Грипась.

Сорт лядвенца рогатого Солнышко, с которым проведена работа, выведен в НИИСХ Северо-Востока группой селекционеров под руководством М. И. Тумасовой [9]. Сорт является раннеспелым, сенокосно-пастбищного типа. Период от посева до начала цветения составляет 37–55 дней. Травостой лядвенца можно использовать на корм до 6–9 лет.

Штамм клубеньковых бактерий *Rhizobium loti* Jarvis et al. 1801, которым проводили инокуляцию семян лядвенца, является высоковирулентным и активным. Штамм получен из коллекции микроорганизмов ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Пушкин, Санкт-Петербург).

Азотфиксирующая ЦБ *Fischerella muscicola* (Thur.) Gom. 300 поддерживается в альгологически чистом виде в коллекции фототрофных микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии ВятГСХА. Этот штамм был выделен А. Л. Ковиной из дерново-подзолистой почвы Оричевского района Кировской области. Видовую идентификацию провела д. б. н., профессор кафедры экологии ВГУ Л. В. Кондакова, которая отметила, что этот вид впервые зарегистрирован в Кировской области, несмотря на чрезвычайно высокую степень изученности почвенной альгофлоры данного региона. Культивирование фишереллы показало, что по сравнению с другими видами азотфиксирующих ЦБ, имеющихся в коллекции кафедры и используемых в биотехнологических целях, она имеет более высокую степень нарастания биомассы с длительным нахождением в активном состоянии. Проведённые тестовые испытания *F. muscicola* на культурах фитопатогенных грибов рода *Fusarium* выявили высокую степень её антагонистической активности [10].

Культура *Streptomyces hygroscopicus* A4 получена из коллекции лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов Зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого (зав. лабораторией д. б. н. И. Г. Широких). По литературным данным, данный вид стрептомицета образует широкий спектр антибиотиков: антрацидин А, аскомицин, дианемицин, деоксипентулоза, хлоробиоцин, септамицин, тилозин, трихостатин и др. [11]. В предшествующих поле-

вых опытах было показано, что опрыскивание посевов пшеницы биопрепаратом на основе *S. hygroscopicus* A4 приводит к достоверному уменьшению степени поражения растений листовой ржавчиной [11].

Поскольку семена лядвенца имеют твёрдую оболочку, то практикуют различные приёмы её повреждения. В данном опыте проводили механическую скарификацию семян с использованием наждачной бумаги.

Инокуляцию механически скарифицированных семян полезной микрофлорой проводили путём выдерживания их в течение суток в суспензиях ризобиума с титром $3,8 \times 10^9$ кл./мл, фишереллы с титром $(2,7 \pm 0,32) \times 10^7$ кл./мл, стрептомицета в культуральной жидкости и в их смесях.

Варианты опыта: 1) контроль – вода «Ключ здоровья»; 2) сапротрофная бактерия *Rhizobium loti*; 3) ЦБ *Fischerella muscicola* 300; 4) *Streptomyces hygroscopicus* A4; 5) *F. muscicola* + *S. hygroscopicus*; 6) *Rh. loti* + *F. muscicola*; 7) *Rh. loti* + *S. hygroscopicus*; 8) *Rh. loti* + *F. muscicola* + *S. hygroscopicus*.

Опыт проводился на полях Зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого. В полевом опыте посев семян проводился на микроделянки площадью 1 м^2 в 3-х кратной повторности 29 июня 2017 г. Прореживание посевов, определение количества образовавшихся клубеньков на корнях, степени нодуляции и ксеромассы надземной части растений проведено через 2,5 месяца.

В лабораторных условиях проводились измерения следующих показателей: высота растений, длина корня, подсчёт количества соцветий, плодов, побегов, листьев и клубеньков на корнях.

Наблюдения, проведенные в конце вегетационного сезона, показали, что высота растений несколько превышает контрольное значение только при предпосевной бактериальной обработке семян биопрепаратом на основе фишереллы, стрептомицета и двойных ассоциаций (табл. 1). В то время, как обработка монокультурой ризобиума и тройной микробной смесью практически не оказали влияния на высоту растений по сравнению с контрольным вариантом.

Одним из косвенных показателей интенсивности фотосинтеза является количество и площадь листьев. В данном опыте максимальное количество листьев обнаружено в вариантах с предпосевной инокуляцией семян суспензией *Rhizobium* и при совместной обработке семян фишереллой и стрептомицетом. Максимальный показатель (90 листьев на 1 растение) зарегистрирован варианте *Rh. loti* + *S. hygroscopicus*. Полученный результат согласуется с максимальным количеством побегов (14 шт. на 1 растение) в этом варианте.

Анализ состояния генеративных органов соцветий и плодов показывает, что некоторые варианты стимулируют протяженность процесса цветения. Это отражается в количестве соцветий на одно растение в таких вариантах, как *Rh. loti*, двойная (*Rh. loti* + *F. muscicola*) и тройная (*Rh. loti* + *F. muscicola* + *S. hygroscopicus*) смесь. В варианте *Rh. loti* + *F. muscicola* количество соцветий составило вдвое большее количество, чем в контрольном варианте. Этот же вариант *Rh. loti* + *F. muscicola* характеризуется максимальным количеством плодов (17 шт. против 9 шт. в контроле). Таким образом, анализ состо-

яния органов надземной части показывает, что по совокупности всех фиксируемых признаков (высота растений, количество соцветий и плодов, количество листьев и побегов) оптимальным вариантом предпосевной обработки можно признать вариант с предпосевной обработкой семян *Rh. loti* + *F. muscicola*, *Rh. loti* + *S. hygrosopicus*.

Таблица 1

Влияние бактериальной инокуляции семян лядвенца рогатого на морфометрические показатели надземной части

Вариант	Высота растений, см	Количество побегов*	Количество листьев*	Количество соцветий*	Количество плодов*
1. Контроль	27,39±6,73	8,14	54,19	2,16	9,27
2. <i>Rhizobium loti</i>	27,14±8,48	8,81	76,69	3,73	9,08
3. <i>Fischerella muscicola</i>	30,89±6,85	6,39	52,75	2,89	5,86
4. <i>Streptomyces hygrosopicus</i>	30,96±3,54	12,38	69,21	0,54	9,71
5. <i>F. muscicola</i> + <i>S. hygrosopicus</i>	31,40±6,56	12,08	75,84	1,00	7,68
6. <i>Rh. loti</i> + <i>F. muscicola</i>	30,96±5,36	12,14	69,48	4,19	17,10
7. <i>Rh. loti</i> + <i>S. hygrosopicus</i>	30,75±5,17	14,32	90,50	1,82	11,64
8. <i>Rh. loti</i> + <i>F. muscicola</i> + <i>S. hygrosopicus</i>	28,54±8,89	10,10	60,17	3,24	9,17

Примечание: * – количество соцветий и плодов приведено в среднем на 1 растение.

Анализ состояния корневой системы показывает, что предпосевная инокуляция семян практически не влияет на длину корня. Однако степень нодуляции существенно различается в разных вариантах (табл. 2). Минимальное число клубеньков обнаружено на корнях в контрольном варианте. Во всех других число клубеньков существенно выше, при этом почти в 2 раза в варианте с бинарной обработкой *Rh. loti* + *S. hygrosopicus*.

Наиболее объективно можно судить об оптимальном подборе микробов-инокулянтов по урожайным данным лядвенца рогатого. Как правило, для лядвенца рогатого урожай определяют во 2-й год пользования. По предварительным данным, установлено, что повышение урожая наблюдается при следующих вариантах предпосевной обработки: *S. hygrosopicus*, *Rh. loti* + *S. hygrosopicus*, *Rh. loti* + *F. muscicola* + *S. hygrosopicus*. При этом максимальный показатель ксеромассы совпадает с максимальным уровнем нодуляции (*Rh. loti* + *S. hygrosopicus*) (табл. 3).

Таблица 2

**Влияние бактериальной инокуляции семян лядвенца рогатого
на развитие корневой системы растений**

Вариант	Длина корня, см	Количество клубеньков, шт./1 растение	Количество растений с клубеньками, %
1. Контроль	17,84±4,27	29,57	100,0
2. <i>Rhizobium loti</i>	15,93±2,80	39,23	132,7
3. <i>Fischerella muscicola</i>	15,98±2,45	36,04	121,9
4. <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	16,52±2,89	35,79	121,0
5. <i>F. muscicola</i> + <i>S. hygroscopicus</i>	17,64±3,31	42,04	142,2
6. <i>Rh. loti</i> + <i>F. muscicola</i>	16,22±2,62	39,10	132,2
7. <i>Rh. loti</i> + <i>S. hygroscopicus</i>	18,59±3,90	56,68	191,7
8. <i>Rh. loti</i> + <i>F. muscicola</i> + <i>S. hygroscopicus</i>	18,02±3,03	37,97	128,4

Таблица 3

Влияние инокуляции семян лядвенца рогатого на урожай

Вариант	Ксеромасса надземной части, г/м ²	Процент к контролю
1. Контроль	2,9	100
2. <i>Rhizobium loti</i>	2,9	100
3. <i>Fischerella muscicola</i>	2,6	89,6
4. <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	3,1	106,9
5. <i>F. muscicola</i> + <i>S. hygroscopicus</i>	2,7	93,1
6. <i>Rh. loti</i> + <i>F. muscicola</i>	2,9	100
7. <i>Rh. loti</i> + <i>S. hygroscopicus</i>	3,2	110,3
8. <i>Rh. loti</i> + <i>F. muscicola</i> + <i>S. hygroscopicus</i>	3,1	106,9

Таким образом, определение различных показателей состояния лядвенца рогатого в 1-й год пользования после бактериальной инокуляции семян показывает, что различные виды микроорганизмов и микробные сочетания по-разному влияют на состояние подземной и надземной части растений.

Литература

1. Денисов Е. П., Марс А. М., Шагиев Б. З., Коломиец О. И. Оценка новых кормовых многолетних культур в сравнении с традиционными травами // Нива Поволжья. 2010. № 4. С. 7–12.
2. Образцов В. Н., Щедрина Д. И. Технологические приёмы возделывания лядвенца рогатого на семена // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2010. № 4. С. 28–31.
3. Родионов В. А. Агротехника семеноводства лядвенца рогатого // Семеноводство кормовых культур: Сб. науч. статей. М., 1967. С. 66–72.
4. Люшинский В. В. Лядвенец рогатый в кормопроизводстве // Кормопроизводство. 1984. № 12. С. 34–36.
5. Мухина Н. А., Бухтеева А. В., Пивоварова Н. С. Кормовые культуры Сибири. М.: Россельхозиздат, 1986. С. 15.

6. Золотарев В. Н., Михайличенко Е. К. Плотность агрофитоценоза – фактор регулирования семенной продуктивности лядвенца // Доклады РАСХН. 1999. № 5. С. 1113.
7. Тумасова М. И., Грипась М. Н., Устюжанин И. А. Технология возделывания лядвенца рогатого на корм и семена. Киров, 2004. 48 с.
8. Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Горностаева Е. А., Малыгина О. Н., Новокшонова Н. В. Влияние способов предпосевной обработки семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) на всхожесть и интенсивность образования клубеньков // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 67–72.
9. Тумасова М. И., Грипась М. Н. Новый сорт лядвенца рогатого Солнышко // Материалы науч.-практ. конф. (8–9 июля 1999 г.). Киров, 1999. С. 69–74.
10. Гайфутдинова А. Р., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В. Перспективы использования *Fischerella muscicola* и азида натрия для подавления развития *Fusarium solani* // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 2. С. 124–128.
11. Широких И. Г., Козлова Л. М., Широких А. А., Попова Ф. А., Товстик Е. В. Влияние способа обработки почвы и биопрепаратов на комплексы микромицетов в ризосфере и ризоплане яровой пшеницы // Почвоведение. 2017. № 7. С. 837–843.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ СВИНЦА(II) МИЦЕЛИЕМ ГРИБА *FUSARIUM CULMORUM* ИЗ РАСТВОРА НИТРАТА СВИНЦА(II)

С. Г. Скугорева^{1, 2, 3}, Л. И. Домрачева^{1, 2}

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Вятский государственный университет,

skugoreva@mail.ru

Тяжелые металлы (ТМ) являются одними из приоритетных загрязнителей окружающей среды. Попадая в почву, ТМ накапливаются в ней, поступая в избыточных концентрациях в кормовые и сельскохозяйственные культуры, а затем и в организм животных и человека. В связи с этим разработка методов и приемов, направленных на уменьшение загрязнения почвы ТМ, является достаточно актуальной задачей. Однако, несмотря на важность данной задачи, надежных и эффективных методов очистки почв от ТМ на сегодняшний момент не существует.

Известно, что многие микроскопические грибы обладают способностью к закреплению внутри и на поверхности мицелия ТМ, извлекаемых из окружающей среды [1, 2]. Наиболее перспективными сорбентами ТМ могут быть грибы р. *Fusarium*. Устойчивость фузариев к ТМ доказывается постоянным выделением грибов этого рода из загрязненных почв [3, 4].

Цель данной работы – изучить уровень сорбции ионов свинца(II) мицелием гриба *Fusarium culmorum* из раствора нитрата свинца(II).

Для этого решались следующие задачи: 1) выделение природных изолятов *F. culmorum* из загрязненных свинцом почв; 2) создание устойчивого к свинцу штамма гриба *F. culmorum*; 3) наращивание биомассы мицелия гриба для проведения модельного опыта; 4) проведение модельного опыта для

определения уровня сорбции ионов свинца(II) мицелием *F. culmorum* из раствора нитрата свинца(II) с концентрацией 10^{-4} моль/л.

Из проб урбаноземов г. Владикавказа (рис. 1), загрязненных ТМ (превышение ПДК подвижных форм цинка, свинца и меди составило до 260, 310 и 51 раза на участке 5), в чистую культуру были выделены штаммы гриба *F. culmorum*.

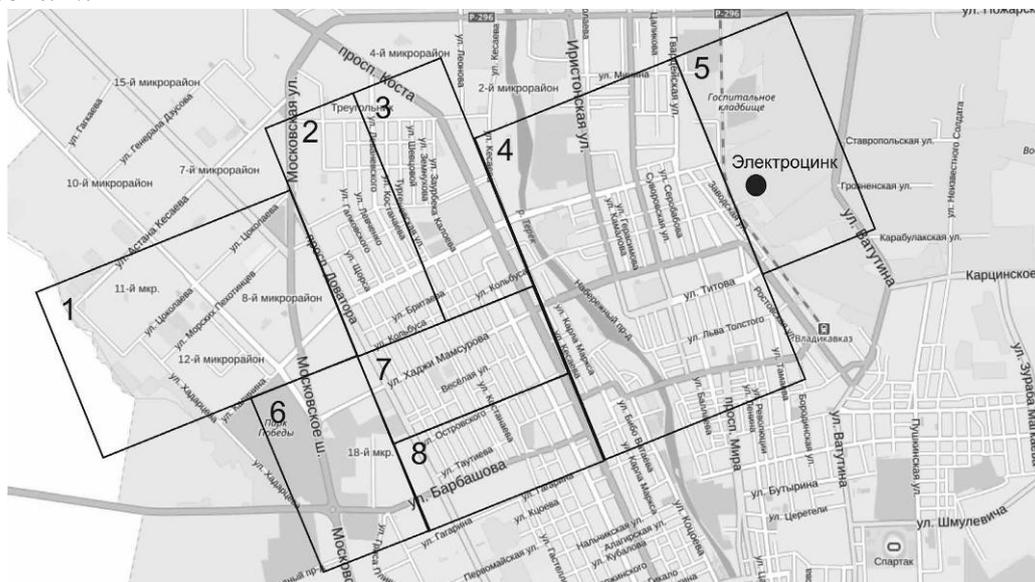


Рис. 1. Карта-схема отбора проб почвы в г. Владикавказ

Для получения устойчивого к свинцу штамма гриба производили его посев на агаризованную питательную среду Чапека с добавкой ацетата свинца в количестве 10 ПДК ионов свинца для подвижных форм. Затем производили пересев выделенного штамма на жидкую среду Чапека, в которой заменяли хлорид калия на эквивалентное количество нитрата калия, чтобы в дальнейшем в опытах по сорбции ионов свинца грибом не образовывался осадок хлорида свинца. Пересев производили в конические колбы, затем в течение 3 недель наращивали массу мицелия гриба и проводили модельный эксперимент.

Непосредственно перед проведением опыта мицелий гриба *F. culmorum* извлекали из питательной среды, тщательно отмывали дистиллированной водой от среды, оставляли в дистиллированной воде на 30 мин. Затем делали высечки мицелия сверлом с диаметром отверстия 1 см, взвешивали сырую биомассу.

Высечки мицелия опускали в стаканы с 50 мл раствора нитрата свинца(II) концентрацией 10^{-4} моль/л. Экспозицию мицелия на растворе нитрата свинца(II) проводили в течение 1, 2, 3, 4 и 5 сут. Повторность опыта трехкратная. По истечении времени извлекали высечки мицелия, раствор нитрата свинца консервировали для химического анализа. Мицелий гриба высушивали при температуре $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, измеряли сухую биомассу.

Затем производили озоление проб мицелия гриба при температуре $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ в муфельной печи в течение 10 часов. Готовили вытяжку из золы для анализа методом инверсионной вольтамперометрии [4]. Содержание нитрат-

ионов и ионов свинца(II) определяли методом ионной хроматографии и инверсионной вольтамперометрии [5] соответственно.

После экспозиции мицелия *F. culmorum* на растворе нитрата свинца(II) определяли остаточную концентрацию нитрат-ионов и ионов свинца(II) в растворе (рис. 2). Из рисунка видно, что концентрация нитрат-ионов в растворе через 1 сут экспозиции не изменялась, через 2–4 сут снижалась на 20–23%, через 5 сут – уменьшалось на 32% по сравнению с первоначальной концентрацией (12,4 мг/л). Снижение концентрации нитрат-ионов в растворе обусловлено тем, что они содержат необходимый элемент питания азот и потребляются грибом в процессе роста и развития.

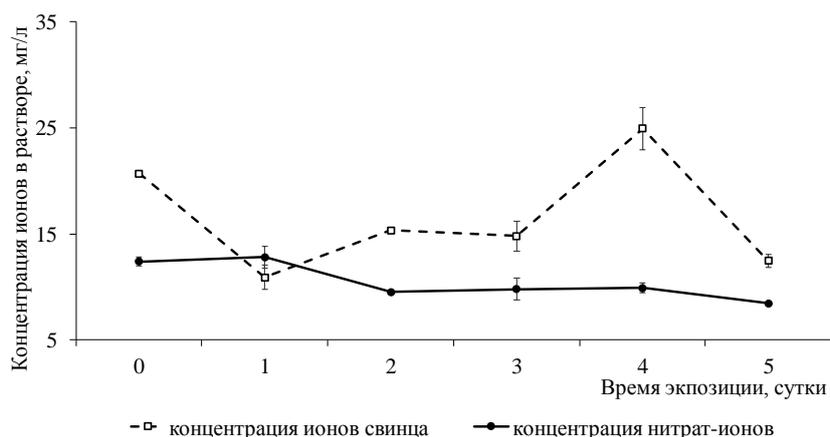


Рис. 2. Концентрация ионов свинца(II) и нитрат-ионов в растворе

В то же время, уже через 1 сут экспозиции происходит более существенное, по сравнению с нитрат-ионами, снижение в растворе концентрации ионов свинца(II): в 1,9 раза по сравнению с их исходной концентрацией (20,7 мг/л). Через 2–3 сут концентрация Pb^{2+} несколько возрастала по сравнению с 1 сут экспозиции, но все же была ниже исходной на 25–28%. Однако, через 4 сут отмечали рост концентрации ионов свинца(II) до исходного значения. Через 5 сут содержание Pb^{2+} было сопоставимо с концентрацией через 1 сут экспозиции, оно было ниже начальной значения в 1,7 раза.

Далее рассчитывали баланс между содержанием ионов свинца(II) в растворе и их содержанием в мицелии гриба *Fusarium culmorum* (рис. 3). Из представленных на диаграмме данных видно, что через 1 сут экспозиции гриба на растворе нитрата свинца(II) содержание в растворе Pb^{2+} снижается на 39 масс. % за счет его накопления в мицелии гриба. Дальнейшая экспозиция гриба на растворе токсиканта приводит к тому, что снижение содержания ионов свинца в растворе за счет сорбции грибом становится не столь существенно и составляет 6–12%.

Используя данные по биомассе гриба и содержанию ионов свинца(II) в мицелии в различные сроки экспозиции, рассчитана сорбция Pb^{2+} (содержание, мг/г массы) (рис. 4). Через 1 сут экспозиции сорбция свинца была максимальна и составила 23,2 мг/г сухой массы мицелия. Через 2–5 сут экспозиции отмечали резкое снижение сорбции ионов свинца(II) в 4,2–6 раз по сравнению

с 1 сут. При сопоставлении полученных данных с данными по сорбции ионов свинца(II) макромицетами, в частности грибом *Trametes versicolor* (через 7 сут экспозиции на питательной среде – 6,6 мг/г сухой массы) [6], можно отметить более высокий уровень сорбции мицелием *F. culmorum* (23,2 мг/г сухой массы).

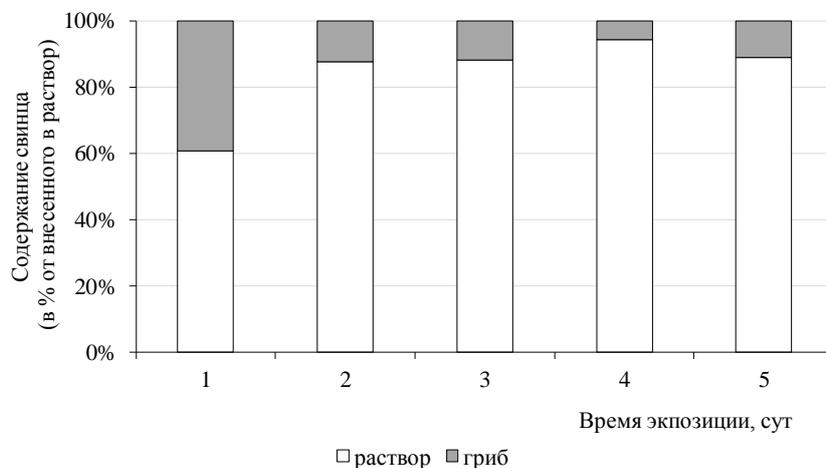


Рис. 3. Содержание свинца в растворе и в мицелии гриба (в % от исходного в растворе)

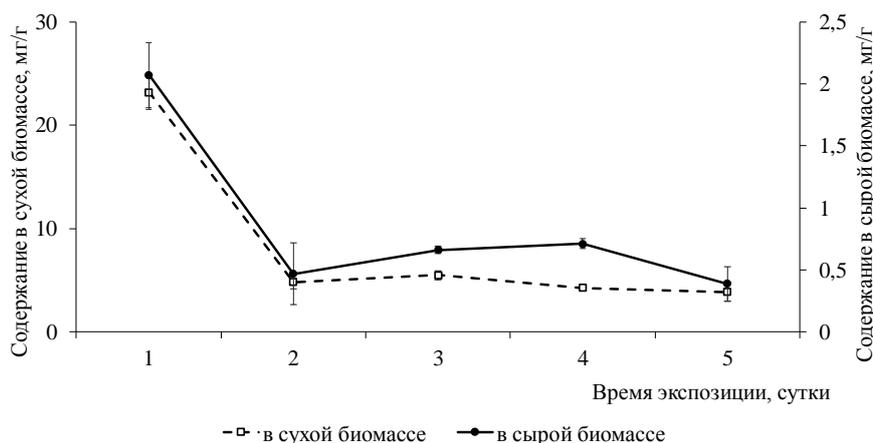


Рис. 4. Содержание свинца в сырой и сухой биомассе мицелия гриба при различном времени инкубации на растворе нитрата свинца(II)

Таким образом, через 1 сут экспозиции мицелия гриба *F. culmorum* на растворе нитрата свинца(II) с концентрацией 10^{-4} моль/л происходило снижение концентрации Pb^{2+} в растворе и накопление элемента в мицелии. Расчёт сорбции ионов свинца(II) показал, что её максимум приходится на 1 сут экспозиции (23,2 мг/г сухой массы). Дальнейшая экспозиция мицелия гриба *F. culmorum* на растворе нитрата свинца(II) приводила к снижению уровня сорбции Pb^{2+} в 4,2–6 раз.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.

Литература

1. White C., Sayer J., Gadd G. Microbial solubilization and immobilization of toxic metals: key biogeochemical processes for treatment of contamination // *Fems Microbiology Reviews*. 1997. V. 20. P. 503–516.
2. Фокина А. И., Злобин С. С., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В. Свойства некоторых видов грибов р. *Fusarium* – основа для создания биосорбента тяжёлых металлов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012. № 2 (88). С. 49–52.
3. Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.
4. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. М.: Стандартиформ, 2010. 12 с.
5. Сборник методик выполнения измерений массовой концентрации ионов меди, свинца, кадмия, цинка, висмута, марганца, никеля и кобальта, методом вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе «Экотест-ВА». М.: НПП ООО «Эконикс-Эксперт», 2004. 61 с.
6. Широких А. А., Попыванов Д. В., Широких И. Г. Биосорбция Pb(II), Zn(II) и Cu(II) из водных растворов мицелием *Trametes versicolor* // *Теоретическая и прикладная экология*. 2017. № 2. С. 98–105.

КИНЕТИКА СОРБЦИИ ИОНОВ СВИНЦА(II) МИЦЕЛИЕМ *FUSARIUM CULMORUM*

С. Г. Скугорева^{1,2,3}, Г. Я. Кантор^{2,3}, Л. И. Домрачева^{1,2}
¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
³ Вятский государственный университет,
skugoreva@mail.ru, grigory_kantor@mail.ru

В научной литературе имеются немало сведений по сорбции ионов тяжелых металлов (ТМ) мицелием микроскопических грибов. Так, показано, что степень извлечения ионов меди(II) и никеля(II) мицелием *Fusarium* sp. из растворов, содержащих 20 мг/л сульфатов металлов, через сутки экспозиции составляла 58,8 и 35,5% [1]. Установлено, что биосорбция ионов свинца(II) и меди(II) мицелием гриба *Fusarium solani* была быстрой в течение первых 30 мин, а затем протекала с меньшей скоростью [2]. Мицелий *Ruspororus sanguineus* наиболее активно сорбировал ионы меди(II) из раствора нитрата меди(II) (50 мг/л) в первые 50 мин эксперимента [3]. В исследованиях сорбции урана *Fusarium* sp. #ZZF51 установлено, что уже через 10 мин эксперимента степень удаления урана(VI) из раствора (50 мг/л) и составляла 35% [4]. Хотя многие авторы и отмечают, что сорбция ионов ТМ мицелием грибов протекает быстро, в течение нескольких минут, однако используемые в работах методы (атомно-абсорбционный, вольтамперометрический) не позволяют детально, в режиме реального времени прописать кинетическую кривую сорбции в первые минуты эксперимента.

Цель данной работы – изучение кинетики сорбции ионов свинца(II) мицелием гриба *Fusarium culmorum* из раствора нитрата свинца(II) с секундным разрешением по времени.

Эксперимент проводился со штаммом гриба *Fusarium culmorum*, выделенным в чистую культуру из проб урбаноземов г. Владикавказ. Для получения устойчивого к свинцу штамма производили посев гриба на агаризованную питательную среду Чапека с добавкой ацетата свинца в количестве 10 ПДК ионов свинца для подвижных форм. Затем производили пересев выделенного штамма на жидкую среду Чапека. Массу мицелия гриба наращивали в течение 3 недель, а затем проводили модельный эксперимент.

Перед проведением опыта мицелий гриба извлекали из питательной среды, тщательно отмывали дистиллированной водой от среды, оставляли в дистиллированной воде на 30 мин. Затем высушивали в термостате при температуре 60 °С до постоянной массы. Часть мицелия прокаливали в течение 15 мин при температуре 105 °С.

Измерение содержания ионов свинца(II) проводили потенциометрическим методом на иономере «Эксперт-001», подключенном к персональному компьютеру, с ионоселективным электродом, чувствительным к концентрации иона Pb^{2+} в водном растворе. Все опыты проводили с использованием магнитной мешалки. Перед работой электрод калибровали, используя растворы нитрата свинца с концентрациями 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} и 10^{-6} моль/л. Крутизна электродной характеристики составляла 26,32–26,37 мВ/ед. рХ при коэффициенте линейной корреляции 0,9994.

В стакан объемом 100 мл наливали 50 мл раствора нитрата свинца(II), погружали в раствор магнит, ионоселективный электрод и двухключевой электрод сравнения, включали мешалку. Затем запускали программу приема данных с иономера «Эксперт-001» с периодом опроса 0,6 с. Пробы мицелия взвешивали на аналитических весах с точностью 0,0001 г. Затем пробы быстро вносили в стакан с раствором нитрата свинца(II) и записывали кривую сорбции в режиме реального времени. Длительность эксперимента составляла 1,5 часа.

После записи кинетики сорбции производили озоление проб мицелия гриба при температуре 450 °С в муфельной печи в течение 10 часов [5]. Затем готовили вытяжку из золы для анализа методом инверсионной вольтамперометрии [6].

Результаты измерений сорбции свинца на пяти образцах мицелия в пересчете на молярную концентрацию ионов Pb^{2+} в растворе приведены на рисунке 1. В ходе опытов установлено, что наиболее активно процесс сорбции шел в первые минуты эксперимента (20 мин), причем наиболее интенсивно в первую мин, затем скорость сорбции постепенно уменьшалась.

Большей сорбционной способностью отличался сухой мицелий гриба по сравнению с прокаленным. Так, в первые 1000 с при экспозиции сухого мицелия 1 концентрация ионов свинца(II) с $5 \cdot 10^{-4}$ М уменьшилась до $1,59 \cdot 10^{-4}$ М (в 3,14 раза), при экспозиции прокаленного мицелия 1 – до $3,5 \cdot 10^{-4}$ М (в 1,42 раза).

Для сухого мицелия были характерны изменения в уровне сорбции: «свежеподсушенный» мицелий (сухой мицелий 1) отличался большей интен-

сивностью сорбции, чем этот же мицелий через 7 и 8 дней (сухой мицелий 2 и 3 соответственно). Так, в первые 1000 с при экспозиции сухого мицелия 1 концентрация ионов свинца(II) уменьшилась в 3,1 раза, при экспозиции сухого мицелия 2,0–2,3 раза.

При анализе содержания свинца в мицелии гриба *F. culmorum* методом инверсионного вольтамперометрического анализа установлено, что за 20 мин сорбция сухим и прокаленным мицелием составила 14,0 и 5,9 мг/г сухой массы, т. е. различие составило 2,4 раза, что согласуется с данными, полученными потенциометрическим методом (2,2 раза).

Таким образом, наиболее активно процесс сорбции ионов свинца мицелием *F. culmorum* шел в первые минуты эксперимента, затем скорость сорбции постепенно уменьшалась. В 2,2 раза большей сорбционной способностью отличался сухой мицелий гриба по сравнению с прокаленным. Для сухого мицелия были характерны изменения в уровне сорбции: «свежеподсушенный» мицелий отличался большей в 1,4 раза сорбцией, чем этот же мицелий через неделю.

Оптимальными условиями для сорбции ионов свинца(II) являются использование «свежеподсушенного» сухого мицелия гриба при интенсивном перемешивании взвеси мицелия в растворе, содержащем ионы свинца.

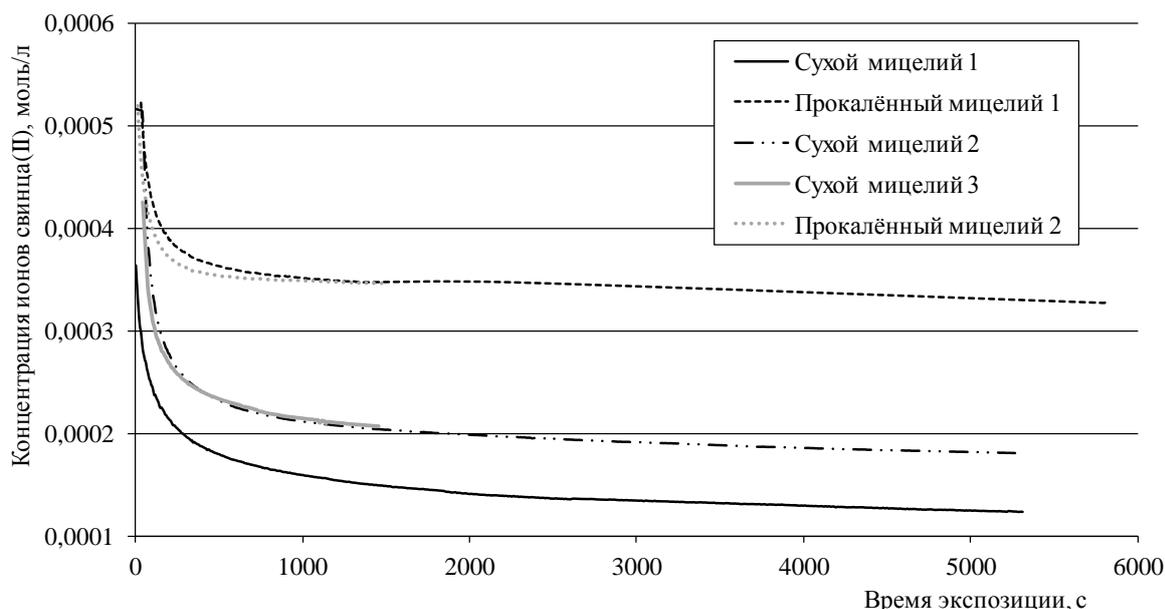


Рис. 1. Кинетика сорбции ионов свинца мицелием *F. culmorum* из раствора нитрата свинца(II) с концентрацией $5 \cdot 10^{-4}$ М

Полученные нами экспериментальные данные по кинетике сорбции ионов свинца мицелием фузариума находятся в хорошем соответствии с теоретической моделью сорбции псевдо-второго порядка [7, 8] (рис. 2):

$$m(t) = \frac{t}{\frac{1}{k_2 \cdot m_e^2} + \frac{t}{m_e}},$$

где $m(t)$ – масса металла, сорбированного за время t от начала процесса; m_e – равновесное (предельное) значение сорбированной массы, k_2 – константа скорости сорбции в модели псевдо-второго порядка.

Однако сравнительно низкое значение коэффициента детерминации $R^2 = 0,978$ при практическом отсутствии случайной погрешности измерения электродного потенциала говорит о наличии систематического отклонения данных эксперимента от теоретической модели (рис. 3).

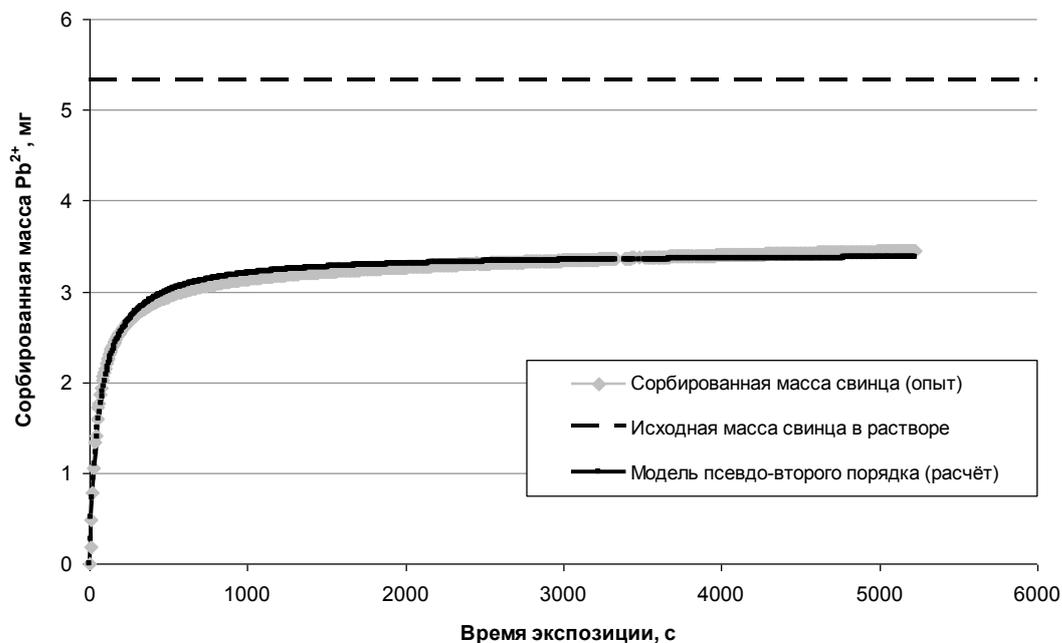


Рис. 2. Сравнение экспериментальных данных с результатами расчета по модели сорбции псевдо-второго порядка (образец «Сухой мицелий 1»)

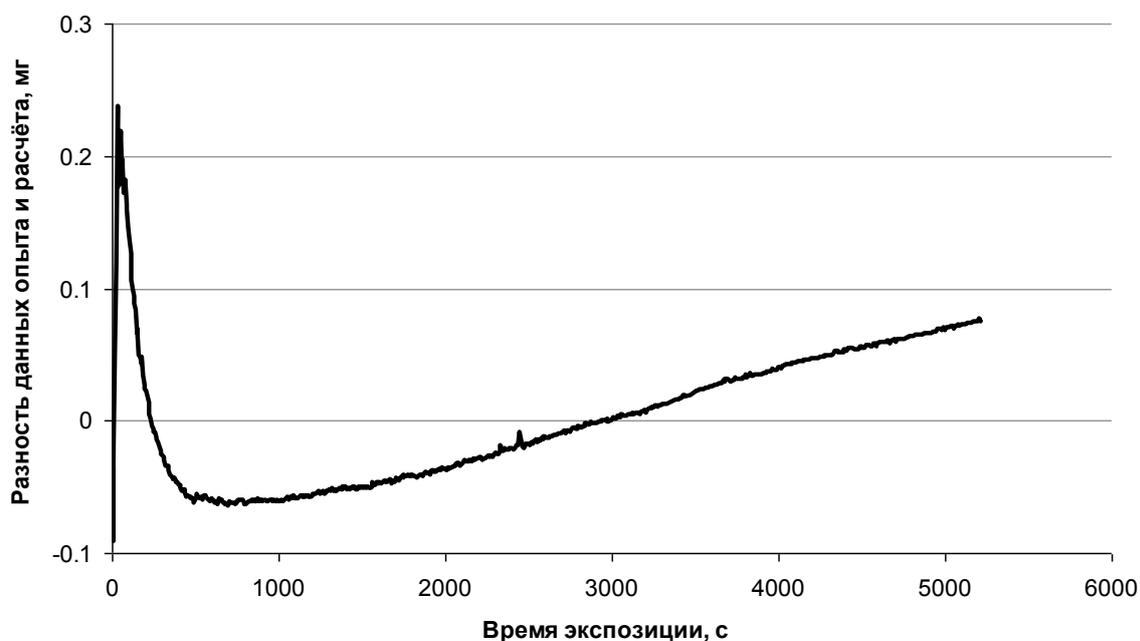


Рис. 3. Систематическое отклонение экспериментальных данных от расчета по модели сорбции псевдо-второго порядка

Очевидно, что принятая модель биосорбции ТМ нуждается в некотором уточнении за счет учета дополнительных физических, химических или биохимических процессов, характер и количественные параметры которых предстоит установить в ходе последующих исследований.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.

Литература

1. Фокина А. И., Злобин С. С., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В. Свойства некоторых видов грибов р. *Fusarium* – основа для создания биосорбента тяжелых металлов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 2 (88). С. 49–52.
2. Bhatti H. N., Samina G., Hanifa M. A. Enhanced removal of Cu(II) and Pb(II) from aqueous solutions by pretreated biomass of *Fusarium solani* // Journal of the Chinese Chemical Society. 2008. V. 55. P. 1235–1242.
3. Yahaya Yu. A., Mat Don M., Bhatia S. Biosorption of copper (II) onto immobilized cells of *Pycnoporus sanguineus* from aqueous solution: Equilibrium and kinetic studies // Journal of Hazardous Materials. 2009. V. 161. P. 189–195.
4. Yang H. B., Tan N., WU F. J., Liu H. J., Sun M., She Z. G., Lin Y. C. Biosorption of uranium(VI) by a mangrove endophytic fungus *Fusarium* sp. #ZZF51 from the South China Sea // J. Radioanal Nucl Chem. 2012. V. 292. P. 1011–1016.
5. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. М.: Стандартиформ, 2010. 12 с.
6. Сборник методик выполнения измерений массовой концентрации ионов меди, свинца, кадмия, цинка, висмута, марганца, никеля и кобальта, методом вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе «Экотест-ВА». М.: НПП ООО «Эконикс-Эксперт», 2004. 61 с.
7. Неудачина Л.К., Петрова Ю.С., Засухин А.С., Осипова В.А., Горбунова Е.М., Ларина Т.Ю. Кинетика сорбции ионов тяжелых металлов пиридилэтилированным аминокпропилполисилоксаном // Аналитика и контроль. 2011. Т. 15. № 1. С. 87–95.
8. Ho Y.S., Ng J.C.Y., McKay G. Kinetics of pollutant sorption by biosorbents: review // Separ. Purif. Methods. 2000. V. 29. № 2. P. 189–232.

СЕКЦИЯ ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

ПОЧВЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ. АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Т. А. Мусихина, С. А. Казиевков
Вятский государственный университет, usr04011@vyatsu.ru

Качество почв, как правило, исследуется в пяти аспектах: 1) изучается определенный загрязненный локальный участок территории; 2) для сравнительной оценки общего уровня экологического неблагополучия территорий (эколого-геохимические съемки); 3) как часть экологического мониторинга в местах проживания населения (гигиеническая оценка почвы проводится с целью определения ее качества и степени безопасности для человека, а также разработки мероприятий и рекомендаций по снижению загрязнений); 4) как часть комплексного мониторинга и агрохимического обследования земель сельскохозяйственного назначения; 5) в виде экологического контроля качества почв на строй- и промплощадках.

Единые системные требования к мониторингу почв на различных территориях в настоящее время не определены. Относительно экологического контроля качества почв на промплощадках следует отметить, что в 2014 г. в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» были введены требования о производственном экологическом контроле, где установлена обязанность юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих хозяйственную деятельность на объектах I, II и III категорий (оказывающих, соответственно, значительное, умеренное и незначительное негативное воздействие на окружающую среду), разработать и утвердить специальную программу производственного экологического контроля. При этом отдельных положений о контроле качества почв на территории промышленных объектов законодательно закреплено не было. Лишь в марте 2017 г. были разработаны и утверждены требования к содержанию производственного экологического контроля, где отдельным пунктом содержатся положения по наблюдению за использованием и охраной земель с учетом категории объекта; юридических прав на земельные участки; используемых в производстве технологий; видов негативного воздействия на окружающую среду, а также экспозиции источников загрязнения. Однако в юридическую силу документ так и не вступил, поскольку был возвращен на доработку Письмом Министерства юстиции Российской Федерации от 8 июня 2017 года № 01/68481-ЮЛ «О возврате без государственной регистрации приказа Минприроды Рос-

сии от 16 марта 2017 года № 92» «Об утверждении требований к содержанию экологического контроля, порядка и сроков предоставления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля».

На основании вышеизложенного можно заключить, что до настоящего времени отсутствуют специальные отдельные нормативные акты, регламентирующие контроль качества почв на наиболее загрязненных территориях промышленных площадок.

Анализ действующих законодательных и нормативно-правовых документов показал, что в сложившихся условиях возможно руководствоваться нормами следующих действующих федеральных законов и нормативных документов, которые содержат положения о проведении контроля качества почв:

1) Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 №136-ФЗ. Глава II «Охрана земель», статья 13 «Содержание охраны земель» гласит: «В целях охраны земель собственники земельных участков, землепользователи, землевладельцы и арендаторы земельных участков обязаны проводить мероприятия по: защите земель от ... загрязнения химическими веществами ... и других негативных (вредных) воздействий, в результате которых происходит деградация земель; ликвидации последствий загрязнения, в том числе биогенного загрязнения, и захламления земель...»;

2) Федеральный закон от 30 марта 1999 г. N 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Статья 21 «Санитарно-эпидемиологические требования к почвам, содержанию территорий городских и сельских поселений, промышленных площадок» гласит: «Содержание территорий ... промышленных площадок должно отвечать санитарным правилам»;

3) СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства». Химическое загрязнение почв и грунтов оценивается по суммарному показателю химического загрязнения (Z_c), являющемуся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения;

4) ГОСТ Р 56062-2014 «Производственный экологический контроль. Общие положения». Пункт 4.8.: При осуществлении производственного экологического контроля в области охраны земель и почв регулярному контролю подлежат нормируемые параметры и характеристики состояния: земель промышленности, энергетики, транспорта и иного специального назначения, на которых расположены производственные объекты (включая санитарно-защитную зону) и/или проводятся строительные, геологоразведочные, испытательные, эксплуатационные и иные работы; земельных участков, используемых для складирования, хранения, захоронения и/или подготовки к переработке промышленных и бытовых отходов; земельных участков (земель транспорта и земель иных категорий), по которым проходят продуктопроводы; земельных участков, загрязненных в результате аварийных ситуаций; зе-

мельных участков, подлежащих рекультивации, и работы по рекультивации земель; земельных участков, находящихся в водоохраной зоне водного объекта;

5) СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы» определяет санитарно-эпидемиологические требования к качеству почв зон повышенного риска территории населенных мест, среди которых значатся и территории санитарно-защитных зон промпредприятий, а также предписывает проведение мониторинга состояния почвы в жилых зонах, включая территории повышенного риска, в зоне влияния автотранспорта, захороненных промышленных отходов (почва территорий, прилегающих к полигонам), в местах временного складирования промышленных и бытовых отходов, на территории сельскохозяйственных угодий, санитарно-защитных зон. Объем исследований и перечень изучаемых показателей при мониторинге определяется в каждом конкретном случае с учетом целей и задач по согласованию с органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарно-эпидемиологический надзор;

6) СП 1.1.1058-01 «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» регламентирует проведение производственного контроля с применением лабораторных исследований, испытаний на промышленных предприятиях (объектах): рабочие места, производственные помещения, производственные площадки (территория), граница санитарно-защитной зоны, сырье для изготовления продукции, полуфабрикаты, новые виды продукции производственно-технического назначения, продукция пищевого назначения, новые технологические процессы (технологии производства, хранения, транспортирования, реализации и утилизации), отходы производства и потребления (сбор, использование, обезвреживание, транспортировка, хранение, переработка и захоронение отходов).

Кроме того, в Российской Федерации в развитие федерального законодательства действуют следующие гигиенические нормативы для почв:

ГН 2.1.7.2041-06 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве;

ГН 2.1.7.2042-06 Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве;

ГН 2.1.7.2559-09. Предельно допустимые концентрации (ПДК) 2,2'-дихлордиэтилсульфида (иприта) и 2-хлорвинилдихлорарсина (люизита) в почве территорий промплощадок объектов по уничтожению отравляющих веществ кожно-нарывного действия.

Таким образом, в период отсутствия специальных нормативных актов, регламентирующих контроль качества почв на территориях промышленных площадок, следует руководствоваться выше приведенными нормами действующих законодательных и нормативных документов, которые содержат положения о проведении контроля качества почв.

Литература

1. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Земельный кодекс Российской Федерации от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ.
3. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. N 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
4. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии от 16 марта 2017 г. № 92 «Об утверждении требований к содержанию экологического контроля, порядка и сроков предоставления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля».

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ТЕХНОГЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ (ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

Е. В. Напрасникова, И. А. Белозерцева

Институт географии им В.Б. Сочавы СО РАН, napev@irigs.irk.ru

В настоящее время интерес специалистов разных научных направлений к почвам индустриальных городов резко возрос. Одной из причин является то, что качество жизни городского населения во многом зависит от состояния почвенного покрова, что обуславливает своевременность и актуальность проведенных исследований.

По прогнозным оценкам экологов состояние почвенного покрова в промышленных городах и сопредельных территориях будет ухудшаться под воздействием техногенных факторов.

Объектами детального исследования служили почвы городов Шелехова и Братска (Иркутская область). Г. Шелехов находится в 20 км к юго-западу от областного центра – г. Иркутска, на юге Иркутско-Черемховской равнины. В зоне влияния Иркутского алюминиевого завода (ИрАЗа) преобладают антропогенно-изменённые дерновые лесные почвы с маломощным гумусовым горизонтом. Содержание водорастворимой формы фтора в слое почвы 0–10 см велико и может достигать 20 ПДК на расстоянии 0,5 км от завода. В атмосфере над ИрАЗом обнаружены: бенз(а)пирен, формальдегид, хлорметан, диоксид азота, фтористый водород, твёрдые фториды, окислы кремния. Г. Братск расположен на северо-западе Иркутской области. В зоне влияния Братского алюминиевого завода (БрАЗа) преобладают антропогенно-изменённые дерново-подзолистые и дерново-карбонатные почвы с небольшим по мощности гумусовым горизонтом. Содержание водорастворимого фтора в верхнем слое почв на расстоянии до 1 км от завода достигает 15 ПДК. В атмосфере над БрАЗом обнаружены метилмеркаптан, бенз(а)пирен, диоксид серы, диоксид углерода.

Города Шелехов и Братск включены в приоритетный список городов с высоким уровнем загрязнения окружающей среды, так как являются крупнейшими производителями первичного алюминия.

Известно, что биологическая активность почв (БАП) – один из информативных показателей её функциональных возможностей на текущий момент времени. Она рассматривается как мера устойчивости почв и контролируется экологическими факторами, особенно щелочно-кислотными условиями. Анализы БАП выполнены экспресс-методом по Т. В. Аристовской, М. В. Чугуновой [1], суть которого состоит в определении скорости выделяемого аммиака при разложении модельного вещества – карбамида. Чем меньше количество часов, регистрирующих скорость реакции, тем больше считается БАП.

Значение рН почв (на глубине 0–10 см) варьировало в узких пределах со смещением в область щелочных значений (6,8–8,4 ед.), что характерно для большинства антропогенно-изменённых почв промышленных городов Восточной Сибири [2] и зарубежных стран [3]. На графиках приведены результаты определения БАП функциональных зон городов и степень взаимосвязи с реакцией среды. Регрессионный анализ выявил между этими показателями достаточно тесную взаимосвязь.

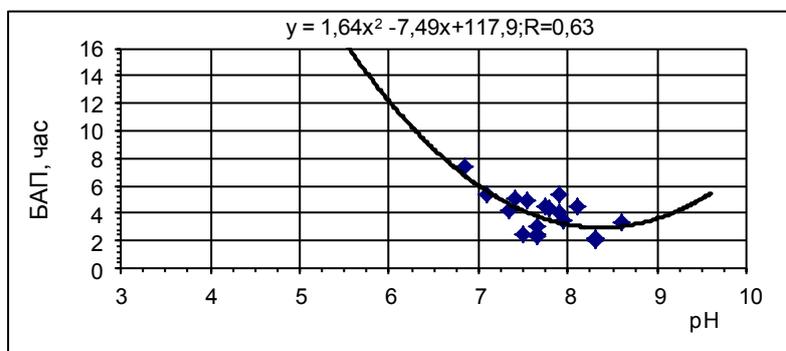


Рис. 1. Зависимость биологической активности почв г. Шелехова и сопредельных территорий от реакции среды

Коэффициент аппроксимации (рис. 1) достигает 0,63. По шкале Чеддока, полученный результат характеризует качественную силу связи, как заметную. При этом следует отметить величину БАП. Для почв г. Шелехова она колеблется от 2 до 8 часов и может считаться достаточно высокой.

Зависимость биологической активности почв г. Братска от реакции среды представлена на рисунке 2. Количественная мера тесноты связи несколько меньше ($R = 0,55$), но характеризуется также как заметная. При этом уровень активности почв г. Братска несколько выше и варьирует от 1 до 4 часов. Немаловажно отметить, что на графиках (рис. 1,2) четко просматривается максимум показателей БАП в диапазоне рН от 7 до 8 единиц. Данный факт не противоречит экологической сущности трансформации азотсодержащих органических веществ в почве.

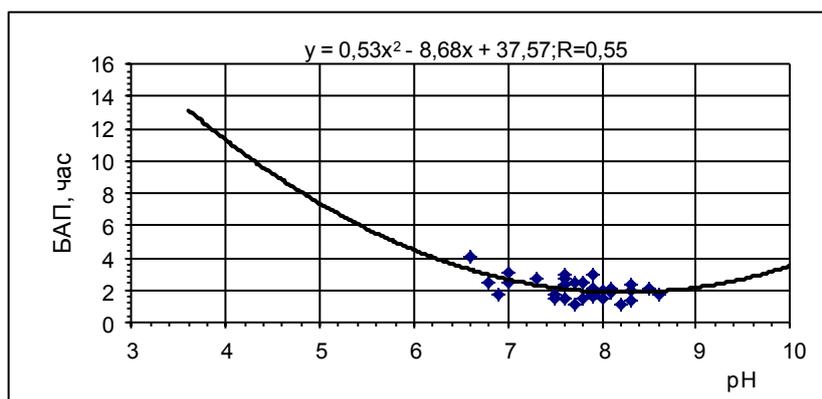


Рис. 2. Зависимость биологической активности почв г. Братска и сопредельных территорий от реакции среды

Исследования почвенного покрова г. Шелехова в микробиологическом отношении показали, что количество аммонифицирующих эубактерий колеблется от 0,3 до 0,94 млн КОЕ/г почвы в селитебной зоне, значительно меньше в промышленной зоне (0,07 млн). В почвах селитебной зоны г. Братска численность данной группы высока (1,2 млн КОЕ/г), но резко снижается в промышленной (0,14 млн КОЕ/г). Выявленные показатели, в одном случае, связаны с привносом хозяйственно-бытовой органики, в другом, – ингибирующим воздействием аэротехногенных выбросов алюминиевой промышленности. Бактерии, усваивающие минеральные источники азота, и актиномицеты оказались менее подвержены негативному воздействию эмиссий заводов, как в г. Шелехова, так и в Братске.

Известно, что в окружающую среду промышленных зон поступает кроме приоритетных загрязнителей, множество других токсичных веществ. Трудности диагностики не позволяют дифференцировать подобные вещества. В этой связи методом биотестирования можно получить объективную информацию о фитотоксичности почвы в реальном времени.

Результаты определений фитотоксичности в лабораторных условиях согласно ГОСТ-2009 [4] позволили выявить преобладающее количество почв, ингибирующих прорастание семян высших растений не более чем на 10–25%. Следовательно, изучаемые почвы не достигают порога токсичности. Лишь в единичных случаях (промзона БрАЗа) зафиксировано угнетение семян на 30–35%. Следует отметить, что в почвенных образцах, отобранных в промзонах ИркАЗа и БрАЗа под растительностью, степень угнетения прорастания испытуемых семян гораздо ниже, чем в почвах без растительности.

Проведенные исследования рассматриваем как новые знания об экологическом состоянии почв в условиях техногенеза. Кроме этого результаты имеют практическую направленность, так как являются информационным обеспечением в решении вопросов благоустройства промышленных городов Восточной Сибири.

Литература

1. Аристовская Т. В., Чугунова М. В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. 1989. №11. С. 142–147.
2. Напрасникова Е. В. Уреазная активность и рН как показатели экологического состояния почв городов Восточной Сибири // Почвоведение. 2005. № 11. С. 1345–1352.
3. Lehmann A., Stahr K. Nature and Significance of Anthropogenic Urban Soils // J. of Soils & Sediments. 2007. V. 7(4). P. 247–260.
4. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. М.: Изд-во стандартов, 2009. 20 с.

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ НА ТЕХНОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Е. В. Дабах

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

В долине реки Вятки в районе г. Кирово-Чепецка сформировался техногенный ландшафт, одной из особенностей которого является образование почв на отложениях гипсово-карбонатного состава, заполнивших часть пойменного озера Просного.

Почвы на техногенных илах отличаются слабощелочной реакцией, причем вниз по профилю рН возрастает (с 7,6 до 8). В окружающих аллювиальных почвах значения рН соответствуют слабокислой реакции среды (около 5,5). Было выявлено существенное загрязнение молодых почв на техногенных отложениях тяжелыми металлами, особенно в нижних горизонтах. Коэффициент техногенного загрязнения почвообразующих пород – илов превышал 32, что позволило оценить степень их загрязнения как опасную. В формирующихся на них почвах отмечено превышение ОДК свинца, цинка, кадмия, ртути, сурьмы, мышьяка. Максимальная кратность отношения содержания элемента к его ПДК характерна для ртути – 13, несколько ниже – 5 для сурьмы [1, 2].

Цель настоящей работы – изучить содержание и распределение редкоземельных элементов в почвах поймы, сформировавшихся на аллювии и на техногенных илах гипсово-карбонатного состава.

Объектами исследования были почвы, образцы которых отбирались в пойме р. Вятки в районе хвостохранилищ химических предприятий г. Кирово-Чепецка.

Химический анализ образцов был выполнен в Аналитическом сертификационном испытательном центре Института проблем технологии и микроэлектроники особо чистых материалов РАН (г. Черноголовка, Московской области) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, физико-химические свойства почв определялись в научно-исследовательской экоаналитической лаборатории Вятского государственного университета общепринятыми методами.

Редкоземельными (РЗЭ) называют группу химических элементов, к которой относят лантан (La) и 14 лантаноидов (Ln): церий (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), прометий (Pm), самарий (Sm), европий (Eu), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), гольмий (Ho), эрбий (Er), тулий (Tm), иттербий (Yb), лютеций (Lu); часто в эту группу включают иттрий (Y), иногда скандий (Sc).

Суммарное содержание РЗЭ в почвах на техногенных отложениях оказалось ниже, чем в природных аллювиальных почвах (таблица), хотя в нижних горизонтах оно близкое.

Концентрации всех элементов, за исключением Sc, ниже или близки к кларкам (по Виноградову, 1962). Содержание скандия в 2 раза превышает кларк элемента. В техногенных почвах Ln и Sc содержатся в количествах, не превышающих кларки, содержание Y – повышенное в нижних слоях профиля.

Ln и РЗЭ в целом в природных почвах характеризуются аккумулятивным распределением по профилю. В техногенных почвах также отмечается накопление Ln в горизонте A1, но распределение РЗЭ в целом по минеральным горизонтам равномерное. Равномерность распределения РЗЭ обеспечивается за счет резкого (в 2 раза) увеличения содержания Y в двух нижних слоях почвы на техногенных илах.

Таблица

Суммарное содержание РЗЭ в почвах

Горизонт	Глубина, см	Содержание лантаноидов, мг/кг	Общее содержание РЗЭ, мг/кг
Почва на аллювии			
Ao	0-7	151,50	197,84
A1g	7-16	155,67	197,96
B1g	16-26	145,73	184,65
B2g	26-50	129,75	166,78
Почва на техногенных илах			
Ao	0-7	107,79	144,19
A1	7-11	120,97	163,56
III (G)	11-18	105,24	160,84
IV	18-30	107,35	167,05

В распределении отдельных Ln по профилю проявлялись следующие особенности: в обеих почвах отмечалось относительное накопление в гумусовом горизонте A1 лантаноидов от La до Eu, концентрации остальных элементов этого ряда от Gd до Lu постепенно возрастали в техногенных почвах и снижались – в природных аналогах. Эти закономерности показаны на примере Ce и Gd (рис. 1, 2).

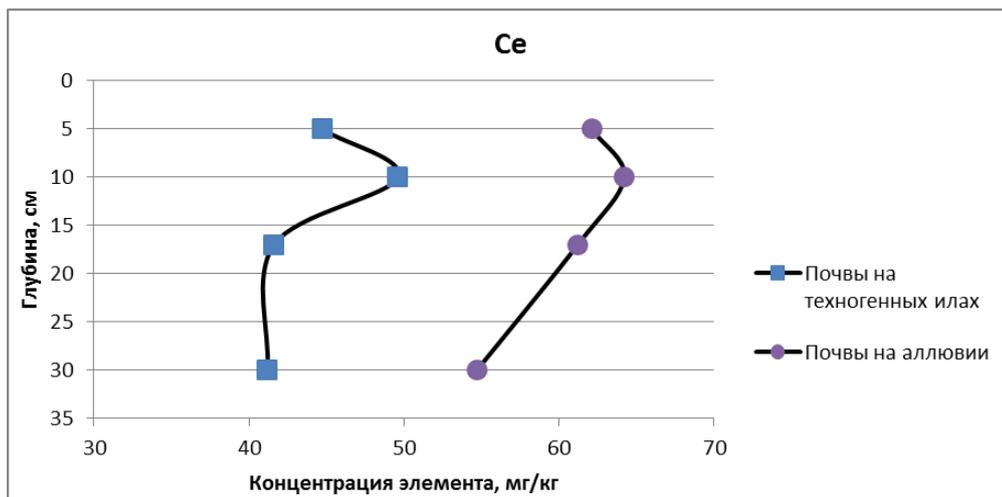


Рис. 1. Распределение церия по профилю почвы

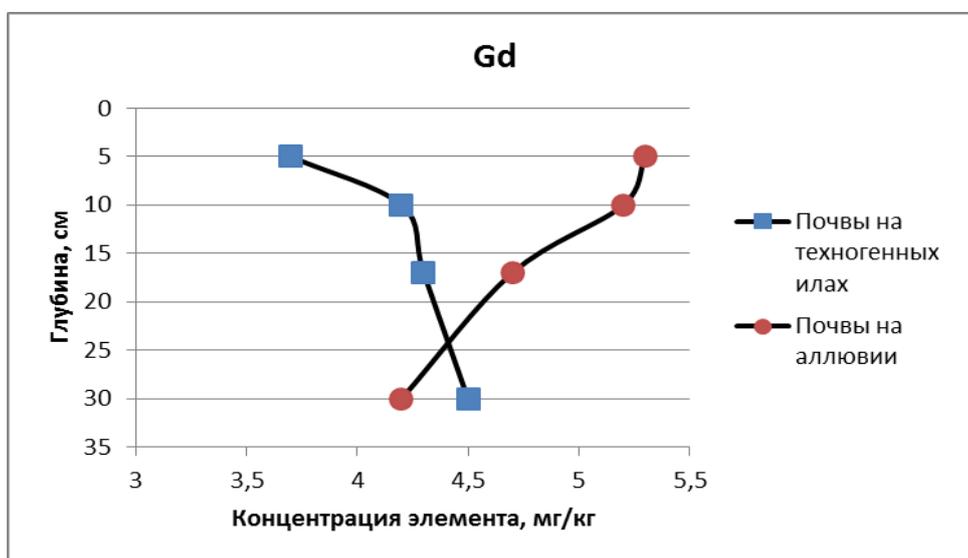


Рис. 2. Распределение гадолиния по профилю почв

Вероятно, такое распределение подтверждает различное геохимическое поведение легких элементов цериевой подгруппы с атомной массой менее 153 и ионным радиусом более 95 пм, включающих элементы от Ce до Eu, и тяжелых – с атомной массой более 153 – от Gd до Lu. В литературе отмечалось, что органические лиганды образуют с тяжелыми лантаноидами более прочные растворимые комплексы, поэтому доля сохранившихся легких лантаноидов в почвах выше [цитировано по 3]. Отсутствие достоверной связи между содержанием гумуса и РЗЭ (La, Ce, Y) в подзолистых почвах было показано в работе [4], предположение о возможном участии гумуса в накоплении легких лантаноидов в дерново-подбурах было высказано в работе [5]. В то же время авторами этой работы был сделан вывод об отсутствии достоверных изменений содержания и фракционного состава РЗЭ в зависимости от почвенных процессов, в том числе от накопления органического вещества и миграции органо-металлических соединений. Таким образом, вопрос о роли органического вещества и, в частности, гумуса в перераспределении РЗЭ по

профилю остается дискуссионным. Решение этой проблемы в отношении аллювиальных почв представляется еще более сложным, так как почвы в пойме относятся к синлитогенным и зональные почвенные процессы, приводящие к перераспределению элементов по профилю, осложняются аллювиальным процессом.

Высокие концентрации Y и Sc , а также резкие различия их содержания по горизонтам как в природных, так и в техногенных почвах, вероятно, обусловлены загрязнением компонентов ландшафта в районе химических предприятий [6]. Кроме того, такие резкие различия в содержании РЗЭ подтверждают генетическую неоднородность профиля пойменной почвы.

Таким образом, в почвах, сформировавшихся на техногенных отложениях в районе хвостохранилищ химических предприятий, выявлены следующие особенности в содержании и распределении РЗЭ:

– концентрации Ln и Sc не превышали кларки этих элементов, содержание Y в нижних слоях почвы резко возрастало и почти в 2 раза превышало кларк;

– было отмечено накопление в гумусовом горизонте (относительно оторфованной подстилки и нижележащих слоев) легких лантаноидов при постепенном возрастании концентраций тяжелых элементов этого ряда вниз по профилю.

Литература

1. Дабах Е. В. Особенности почв, формирующихся на техногенных отложениях в долине р. Вятки // Современные проблемы загрязнения почв: Материалы VI Междунар. науч. конф. М: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2013. С. 211–213.

2. Дабах Е. В. Микроэлементы в почвах, сформировавшихся на техногенных отложениях в районе предприятий холдинга «Уралхим» // Биогеохимия и биохимия микроэлементов в условиях техногенеза биосферы: Материалы VIII Биогеохимической Школы, посвященной 150-летию со дня рождения академика В. И. Вернадского. Гродненский государственный университет. 11–14 сентября 2013 г. / Отв. ред. В. В. Ермаков. М: ГЕОХИ РАН, 2013. С. 352–353.

3. Водяницкий Ю. Н., Рогова О. Б. Биогеохимия лантаноидов в почвах. Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева, 2016. Вып. 84. С. 101–118.

4. Водяницкий Ю. Н., Горячкин С. В., Савичев А. Т. Распределение редкоземельных (Y , La , Ce) и других тяжелых металлов в профиле почв подзолистого ряда // Почвоведение. 2011. №5. С. 546–555.

5. Переломов Л. В., Асаинова Ж. С., Йошида С., Иванов И. В. Содержание редкоземельных элементов в почвах Приокско-Террасного биосферного заповедника // Почвоведение. 2012. № 10. С. 1115–1126.

6. Дабах Е. В. Редкоземельные элементы в почвах природных и техногенных ландшафтов Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 3. С. 56–67.

ПЕРВИЧНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БОЛОТА ВЕШКА (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПРИ ПОМОЩИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

А. В. Михайлова, К. Ю. Кравец

*Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН,
xemafiltera@ya.ru*

Несмотря на то, что водно-болотные угодья на территории России занимают достаточно большую площадь, самим болотам, играющим роль биогеохимических барьеров, не всегда уделяется должное внимание. Для развития навыков рационального использования территорий, находящихся вблизи болот, крайне необходимо развитие методов, направленных на анализ столь сложных естественных объектов. Современные методы химического и/или физического анализа позволяют ускорить и конкретизировать многие аспекты торфяных болот [1–4]. Наличие этих методов позволило более подробно рассмотреть конкретный, интересующий нас объект – низинное болото Вешка (Тверская область, Конаковский район) (рис.). Таким образом, можно сформулировать цель работы – получение и обобщение первых данных по элементному и привнесенному органическому составу торфа болота Вешка, расположенного у дер. Тарлаково.

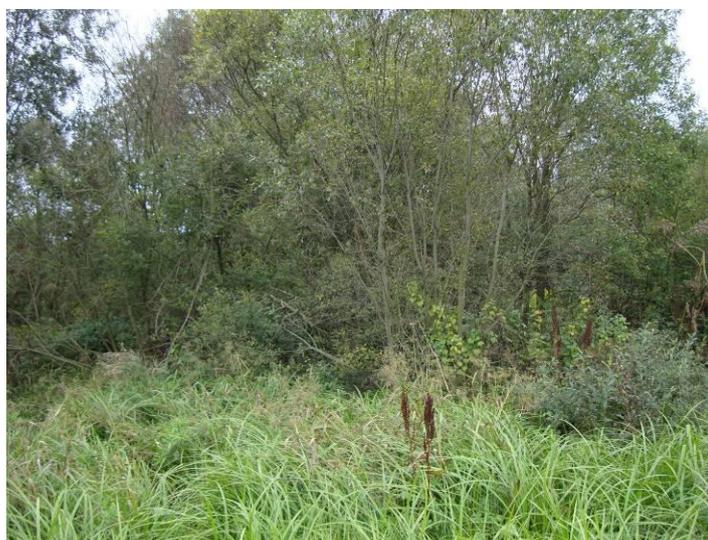


Рис. Вид болота Вешка со стороны фермы, август 2010 г.

Площадь болота Вешка составляет 7,79 га [5]. В центре болота есть небольшое глубокое озеро. Болото низинное, заросло ивой и березой. Из болота вытекает дрена, приемник которой река Крутец. Болото не осушалось и добычи торфа здесь не происходило. Случаев возгорания не наблюдалось. Болото находится в окружении деревень, полей сельскохозяйственного назначения и двух животноводческих ферм, в результате чего долгие годы оно служило местом стока органического материала. Болото с двух сторон окаймляют достаточно оживленные автомобильные трассы, что также служит

источником антропогенного влияния. Именно совокупность этих факторов придала научный интерес наблюдению за аккумуляцией в данном болоте антропогенных загрязнителей.

Пробы отбирали в 2010 г. из разрезов, приуроченных к наиболее характерным для данного исследования местам: у силосной ямы, в центре болота и у края по стоку фермы (табл. 1). В первую очередь, в анализированных пробах нас интересовало содержание антибиотиков. Известно, что в животноводстве активно используется широкая группа препаратов тетрациклиновых антибиотиков и их производных в качестве высокоэффективных лечебно-профилактических и ростостимулирующих средств. Антибиотики дают животным вместе с кормом, они воздействуют на состав микрофлоры желудочно-кишечного тракта, передвижение пищевых масс и процессы всасывания. Несмотря на то, что тетрациклины и их производные являются водорастворимыми, они образуют труднорастворимые комплексы с ионами кальция, железа и тяжелыми металлами. В совокупности со специфическими удерживающими свойствами торфов и почв, в вопросе накопления антибиотиков существует некая неопределенность. Одной из задач в данном исследовании является проверка предположения, что данная группа веществ накапливается в торфе в болоте. Помимо этого, для наблюдения тенденций к накоплению прочих загрязнителей, проводился элементный анализ.

Таблица 1

Исходная характеристика проб

Номер образца	Характеристика разреза	Гигроскопическая влажность, %	Зольность, %
42 поверхность	Разрез 1 (у силосной ямы)	9,0	31,9
43		6,0	60,8
44		2,4	96,7
45 поверхность	Разрез 2 (почти в центре болота)	11,4	20,4
46		12,4	не определяли
47		12,4	12,7
48		47,6	21,1
49		8,8	70,8
50		2,6	91,4
51 поверхность	Разрез 3	3,4	83,1
52		2,6	86,9
53 поверхность	Разрез 4 (ближе к ферме)	4,0	78,8
54		2,8	не определяли
55		3,0	91,0
56 поверхность	сток фермы	6,4	37,4

Для идентификации и определения антибиотиков использовали масс-спектрометр с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией (МС МАЛДИ) с времяпролетным масс-анализатором AutoflexIII smartbeam (Bruker Daltonic, Германия) с рефлектроном для положительных и отрицательных ионов [6]. Основные параметры анализа: УФ-азотный лазер ($\lambda=337$ нм), длина импульса 3 нс, мощность лазерного излучения 10^6-10^7 Вт/см².

Применяли автоматическое подавление сигналов массой до 300 Да. Расшифровку спектров проводили с использованием программы FlexAnalysis ver. 3.3 (Bruker Daltonic, Германия). Использовали стандарты антибиотиков CRSO (Corporate Reference Standards Organization) «EliLillyandCompany» (США), «Sigma-Aldrich» (Швейцария) и «Dr. Ehrenstorfer» (Германия). В качестве матрицы использовали α -циано-4-гидроксикоричную кислоту (BrukerDaltonic, lot. 10.255344.284001). Раствор матрицы 20 мг/мл готовили растворением соответствующей навески в смеси ацетона и водного раствора трифторуксусной кислоты. Растворы антибиотиков 1 мг/мл готовили растворением соответствующих навесок в ацетонитриле («Prolabo», Австрия). Рабочие растворы готовили в день использования, разбавлением исходных ацетонитрилом. Обнаружено несколько антибиотиков: метациклин (особенно токсичный и имеющий большое число побочных эффектов), хлортетрациклин, доксициклин, дигидрострептомицин и ласалоцид. С учетом интенсивности и площадей пиков, найденных тетрациклинов, определен диапазон их содержания в торфе – 0,02–0,20 мкг/кг. Хочется отметить, что при этом, в пробах воды из реки Крутец антибиотиков не обнаружено, что может служить следствием того, что болото является мощным биогеохимическим барьером.

Для проведения элементного анализа, пробы торфа высушивали до воздушно-сухого состояния, растирали и просеивали через сито геологическое лабораторное с размером ячеек 2,0 мм. Далее пробу высушивали в сушильном шкафу при 350 °С и затем озоляли в муфеле при 800 °С в течение трех часов. Далее в золе проводили анализ многоэлементным и высокопроизводительным методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП). Измерения проводили на масс-спектрометре «ELAN DRC II» («Perkin Elmer», США) [7]. Полученные данные обрабатывали с помощью программы «Elan ICP-MS Instrument Control», версия 3.4. Определено >28 элементов: Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, REE, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Sn, Cs, Ba, Hf, Pb, Bi, Th и U. Результаты представлены в табл. 2 («н.о.» – не обнаружено).

Определено, что содержание некоторых металлов повышено: ванадия, хрома, марганца, меди, мышьяка, свинца, стронция, бора, лития, бария и кобальта. Причем – ванадия (57,5 мг/кг), мышьяка (19,2 мг/кг), бария (253,4 мг/кг) и бора (40,2 мг/кг) – со стороны силосной ямы. Хрома (38,3 мг/кг), марганца (1069,1 мг/кг), меди (64,7 мг/кг), никеля (4,93 мг/кг), стронция (134,4 мг/кг), лития (3,2 мг/кг) и свинца (3,93 мг/кг) – со стороны стока ближней фермы. На поверхности концентрация этих металлов выше, чем в нижних слоях. Бор и мышьяк широко применяются в сельском хозяйстве, медицине и ветеринарии.

Таблица 2

Элементный состав торфяной золы болота Вешка

Элемент	Содержание, мг/кг											
	56	42	43	44	47	48	49	50	51	52	53	55
Na %	0,062	0,036	0,019	0,004	0,11	0,063	0,009	0,005	0,041	0,002	0,004	0,003
Mg %	2,338	0,083	0,021	0,003	1,61	0,73	0,018	0,016	0,017	0,005	0,012	0,004
Al %	0,204	0,383	0,284	0,049	1,4	1,0	0,12	0,077	0,189	0,031	0,079	0,052
Si %	0,025	0,325	0,149	0,045	2,3	1,34	0,07	0,058	0,12	0,023	0,058	0,038
P %	5,088	0,361	0,129	0,028	0,51	0,33	0,03	0,032	0,054	0,031	0,032	0,014
K %	0,073	0,029	0,013	0,008	0,09	0,05	0,016	0,006	0,009	0,003	0,006	0,004
Ca %	2,974	4,057	0,856	0,109	20,4	10,61	0,28	0,25	0,33	0,117	0,235	0,087
Fe %	0,27	0,15	0,05	0,15	3,64	1,60	0,04	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01
Ti	52,084	40,896	19,76	2,69	454,53	223,67	15,13	6,198	6,86	7,51	3,89	1,83
V	8,2942	31,13	20,79	8,95	57,495	44,67	15,13	10,3	8,99	1,67	4,94	6,03
Cr	38,2518	0,29	2,399	0,25	16,45	12,45	0,97	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Mn	1069,08	96,8	8,74	2,98	187,28	126,2	8,84	5,07	51,56	8,88	12,34	4,97
Co	2,734	0,595	0,14	0,033	4,91	2,35	0,21	0,1	0,46	0,086	0,26	0,1
Cu	64,68	3,83	1,14	0,196	55,96	23,56	1,6	0,37	0,08	0,28	0,296	0,15
Ni	4,93	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,29	н.о.	1,06	н.о.	0,16	н.о.
As	1,276	10,47	5,7	1,37	19,195	15,196	1,52	1,59	4,16	3,94	10,47	5,81
Sr	134,36	48,9	16,496	10,69	230,21	2,11	0,94	10,01	11,58	3,95	4,82	5,81
Zr	4,26	2,94	1,35	0,31	19,69	14,11	2,88	1,27	0,46	0,25	0,53	0,45
Nb	0,318	0,09	0,028	0,008	1,24	0,79	0,019	0,013	0,009	0,005	0,006	0,005
Mo	4,59	3,18	0,67	0,056	3,07	2,56	0,15	0,147	0,297	0,28	0,17	0,14
Cd	0,478	0,61	0,052	0,001	183,98	0,03	0,008	0,018	0,027	0,01	0,03	0,0013
Ba	84,32	125,76	54,88	100,1	253,37	176,77	36,50	19,87	20,696	8,56	2,74	3,4
Y	4,23	8,45	6,86	1,78	8,19	6,56	2,997	2,77	1,97	1,28	9,69	2,38
B	9,15	40,15	4,17	0,88	32,1	24,95	4,28	2,12	3,42	1,43	1,3	0,84
Be	0,098	0,35	0,13	0,013	0,43	0,39	0,11	0,026	0,07	0,033	0,054	0,033
Li	3,22	1,38	0,76	0,21	6,01	4,94	0,99	0,268	0,28	0,071	0,148	0,19
Pb	3,93	1,6	0,077	0,26	1,04	0,87	0,41	0,22	1,48	0,39	0,29	0,188
Bi	0,09	0,042	0,02	0,01	0,34	0,017	0,024	0,012	0,017	0,006	0,0046	0,007
Th	0,76	1,38	1,17	0,3	2,60	1,75	0,76	0,47	0,45	0,21	0,32	0,28

Исходя из полученных данных можно сказать, что близлежащие фермы являются достаточно серьезным источником загрязнения. Повышение содержания металлов, а также биогенных элементов (НРК) вблизи стоков, показывает, что с органическим веществом в болотную экосистему идет приток не только антибиотиков, но и элементных загрязнителей (а в случае биогенных элементов и реки Крутец – дополнительных источников эвтрофикации).

Хочется отметить, что, несмотря на то, что торф удерживает антибиотики, их попадание в болотный экоценоз может привести к его нарушению и в дальнейшем может отозваться серьезными экологическими последствиями, вызванными сменой микробного состава.

Литература

1. Гречников А. А., Бородков А. С., Жабин С. Н., Алимпиев С. С. О механизме десорбции ионов в условиях лазерной десорбции/ионизации с кремниевых поверхностей // Масс-спектрометрия. 2014. Т. 11. № 2. С. 71–76.

2. Amelin V. G., Korotkov A. I. High-performance liquid chromatography-high-resolution time-of-flight mass spectrometry in the identification and determination of penicillin and tetracycline group antibiotics in food // Journal of Analytical Chemistry. 2015. Vol. 70. № 11. P. 1383–1389.

3. Карандашев В. К., Туранов А. Н., Орлова Т. А., Лежнев А. Е., Носенко С. В., Золотарева Н. И., Москвина И. Р. Использование метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой в элементном анализе объектов окружающей среды // Зав. лаб. Диагностика материалов. 2007. Т. 73. № 1. С. 12–22.

4. Karci A., Balcioglu I. A. Investigation of the tetracycline, sulfonamide, and fluoroquinolone antimicrobial compounds in animal manure and agricultural soils in Turkey // The Science of the Total Environment. 2009. Vol. 407(16). № 16. P. 4652–4664.

5. Ахметьева Н. П., Лапина Е. Е., Лола М. В. Экологическое состояние природных вод водосбора Иваньковского водохранилища и пути по сокращению их загрязнения. М.: УРСС, 2008. 240 с.

6. Краснова Т. А., Амелин В. Г. Экспресс-способ идентификации остаточных количеств антибиотика в молоке. Метод масс-спектрометрии с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией // Молочная промышленность. 2013. № 11. С. 34–36.

7. Саввин С. Б., Ахметьева Н. П., Михайлова А. В., Ермолаева В. Н., Подколзин И. В. Редкоземельные элементы в торфах Московской и Тверской областей // ДАН РАН. 2013. № 1. Т. 448. С. 1–3.

СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (Cd, Pb, As) В ПОЧВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ ВОДОСБОРНОЙ ПЛОЩАДИ ПЕНЗЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. Г. Горохова¹, М. И. Андреева¹, Р. Г. Сатанов¹, К. А. Дурягина²
¹ филиал ФБУ «ФУ БХУХО» (войсковая часть 21222),
² филиал ФБУ «ФУ БХУХО» (войсковая часть 21225)

Кадмий, свинец и мышьяк относятся к числу наиболее опасных для здоровья человека токсичных химических элементов. В качестве санитарно-гигиенических нормативов содержания вредных веществ в природных средах

в нашей стране применяется экспериментально установленные значения предельно допустимых концентраций (далее – ПДК), которые разрабатываются без учета многообразия почв, в частности, их буферных свойств. Между тем, почвы существенно различаются по природному элементному составу. По мнению ряда ученых, экстраполяция единых величин ПДК на все территории без учета региональных особенностей представляется несостоятельной [1]. В результате возникают ситуации, когда фоновое содержание металлов в почве, обусловленное их концентрацией в материнской породе и условиями почвообразования, превышает действующие ПДК. Однако исправить сложившуюся в настоящее время ситуацию не представляется возможным, так как информация о содержании токсичных элементов в природных средах в разных частях страны, недостаточна или разрознена и не систематизирована [2]. К числу подобных регионов России относится и Приволжская возвышенность. Этим определяется актуальность выбранного направления исследований.

Целью работы было изучение содержания кадмия, свинца и мышьяка в находящихся под лесной растительностью серых лесных почвах.

Территория района исследований представляет собой участок водораздела между реками Сура и Вядь в пределах зоны защитных мероприятий объекта по хранению и уничтожению химического оружия в пос. Леонидовка Пензенской области. На ней представлены все разновидности серых лесных почв и типы лесной растительности, свойственные Приволжской возвышенности.

Исследуемая территория относится к поясу континентального климата умеренных широт с продолжительным зимним периодом и короткими переходными сезонами. Максимальная среднемесячная температура воздуха отмечается в июле (+ 18,6 – +19,5 °С), минимальная – в январе (–11,3–12,1 °С). Средняя годовая температура составляет + 3,9 – +4,2 °С. Среднегодовое количество осадков от 483 до 605 мм в год [3].

Почвенный покров водоразделов и склонов представлен различными разновидностями серых лесных почв, которые отличаются по гранулометрическому составу, мощности почвенных горизонтов и профилей. Наиболее распространенными почвенными разновидностями являются светло серые лесные супесчаные среднемошные и маломощные почвы, а также серые лесные легко- и тяжелосуглинистые среднемошные почвы. Они характеризуются низким содержанием гумуса. Его количество в верхнем генетическом горизонте A_1 колеблется от 1,2 до 2,1 %. Это определяет их невысокую сорбционную способность при загрязнении токсическими веществами. В почвах района исследований кислотность верхнего горизонта A_1 колеблется от 4,8 до 5,7 единиц рН. [4].

Объектом исследований являлись пробы почв, отобранные в районе исследований.

На основе анализа полученных результатов исследований содержания кадмия, свинца и мышьяка были выявлены определенные зависимости рас-

пределения рассматриваемых элементов от гранулометрического состава и мощности почвенных горизонтов (табл.).

Таблица

Содержание кадмия, свинца и мышьяка в почвах района исследований

Подтип почвы	Содержание металлов, мг/кг		
	Cd	Pb	As
Темно-серая лесная среднemocная тяжело-суглинистая	0,250±0,006	23,51±10,49	12,04±5,68
Серая лесная контактно-луговая легко-суглинистая	0,165±0,049	25,03±12,62	11,31±6,61
Светло-серая лесная супесчаная, среднemocная	0,145±0,046	29,01±11,35	9,52±4,75
Светло-серая лесная песчаная, маломощная	0,130±0,031	38,52±11,77	9,51±3,28
ОДК для кислых песчаных и супесчаных почв	0,5	32,0	2,0
ОДК для кислых суглинистых и глинистых почв	1,0	66,0	5,0

Как показывает анализ результатов измерений, представленных в таблице, содержание в них кадмия находилось на уровне ОДК и ПДК. В группе почв легкого гранулометрического состава прослеживается тенденция уменьшения содержания кадмия в различных разновидностях серых лесных почв в зависимости от содержания физического песка и мощности почвенного горизонта. В суглинистых почвах содержание изучаемого элемента несколько выше, чем супесчаных. При этом максимальных показателей оно достигает в тяжело-суглинистых почвах, имеющих наибольшую поглощающую способность.

Распределение кадмия по почвенным горизонтам характеризуется максимальными концентрациями в горизонтах А и В. Содержание этого элемента в материнских породах, как в песках, так и в глинах оказывается значительно меньшим. Для первых оно составляет 0,02 – 0,03 мг/кг, для вторых – 0,04–0,05 мг/кг.

Максимальные показатели валового содержания свинца наблюдаются в светло серых лесных песчаных маломощных почвах, минимальные – в темно-серых лесных тяжелосуглинистых. Однако полученные данные вероятней всего не являются отражением какой-либо закономерности. Это связано с тем, что наши исследования проводились в условиях лесных земель, представляющих собой интенсивно эксплуатируемые охотничьи угодья. Не вызывает сомнения, что основной источник поступления свинца в почву это дробь [5]. Самой экологически «грязной» охотой является охота на вальдшнепа. Это связано с тем, что на ней используется самая мелкая дробь. При среднем весе заряда 19 г для 12 калибра и 28 г для 16 с каждым выстрелом выбрасывается соответствующее количество свинца. Если один охотник за вечер делает в среднем 10 выстрелов, он разбрасывает соответственно 200 г свинца. При продолжительности сезона в 14 дней соответственно около 3 кг. Как показывает анализ продажи путевок, на изучаемой территории их ежегодно приоб-

ретают не менее 150 человек, не считая безлицензионной охоты. Проведя элементарные расчеты получим, что в почву района исследований поступает около 450 кг дробы.

В пределах одной поляны, с восстанавливающейся лесной растительностью, площадью около 200 га на светло-серой лесной каменисто-щебнистой почве было отобрано 5 проб из горизонта А. Содержание в них свинца варьировало от 5,07 мг/кг до 50,54 мг/кг. Такое сильное различие полученных значений при однородности почвенного и растительного покрова может быть объяснено только тем, что на этой поляне регулярно проходит охота на вальдшнепа, а также на уток и другую дичь во время пролета.

Такая же картина имеет место в условиях вырубок и лесных полян, где охота регулярно ведется и в настоящее время. Учитывая тот факт, что в районе исследований нет девственных лесов, и все леса когда-либо попадали под вырубку, охота на вальдшнепа так или иначе в них рано или поздно происходила. Однако в условиях спелых насаждений в распределении свинца в горизонте А₁ наблюдаются меньшие отличия.

Следует отметить, что источником свинца является не только охота на вальдшнепа, но и на другую дичь – зайцев, лис, копытных и особенно уток. Однако в последнем случае загрязнение испытывают берега водоемов и болота.

В почвенных горизонтах свинец имеет один тип распределения, и максимальное его содержание наблюдается в горизонте А, то есть его источником не являются материнские породы.

Уровень фонового содержания мышьяка для лесных почв Пензенской области составляет 13 мг/кг [6]. В результате исследований установлено, что прослеживается некоторая тенденция зависимости содержания мышьяка в почве от содержания органического вещества. Максимальное содержание мышьяка наблюдается в темно-серых лесных тяжелосуглинистых почвах, минимальное – в светло-серых лесных песчаных почвах (табл.). Для песчаных и супесчаных почв значение несколько ниже фона. Однако все полученные значения существенно превышают ПДК, которые составляют для супесчаных почв 2 мг/кг, а для кислых суглинистых почв 5 мг/кг [5, 7]. Это связано с геохимическими особенностями региона. Как показывают сравнения фоновых значений валового содержания в серых-лесных почвах Пензенской области с таковыми в почвах Кировской и Брянской областей, изучаемый регион выделяется наиболее высоким содержанием данного элемента. Для дерново-подзолистых почв Кировской области, находящихся под лесной растительностью фоновое содержание мышьяка составляет 2,0 мг/кг и не превышает ПДК. В серых-лесных почвах Брянской области среднее содержание мышьяка существенно повышается и составляет 8,9 мг/кг. В почвах Пензенской области среднее содержание мышьяка достигает 13,0 мг/кг, таким образом проявляется тенденция к повышению содержания мышьяка с севера на юг и с запада на восток, что объясняется аридизацией климата [6]. Данные, полученные на пробных площадях в разные годы, выражаются близкими значениями и находятся в пределах ошибки измерений. Таким образом, каких-либо тен-

денций в плане увеличения или уменьшения содержания рассматриваемого элемента в почвах, или влияния количества выпадающих осадков на этот показатель выявить не удалось.

Распределение As по почвенным горизонтам имеет два типа. В условиях серых лесных тяжелосуглинистых почв и серых лесных легкосуглинистых почв максимальное содержание этого элемента наблюдается в горизонте С, то есть в материнской породе, представленной здесь бескарбонатной глиной. В остальных изученных нами почвах максимальная концентрация мышьяка наблюдается в горизонте А. В горизонтах В и С содержание мышьяка снижается.

Таким образом можно сделать следующие выводы:

- содержание кадмия и свинца в изученных разновидностях серых лесных почв находится в пределах ОДК; повышенное содержание мышьяка является особенностью геохимии региона;
- важнейшим источником загрязнения почв свинцом в условиях охотничьих угодий является дробь.

Литература

1. Водяницкий, Ю. Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах / Ю. Н. Водяницкий // Почвоведение. 2012. № 3. С. 368–375.
2. Обухов, А. И. Научные основы разработки ПДК тяжелых металлов в почвах / А. И. Обухов, И. Н. Бабьева // Тяжелые металлы в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1980. С. 20–28.
3. Иванов, А. И. Макромицеты сосновых лесов лесостепи правобережного Поволжья / А. И. Иванов // Микол. и фитопатол., 1994. Т. 28. Вып. 2. С. 7–15.
4. Иванов, А. И. Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в базидиомах грибов порядка Boletales / А. И. Иванов, А. А. Костычев // Микол. и фитопатол., 2007. Т. 41. Вып. 6. С. 500–505.
5. Горохова, А. Г. Распределение тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Pb) и мышьяка (As) в природных средах и биологических объектах правобережной части водосборной площади Пензенского водохранилища: Дис. ... канд. биол. наук / А. Г. Горохова. Пенза, 2013.
6. К вопросу о содержании мышьяка в почвах европейской части России / Н. В. Акименков, А. И. Иванов, С. А. Менялин и др. // Мониторинг экологически опасных промышленных объектов и природных экосистем: Сб. статей V Междунар. науч.-практ. конф. МНИЦ ПГСХА. Пенза: РИО ПГСХА, 2011. С. 22–32.
7. Горохова А. Г. Содержание мышьяка в природных средах на водосборной площади Пензенского водохранилища / А. Г. Горохова, А. И. Иванов, А. А. Костычев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2013. № 09(13). Т. 1 С. 19–25.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СЕЛИТЕБНЫХ И РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА

Е. А. Заиченко

*Южный федеральный университет Институт наук о Земле,
zai4enko.e1996@mail.ru*

Краснодарский край является туристическим регионом и занимает лидирующую позицию в России по этому показателю. С каждым годом идет стремительное развитие туризма, следовательно, увеличивается и рекреационная нагрузка на территории края. В связи с таким развитием, вопрос об экологическом состоянии компонентов окружающей среды является одним из главных.

В рамках геоэкологической оценки территории проводился обширный комплекс работ, включавший сбор, обработку и анализ материалов; маршрутные наблюдения; эколого-геохимические исследования; лабораторные химико-аналитические исследования; обработку полученных материалов.

Для изучения почвенного покрова были выбраны следующие участки (рис. 1):

- окрестности СОЛ «Лиманчик» (п. Абрау);
- площадка на территории Новороссийской государственной морской академии (в юго-восточной её части);
- участок на окраине города Горячий Ключ;
- участок в черте г. Туапсе;
- строительная площадка жилой застройки в южной части г. Сочи.

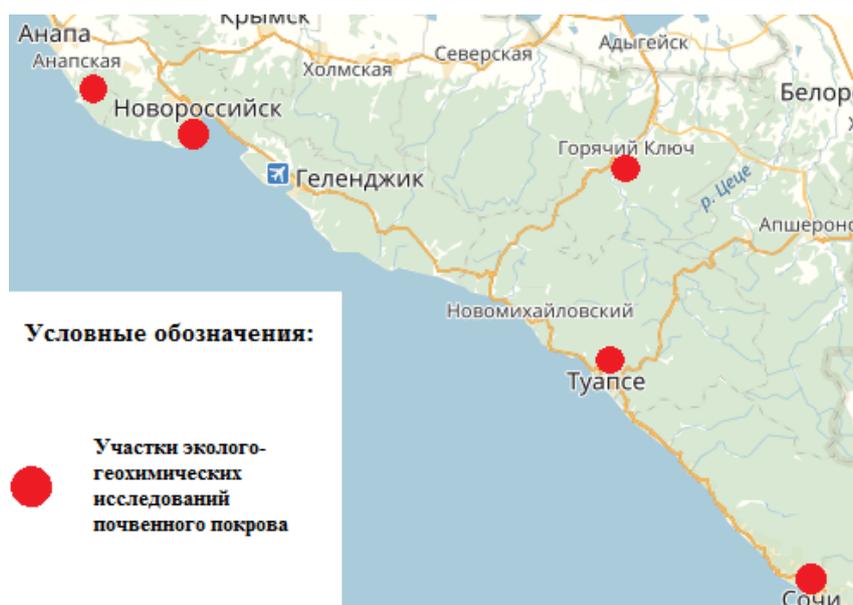


Рис. 1. Участки эколого-геохимического исследования почвенного покрова

Краткая характеристика участков эколого-геохимических исследований представлена в таблице 1.

Таблица 1

Краткая характеристика участков исследований

Участки	Расположение объектов	Определяемые вещества	Кол-во проб	Приоритетные ЗВ
Окрестности СОЛ «Лиманчик»	пос. Абрау	Mn, Ni, V, Cu, Pb, Zn	16	Cu, Zn
Площадка Новороссийской государственной морской академии	Юго-западная часть г. Новороссийск	Pb, Zn, Ni, Cu, Cd, Hg, As, нефтепродукты, бенз(а)пирен	12	Hg, Pb, Zn
Участок изысканий под размещение газопровода	На окраине г. Горячий Ключ	Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Hg, As, нефтепродукты, бенз(а)пирен	3	Hg
Площадка под строительство пятиэтажной жилой застройки	Объект в г. Туапсе, ул. Маршала Жукова, 17/8	Pb, Zn, Cd, Hg, Mn, Ni, Cu, As, V, нефтепродукты, бенз(а)пирен	5	Pb, Zn, Cd, Hg, Cu нефтепродукты
Территория проектируемой жилой застройки	Участок в Хостинском районе г. Сочи по ул. Яна Фабрициуса	Mn, Ni, Co, V, Cr, Mo, Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, As, нефтепродукты, бенз(а)пирен	23	V, Hg, Pb, Zn, Cd, Cu, Cr

По средним содержаниям веществ и элементов в почвах, которые представлены в таблице 2, были составлены геохимические спектры распределения химических элементов в почвах (рис. 2–6).

Таблица 2

Средние содержания веществ и элементов в почвах, мг/кг

Вещества	СОЛ «Лиманчик»	г. Новороссийск	г. Горячий Ключ	г. Туапсе	г. Сочи	ПДК [1, 2]
Mn	522,2	–	–	900	869,6	1500
Ni	35,56	18,1	30,4	17,5	60,4	80
V	113,89	–	–	13,4	145,7	150
Cu	50	17,8	23,3	81,4	70	132
Pb	14,4	23,3	21,4	110	33,1	130
Zn	57,2	153,36	43,7	186	125,2	220
Cd	–	0,24	0,43	0,77	0,098	2,0
Hg	–	0,027	1,5	0,06	0,008	2,1
As	–	1,5	7,7	4,0	2,62	10
Co	–	–	–	–	19,3	–
Mo	–	–	–	–	1,9	–
Cr	–	–	–	–	629,6	–
Нефтепродукты	–	307,5	103,8	1418	50	1000 [8]
Бенз(а)пирен	–	0,001	0,005	0,009	0,004	0,02

Из геохимических спектров видно, что содержания элементов в почвах в целом сопоставимы с региональным фоном [3, 4, 5] либо не значительно его превышают.

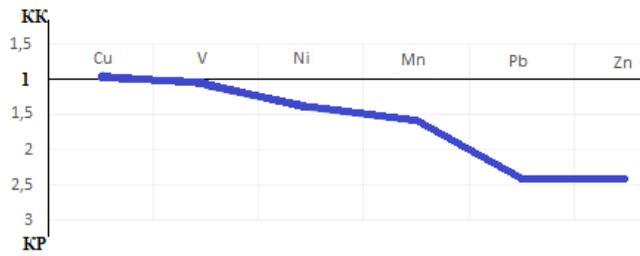


Рис. 2. Геохимический спектр содержания химических элементов в верхнем почвенном горизонте окрестностей СОЛ «Лиманчик», мг/кг

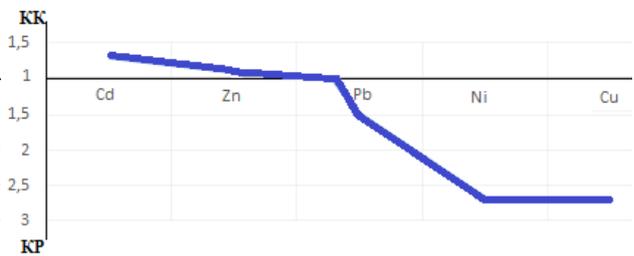


Рис. 3. Геохимический спектр содержания химических элементов в верхнем почвенном горизонте г. Новороссийск, мг/кг

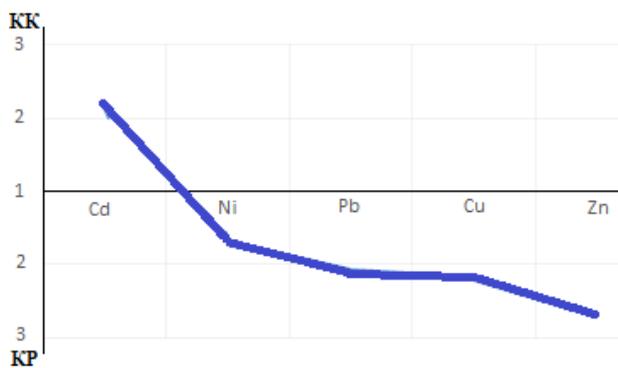


Рис. 4. Геохимический спектр содержания химических элементов в верхнем почвенном горизонте г. Горячий Ключ, мг/кг

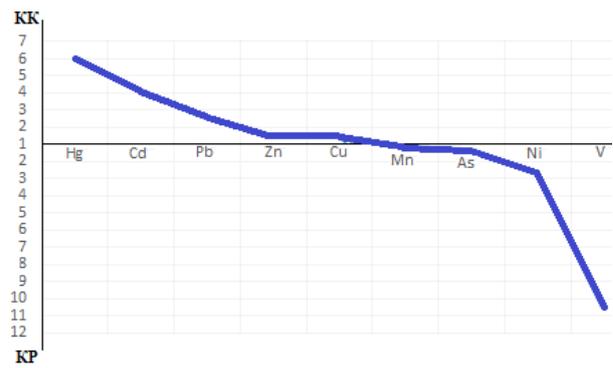


Рис. 5. Геохимический спектр содержания химических элементов в верхнем почвенном горизонте г. Туапсе, мг/кг

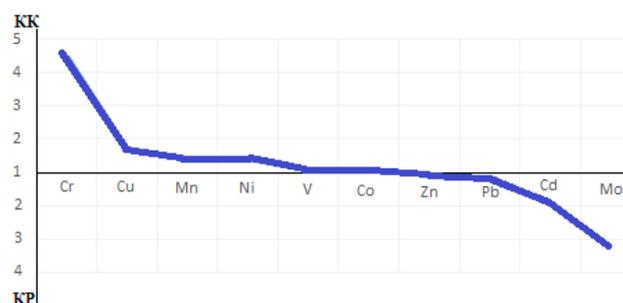


Рис. 6. Геохимический спектр содержания химических элементов в верхнем почвенном горизонте г. Сочи, мг/кг

В отдельных точках концентрации элементов превышают ПДК. Поэтому для этих точек был рассчитан коэффициент опасности (табл. 3).

Таблица 3

Содержание веществ и элементов превышающих ПДК

Участки	Элементы и вещества	Количество проб	Содержание	Коэффициент опасности
СОЛ «Лиманчик»	Cu	3	150–300	1,1–2,3
	Zn	1	300	1,4
	V	1	200	1,3
г. Новороссийск	Zn	1	2486	11,3
г. Горячий Ключ	Hg	1	4,26	2
г. Туапсе	Нефтепродукты	3	1120–3600	1,12–3,6
г. Сочи	Pb	2	200	1,5
	Zn	1	300	1,4
	Cu	1	400	3
	V	6	200	1,3

* Коэффициент опасности рассчитан по формуле $K_o = C_i / ПДК$

В окрестностях СОЛ «Лиманчик» концентрации меди, цинка, и ванадия превышают ПДК в сосновой роще, на месте бывших виноградников.

Участок на территории Новороссийской государственной морской академии характеризуется высокими концентрациями цинка, в одной из точек наблюдается «ураганная» концентрация (11,3 ПДК), это возможно связано с близостью автодороги, с интенсивным движением по проспекту [6, 7].

В районе г. Горячий Ключ в одной почвенной пробе наблюдается значительное превышение по ртути, это можно обосновать тем, что антропогенным источником поступления ртути в почву может служить разработка и добыча нефти.

В Туапсе ПДК превышает концентрация нефтепродуктов, две пробы характеризуются низким уровнем загрязнения (1000–2000 мг/кг) и одна – высоким (3000–5000 мг/кг) [8].

В почвенном покрове города Сочи наблюдаются превышения ПДК по свинцу (1,5 ПДК), меди (3 ПДК), цинку (1,4 ПДК) и ванадию. Концентрации ванадия превышают ПДК в шести точках (в 1,3 раза), но т.к. превышение невысокое и площадь загрязнения небольшая можно оценивать его как неопасное.

Также был рассчитан суммарный показатель загрязнения почв на исследуемых участках (табл. 4)

Таблица 4

Суммарный показатель загрязнения (Z_c)

Участок изучения	Величина Z_c	Категории загрязнения почв
СОЛ «Лиманчик»	1,5	Допустимая
г. Новороссийск	1,4	Допустимая
г. Горячий Ключ	8,77	Допустимая
г. Туапсе	11,7	Допустимая
г. Сочи	6,1	Допустимая

Из данных таблицы 4 видно, что на всех участках суммарный показатель загрязнения изученных почв не превышает 16, следовательно, все почвы имеют допустимый уровень загрязнения. Наибольшая величина суммарного показателя отмечается для почв на площадке изысканий в городе Туапсе.

В целом экологическая обстановка на рассматриваемых участках удовлетворительная. Но территория г. Туапсе выделяется, ее можно отнести к напряженной категории. Такое экологическое состояние является результатом функционирования предприятий, связанных с переработкой, хранением и транспортировкой нефти, нефтепродуктов.

На сегодняшний день в городе такая обстановка, что любая производственная программа может быть прекращена в результате наступления неконтролируемых негативных экологических процессов. Таким образом, в соответствии с требованиями ФЗ «Об охране окружающей среды» и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» на территории города Туапсе размещение новых производственных объектов и реконструкция действующих возможна только в случае выполнения мероприятий по снижению негативного воздействия на компоненты окружающей среды.

Литература

1. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
2. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 10 с.
3. Белюченко И. С. Экология Кубани. Ч. 1. Краснодар: Изд-во КГАУ, 2005. 513 с.
4. Белюченко И. С. Экология Кубани. Ч. 2. Краснодар: изд-во КГАУ, 2005. 470 с.
5. Дьяченко В. В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. Ростов н/Д.: АрК ОП, 2004. 266 с.
6. Заиченко Е. А. Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова приморской территории городского округа Новороссийск // Экология России и сопредельных территорий: Материалы XXI Междунар. экологической студенческой конф. Новосибирск, 2016. С. 41.
7. Заиченко Е. А. Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова приморской территории города Новороссийск // Актуальные проблемы наук о Земле: Материалы II науч. конф. студентов и молодых ученых с междунар. участием. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2016. С. 334–336.
8. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими элементами. М.: Управление охраны почв и земельных ресурсов Минприроды России, 1993. 31 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПГТ. ГОРНЫЙ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*О. Ю. Растегаев, А. В. Рыжков, С. Н. Черников,
А. О. Малишевский, А. П. Кравченко
Государственный научно-исследовательский институт
промышленной экологии, info@sar-ecoinst.org*

Важное экологическое значение имеет оценка состояния почв по комплексу показателей, поскольку кроме прямого негативного влияния на живые организмы тяжелых металлов, высокую опасность представляет косвенное влияние химического загрязнения на дисбаланс химических элементов в экосистемах [1, 2]. Согласно литературным данным [3] число примеров токсического действия металлов и других загрязняющих веществ, входящих в состав технических продуктов или отходов промышленности, увеличивается с каждым годом.

Общая характеристика почв Красно-партизанского района Саратовской области [4]. Специфика почвенного покрова Саратовской области в полной мере отражает своеобразие факторов почвообразовательного процесса в Правобережной и Заволжской ее частях.

По мере возрастания засушливости климата с северо-запада на юго-восток меняется структура и генетические признаки почвенного покрова. Типично степная подзона представлена южными черноземами и темно-каштановыми почвами. В Правобережье южные черноземы сформировались на юге, а в Заволжье – севернее долины р. Большой Иргиз. Следует отметить, что Заволжье, в силу большой монотонности рельефа, в подзоне типичной степи имеет менее пестрый почвенный покров. Отдельными участками встречаются лугово-черноземные и лугово-каштановые почвы. Мощность гумусового горизонта колеблется в пределах 20–30 см (маломощные) 37–50 см (средней мощности). Окраска почв обычно буровато-серая, структура комковато-пылеватая.

Почвенный покров в районе пгт. Горный представлен комплексом каштановых почв с солонцами (от 10 до 25%). Механический состав почв на данной территории глинистый и тяжелосуглинистый. Для почв характерна повышенная карбонатность.

Результаты анализа проб почв показывают наличие повышенного содержания мышьяка (т. 141, 12), кобальта (т. 97).

Значения водородного показателя (рН) водной вытяжки из почв изменяется в пределах от 7,05 до 9,7. Это указывает на то, что почвы являются щелочными, причем большинство проб (60%) относятся к щелочным, меньшая часть к сильнощелочным (40%) и только менее 1% – к слабощелочным.

Поскольку специфические загрязняющие вещества в почвах не обнаружены, оценку состояния почв проводят по содержанию мышьяка и тяжелых

металлов. Мышьяк может накапливаться в почвах на объектах УХО при уничтожении люизита.

Оценка состояния почв проводилась по утвержденным методикам оценки [5–7]. Исследование почв проведено рентгенофлуоресцентным методом по методике «М049-П/04 Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа». Исследования выполнялись на приборе «Спектроскан МАКС GF2E» (рис. 1). Всего за 2002–2008 гг. было исследовано 1080 проб почв (12360 компонентоопределений).

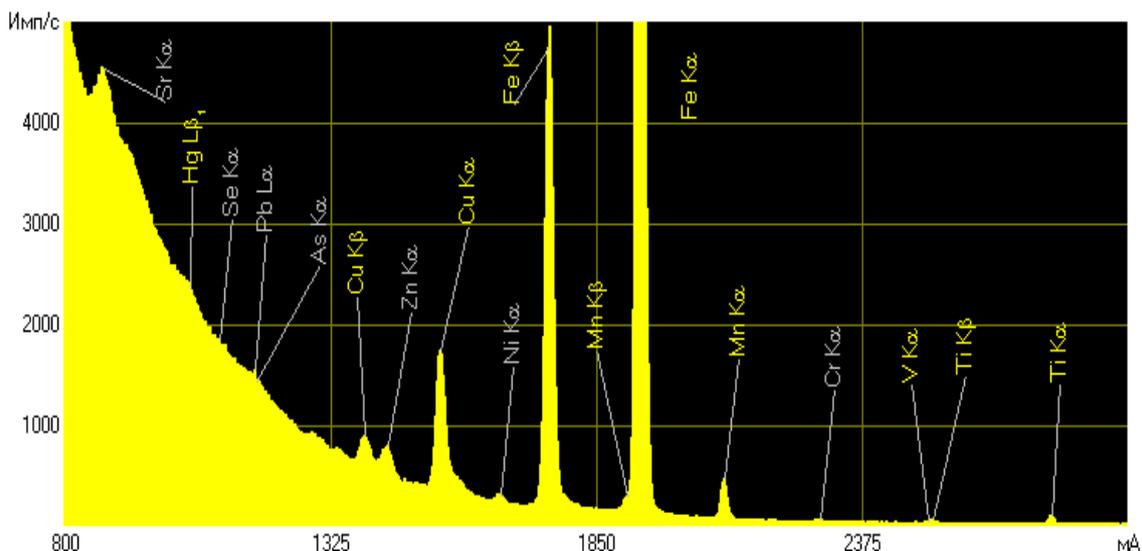


Рис. 1. Обзорный рентгеновский спектр образца почвы

Оценка степени химического загрязнения почв проводилась на основании двух показателей – коэффициента химического загрязнения (K_c) и суммарного показателя (Z_c), которые вычисляются по формулам:

$$K_c = C_i / C_{ф},$$

где K_c – коэффициент химического загрязнения;

C_i – концентрация i -элемента в пробе, мг/кг;

$C_{ф}$ – фоновая концентрация i -элементов, мг/кг

$$Z_c = \sum K_c - (n-1),$$

где Z_c – суммарный показатель загрязнения;

n -число i -ых элементов.

При отсутствии достоверных данных по фоновым концентрациям рекомендуется использовать значения предельно допустимых концентраций [6].

Категория загрязнения почв определялась в соответствии с [7].

Оценка состояния почв проводилась по утвержденным методикам [5, 6]. Результаты проведенной оценки приведены в таблице и на рисунках 2, 3. По большинству показателей превышение предельно допустимых санитарно-гигиенических нормативов не наблюдается. Превышение наблюдается в отдельных пробах почвы по мышьяку (2 ОДК) и по марганцу (до 2 ПДК). По суммарному показателю загрязнения (Z_c) почвы в районе расположения

пгт. Горный Саратовской области относится к допустимой категории загрязнения.

Таблица

Оценка состояния почв по показателям коэффициента химического загрязнения (Кс) и суммарного показателя (Zс)

№ п/п	Элемент/показатель	Смах, мг/кг	Кс max, доли ПДК (ОДУ)	Ср, мг/кг	Кс ср, доли ПДК (ОДУ)	Диапазон измерения массовой доли определяемого компонента, мг/кг	Значение погрешности, %
1	As	16,7	1,7	12,3	1,2	6–60	42
2	Pb	50,9	0,4	33,4	0,3	25–280	44
3	Cu	64,3	0,5	41,1	0,3	20–310	44
4	Zn	240,1	1,1	152,4	3,0	10–610	23
5	V	133,5	0,7	104,2	0,7	10–180	27
6	Ni	57,4	0,7	53,2	0,7	10–380	38
7	Mn	833,0	0,8	776,4	0,8	100–950	11
8	Co	14,2	2,8	10,6	2,2	10–150	46
9	Zс		1,0				

Таким образом, почвы в районе расположения пгт. Горный Саратовской области являются щелочными, категория загрязнения почв – допустимая. Специфические кожно-нарывные отравляющие вещества и продукты их деструкции не обнаружены.



Рис. 2. Экологический мониторинг мышьяка в почве в районе расположения пгт. «Горный»

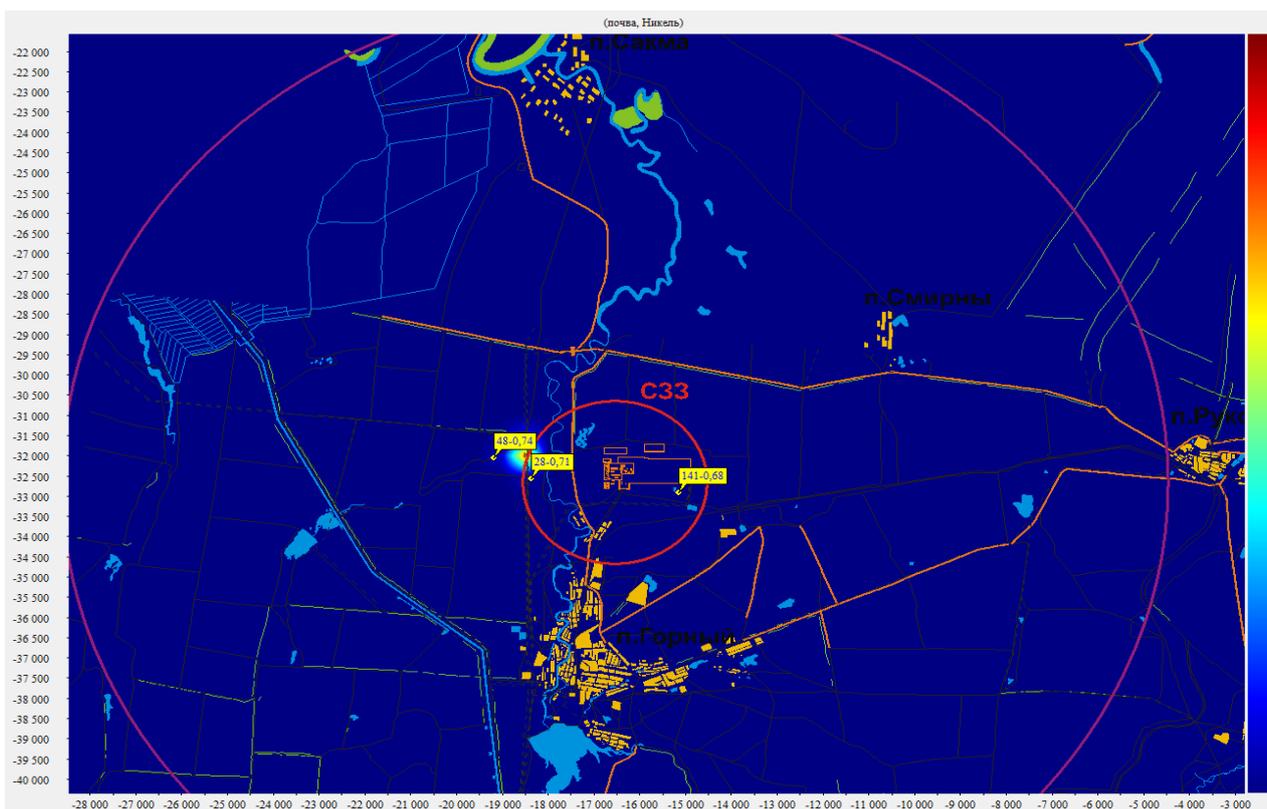


Рис. 3. Экологический мониторинг никеля в почве в районе расположения пгт. «Горный»

Литература

1. Химия окружающей среды / Под ред. Дж. О. М. Бокриса М.: Химия, 1982. 668 с.
2. Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия, 1996. 317 с.
3. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Под ред. Х. Зигель, А. Зигель. М.: Мир, 1993. 368 с.
4. Материалы технико-экономического обоснования строительства ОУХО пгт. Горный, 1995–2000 г. 2350 с.
5. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. 38 с.
6. Правила определения степени загрязненности почв обследуемых земельных участков, Саратов, Комитет по охране природной среды, 1994. 11 с.
7. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами, М.: МПР Роскомзем, 1993. 73 с.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ Г. СОВЕТСКА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. С. Клепцов, Т. А. Адамович

Вятский государственный университет, ttjnadamvich@rambler.ru

Почвы занимают уникальное, но вполне закономерное положение в ландшафте. Каждый из компонентов природы накладывает свой отпечаток на «внешность» почв и «физиологию» протекающих в них процессов, поэтому почву справедливо считают детищем ландшафта [1].

Почвы являются природными накопителями тяжёлых металлов (ТМ) в окружающей среде и основным источником загрязнения сопредельных сред, включая высшие растения. ТМ находятся в почве в виде различных химических соединений. В почвенном растворе они присутствуют в форме свободных катионов и ассоциатов с компонентами раствора. В твёрдой части почвы они находятся в форме обменных катионов и поверхностных комплексных соединений, в виде примесей глинистых минералов, в форме собственных минералов, устойчивых осадков малорастворимых солей [2].

Для исследования почвенного покрова были выбраны участки вблизи г. Советска, расположенного в 137 км к югу от г. Кирова, по берегам рек в районе узкого перешейка, разделяющего реки Пижму и Вятку, в устье р. Кукарки (народное название местности: Трёхречье). К границам города также примыкают реки Немда и Чернушка [3].

Пробы почв были отобраны в осенний период 2016 г. (сентябрь – октябрь) на трёх участках на территории г. Советска.

В пробах почв определяли содержание ТМ (свинец, кадмий, медь, цинк, железо, марганец), находящихся в валовой и подвижной формах, и водородный показатель.

Анализ почвы на содержание ТМ проведён по методике измерений массовых концентраций элементов атомно-абсорбционным методом ФР.1.31.2012.13573. Водородный показатель измеряли на рН-метре-иономере «Эксперт-001».

Значение рН в точке № 1 составило $6,8 \pm 0,1$; в точке № 2 – $6,9 \pm 0,1$; в точке № 3 – $4,8 \pm 0,1$. Почвы участков 1 и 2 характеризуются нейтральной реакцией среды, а в точке № 3 – кислой.

Нормирование содержания ТМ в почве и растениях является чрезвычайно сложным из-за невозможности полного учёта всех факторов природной среды. Так, изменение только агрохимических свойств почвы (реакции среды, содержания гумуса, степени насыщенности основаниями, гранулометрического состава) может в несколько раз уменьшить или увеличить содержание тяжёлых металлов в растениях. На сегодняшний день предложено множество шкал экологического нормирования ТМ. В некоторых случаях за предельно допустимую концентрацию принято самое высокое содержание металлов, наблюдаемое в обычных антропогенных почвах, в других – содержание, являющееся предельным по фитотоксичности. В большинстве случаев для ТМ предложены ПДК, превосходящие верхнюю норму в несколько раз [2].

В работе для оценки загрязнения почв ТМ используются гигиенические нормативы: предельно допустимые концентрации – ПДК, ориентировочно допустимые концентрации – ОДК.

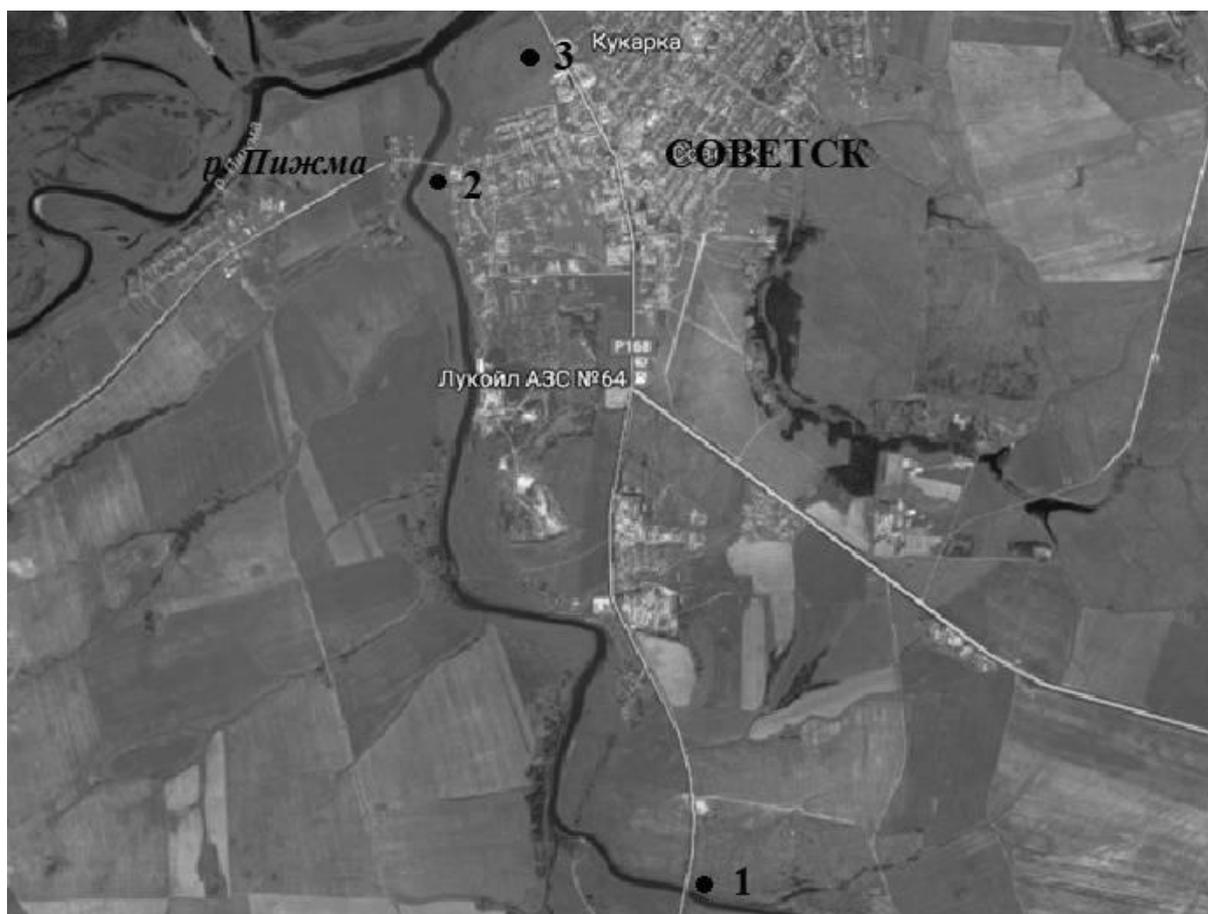


Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб почвы вблизи г. Советска

Примечание: 1 – автомобильный мост через реку Немда около с. Ильинск; 2 – правый берег реки Немда около д. Родыгино; 3 – правый берег р. Пижма около г. Советска.

Таблица 1

**Содержание тяжелых металлов (подвижная форма) в почве
вблизи г. Советска**

Точки отбора проб	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn
1	1,79±0,38	0,060±0,018	0,29±0,08	2,7±0,9	132±33	550±126
2	34±7	0,28±0,07	1,13±0,26	170±60	1180±290	115±27
3	1,16±0,24	0,080±0,024	0,080±0,022	29±10	42±11	139±32
ПДК[4]	6,0	-	3,0	23,0	-	100

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК.

По приведённым в таблице 1 данным можно отметить, что преобладающим металлом в составе исследуемых образцов почв является марганец Mn, максимальное содержание которого отмечено в точке отбора проб № 1 (550 мг/кг). Исключение составляет точка № 2, преобладающим металлом в которой является железо Fe (1180 мг/кг).

Вторым и третьим по значениям массовой концентрации являются железо Fe и цинк Zn соответственно. Максимальные концентрации этих металлов зафиксированы в точке № 2: железо Fe (1180 мг/кг), цинк Zn (170 мг/кг).

Наибольшие значения концентраций свинца Pb (34 мг/кг) и меди Cu (1,13 мг/кг) отмечены в точке № 2. Концентрация кадмия Cd не превышает 1 мг/кг.

Результаты определения подвижной формы ТМ показали, что единственным металлом, концентрация которого превышает ПДК на всех трёх участках отбора проб, является марганец Mn (табл. 1). В точке №1 концентрация марганца Mn превышает ПДК в 5,5 раз (550мг/кг), в точке № 2 – в 1,15 раз (115мг/кг), в точке №3 – в 1,39 раз (139мг/кг).

Содержание цинка Zn превышает ПДК в точке №2 (170мг/кг) в 7,4 раза и в точке № 3 (29 мг/кг) в 1,3 раза. Концентрация свинца Pb превышает ПДК в точке № 2 (34мг/кг) в 5,7 раз. Максимальные содержания железа и кадмия установлены для почв на участке № 2, расположенного на правом берегу р. Немда около д. Родыгино. Содержание меди Cu находится в допустимых пределах.

Таблица 2

**Содержание тяжелых металлов (валовая форма) в почве
вблизи г. Советска**

Точки отбора проб	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn
1	8,1±1,7	0,24±0,06	16,8±3,9	40±13	10500±2600	935±123
2	129±27	0,4±01	32±7	430±140	15000±3700	234±54
ОДК[5]	130	2	132	220	-	1500
3	9,0±1,9	0,28±0,07	11,5±2,7	86±29	7500±1900	732±168
ОДК[5]	65	1	66	110	-	1500

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК.

Определение содержания металлов в валовой форме показало, что концентрация железа Fe выше концентрации всех компонентов в исследуемых пробах и варьирует в пределах от 7500 мг/кг (точка №3) до 15000 мг/кг (точка № 2) (табл. 2).

Вторым и третьим по значениям массовой концентрации являются марганец Mn и цинк Zn соответственно. Максимальная концентрация марганца Mn отмечена в точке № 3 (732 мг/кг), минимальная (234 мг/кг) в точке № 2. Содержание цинка Zn в пробах варьирует в пределах 40–430 мг/кг в точках № 1 и 3 соответственно. Медь Cu, свинец Pb и кадмий Cd содержатся в значительно меньших количествах.

Превышение ОДК отмечено только в точке №2 для валового цинка Zn (430 мг/кг) в 2 раза. Содержание остальных металлов во всех трёх точках отбора проб находится в допустимых пределах.

Наиболее загрязнённой ТМ является проба почвы № 2, отобранная на берегу реки Немда около д. Родыгино. В ней отмечены высокие concentra-

ции как валовых, так и подвижных форм определяемых ТМ, что может быть связано с близостью расположения автомобильной дороги и ОАО фирмы «Валенки».

Литература

1. Природа, хозяйство, экология Кировской области: Сборник статей / Ответ. Ред. В. И. Колчанов, А. М. Прокашев. Киров, 1996. 592 с.
2. Казакова Н. А. Загрязнение почвы тяжёлыми металлами // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 1(8) 2009. С. 29–31.
3. Советск (Кировская область) [Электронный ресурс]: Материал из Википедии свободной энциклопедии: Версия 84768373, сохранённая в 22:41 UTC 9 апреля 2017 / Авторы Википедии // Википедия, свободная энциклопедия. Электрон. дан. Сан-Франциско: Фонд Викимедиа, 2017. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=84768373>.
4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 23.01.2006 N 1 «О введении в действие гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2041-06» (вместе с «ГН 2.1.7.2041-06. 2.1.7. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 19.01.2006) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 07.02.2006 N 7470).
5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 18.05.2009 N 32 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2511-09» (вместе с «ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы») (Зарегистрировано в Минюсте РФ 23.06.2009 N 14121).

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛИЭЛЕМЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ИОНАМИ СД И СО НА РОСТ И АККУМУЛЯЦИЮ МЕТАЛЛОВ РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ МУТАНТА ГОРОХА ПОСЕВНОГО – SGECD^T

*Я. В. Пухальский, А. И. Шапошников, Т. С. Азарова, А. А. Белимов
ФГБНУ ВНИИСХМ, jankiss88@gmail.com*

На сегодняшний день одной из основных проблем получения стабильных урожаев является загрязнение сельскохозяйственных земель тяжелыми металлами (ТМ). Основными источниками загрязнения являются: использование осадков сточных вод для орошения; применение органических, минеральных удобрений и средств защиты растений, близкое расположение автомагистралей [1, 2]. Наиболее часто встречается полиэлементное загрязнение. Воздействие комплекса элементов на растения во многом отличается от их реакции на отдельный элемент [3]. Однако, механизмы их совместного поступления и аккумуляции в растениях ещё недостаточно хорошо изучены [4]. При этом, известно, что токсикологический эффект зависит не только от суммарного содержания отдельных элементов в многокомпонентной смеси, но и от их взаимного воздействия. Установлено, что между ТМ и другими химическими элементами возможны аддитивные, антагонистические и синергетиче-

ские взаимоотношения [2]. Например, совместное воздействие цинка и меди на растения в несколько раз токсичнее, чем их реакция на отдельный элемент [5]. Подобным образом действует и смесь цинка с никелем [6], кадмия и свинца [7, 8], кадмия и цинка [9]. Вместе с тем, показано, что внесение цинка в сильно загрязнённую кадмием почву заметно снижает аккумуляцию последнего в растениях [10–12].

Опасность загрязнения почв и поступления ТМ в растения напрямую связана с миграционной способностью и прочностью связывания (биологической доступностью) отдельного металла в разных типах почв [13]. Так, среди ТМ наибольшей миграционной подвижностью и биоаккумуляцией в черноземных почвах обладает Cd, наименьшей – Pb [14]. В дерново-подзолистой почве по величине максимальной сорбции (Q_{max}) ТМ располагаются в ряд $Cu > Zn > Co > Cd$ [13]. В поведении ТМ в почвах особенно большую роль играет их взаимодействие с почвенно-поглощающим комплексом (ППК) [13–16]. Часть металлов, поступивших в почву, адсорбируется из почвенного раствора в ППК, в зависимости от органоинеральной составляющей различных типов почв [17, 18]. Известно, что чем ниже содержания ТМ, тем выше энергия их взаимодействия с органическими комплексами [19]. Часть ТМ хелатируется корневыми экзометаболитами и слизью растений [20, 21]. Часть ТМ закрепляется в почве за счет ризобактерий [22]. Большая же доля из той части ТМ, которая поступает в растения, задерживается в корневой системе, как основной буферной зоне растений, остальная же – в зависимости от биологических особенностей конкретного растительного организма, по ксилемному соку вместе с питательными веществами поступает в побеги и генеративные органы.

Длительное воздействие ТМ, связанное с увеличением количества поглощенного металла, снижает плодородие почвы и pH почвенного раствора [1, 13]. Это важно учитывать не только в процессах получения экологически чистых урожаев на загрязненных почвах, но и для решения задач, связанных с фиторемедиацией технонарушенных земель.

Целью нашей работы было оценить влияние кадмия и кобальта при моно- и полиэлементном искусственном загрязнении залежной дерново-подзолистой почвы на биомассу получаемого урожая растительно-микробной системы на основе гороха посевного (*Pisum sativum L.*) и аккумуляцию металлов в ее надземной части.

Известно, что при загрязнении антропогенных экосистем, ТМ обычно присутствуют в количествах, часто превышающим их предельно допустимые концентрации (ПДК). Однако, в показателе ПДК не учитывается воздействие факторов среды [23]. Поэтому для ряда элементов эти показатели необходимо пересмотреть [7]. Вероятно, по этой причине для ряда ТМ (Cd, Cu, Ni, Zn) вместо ПДК установлены нормы ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). Для ТМ у которых нет нормативов, степень загрязнения почв оценивают по эмпирическому критерию – превышению четырёх фоновых значений [1].

Растительными объектами для наших исследований послужили дикая линия гороха посевного – SGE, и полученный на её основе, после ЭМС-мутагенеза, генотип SGECD^t, отличающийся устойчивостью к кадмию и кобальту [24, 25]. Микробиологическими объектами для интродукции в почву послужили штаммы эндомикоризного гриба *Glomus sp. IFo*, штаммы клубеньковых бактерий *Rhizobium leguminosarum bv. viciae RCAM1066* и штаммы ассоциативных АЦК-утилизирующих бактерий *Variovorax paradoxus 5C-2* из коллекции ВКСМ (ФГБНУ ВНИИСХМ, СПб), повышающие устойчивость бобово-ризобияльного симбиоза к загрязнению почв токсичными концентрациями ТМ [26].

ТМ вносили в виде растворов солей (CdCl_2 – 15 мг/кг; CoSO_4 – 50 мг/кг). Анион соли кадмия был выбран не случайно, поскольку солёность хлоридов сильно связана с усилением поглощения кадмия растениями из почвенного раствора, даже с очень низким его содержанием [27, 28]. Влияние сопутствующих анионов на экстрагируемость поглощенных катионов (ионов ТМ) убывает в порядке: хлориды > сульфаты > ацетаты > нитраты [29]. Контролем в опыте служили сосуды с инокулированными растениями и/или без внесения ТМ. В пределах каждого варианта ставилось по 4 повторности.

Эксперименты проводились в летний период в теплице с естественным световым и температурным режимами на территории института сельскохозяйственной микробиологии (ФГБНУ ВНИИСХМ, СПб). Растения в количестве 5 шт. на сосуд (что соответствует норме 100 семян на 1 м^2) выращивали в эмалированных сосудах без дна до фазы полного созревания семян (77 суток).

Перед набивкой сосудов, почва была просеяна через сито с ячейками диаметром 5 мм и доведена до воздушно-сухого состояния. Агрохимическая характеристика почвы проведена стандартными методами [30]: углерод общий – $2,23 \pm 0,04\%$; азот общий – $0,16\%$; подвижный фосфор – $3,30 \pm 0,63$ мг $\text{P}_2\text{O}_5/100$ г; подвижный калий – $7,00 \pm 0,55$ мг $\text{K}_2\text{O}/100$ г; сумма обменных оснований – $5,9 \pm 0,18$ мг экв/100 г; рН солевая $4,63 \pm 0,12$; рН водная $5,45 \pm 0,37$. Исходное содержание кадмия в почве составляло менее 0,5 мг Cd/кг. Реакция почвы с помощью известкования мелом была доведена до нейтральной.

При выращивании на загрязненной кадмием и/или кобальтом почве растительная биомасса мутанта гороха SGECD^t была значительно больше по сравнению с линией дикого типа. Различия между генотипами в большей степени проявлялись в растительной биомассе и в количестве сформированных семян.

Полученную биомассу растений срезали и высушивали. Семена и побеги размалывали отдельно до порошкообразного состояния и затем сжигали в графитовой печи DigiBlock (LabTech, Италия) в смеси концентрированной азотной кислоты и 38 % перекиси водорода (1:1). Концентрацию ТМ определяли методом оптической эмиссионной спектроскопии параллельного действия с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре ICPE-9000 (Shimadzu, Япония).

При совместном внесении металлов аддитивного негативного эффекта на рост растений не наблюдалось. Содержание кадмия в растениях обоих генотипов повышалось в присутствии токсичной концентрации кобальта. Напротив, содержание кобальта в растениях снижалось при внесении кадмия в почву. Это указывало на взаимодействие металлов в ризосфере по типу антагонизма. Также это согласуется с выводом, что при совместном поступлении кадмия и кобальта в почвенный раствор, Со увеличивает концентрацию Cd в нём в 4-6 раз, а влияние Cd на содержание Со не превышает 1,5 раза [31].

Таким образом, необходимо проведение дальнейших экспериментов по моно- и полиэлементному загрязнению ТМ разных типов почв в широком диапазоне их токсичных концентраций. Это позволит создать модель, описывающую влияние физиологической и биогеохимической составляющих в биогеоценозе, и расширить представление о поведении металлов в сорбционных и ионообменных процессах.

Литература

1. Водяницкий Ю. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность // Почвоведение. 2013. № 7. С. 872–881.
2. Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам. Петрозаводск, 2011. 77 с.
3. Елькина Г. Я. Реакция растений на полиэлементное загрязнение подзолистых почв тяжелыми металлами // Вестник Института биологии Коми научного центра уральского отделения РАН. 2011. № 3. С. 33–36.
4. Пищик В. Н., Воробьев Н. И., Проворов Н. А., Хомяков Ю. В. Механизмы адаптации растений и микроорганизмов в растительно-микробных системах к тяжелым металлам // Микробиология. 2016. Т. 85. № 3. С. 231–247.
5. Убугунов В. Л., Кашин В. К. Тяжелые металлы в садово-огородных почвах и растениях г. Улан-Удэ. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. 128 с.
6. Минеев В. Г. Экологические проблемы агрохимии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 283 с.
7. Гладков Е. А. Оценка комплексной фитотоксичности тяжелых металлов и определение ориентировочно допустимых концентраций для цинка и меди // Почвоведение. 2010. № 6. С. 94–99.
8. Петухов А. С., Хритохин Н. А., Петухова Г. А., Кудрявцев А. А. Влияние Pb и Cd на всхожесть и морфометрические показатели овса посевного // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 1(1). С. 177–177.
9. Yang X. E., Long X. X., Ye H. B., Calvert D. V., Stoffella P. J. Cadmium tolerance and hyperaccumulation in new Zn-hyperaccumulating plant species (*Sedum alfredii* Hance) // Plant and Soil. 2004. 259. P. 181–189.
10. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
11. Алексеенко В. А., Добровольский В. В., Яншин А. Л., Алещукин Л. В., Безпалько Л. Е. Цинк и кадмий в окружающей среде. М.: Наука, 1992. 197 с.
12. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
13. Круглов С. В., Анисимов В. С., Лаврентьева Г. В., Анисимова Л. Н. Параметры селективной сорбции Со, Си, Zn и Cd дерново-подзолистой почвой и черноземом // Почвоведение. 2009. № 4. С. 419–428.

14. Белоголова Г. А., Гордеева О. Н., Коваль П. В., Джао К. Х., Гао Г. Л. Закономерности распределения и формы нахождения тяжелых металлов в техногенно-трансформированных черноземах южного Приангарья и северо-восточного Китая // Почвоведение. 2009. № 4 С. 429–440.
15. Мишина Т. М. Изменения рН почвенных суспензии при адсорбции черноземом солей меди, цинка и свинца // Вестник Южного научного центра РАН. 2007. № 3(1). С. 83–86.
16. Пинский Д. Л., Минкина Т. М., Гапонова Ю. И. Сравнительный анализ моно- и полиэлементной адсорбции меди, свинца и цинка черноземом обыкновенным из растворов азотнокислых и уксусных солей // Почвоведение. 2010. № 7. С. 801–810.
17. Добровольский В. В. Роль органического вещества почв в миграции тяжелых металлов // Природа. 2004. № 7 С. 35–39.
18. Переломов Л. В., Чилачава К. Б., Швыкин А. Ю., Атрощенко Ю. М. Влияние органических веществ гумуса на поглощение тяжелых металлов глинистыми минералами // Агрехимия. 2017. № 2. С. 89–96.
19. Каббата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 498 с.
20. Казнина Н. М., Титов А. Ф. Влияние кадмия на физиологические процессы и продуктивность растений семейства Роасеае // Успехи современной биологии. 2013. № 133(6). С. 588–603.
21. Шапошников А. И., Белимов А. А., Кравченко Л. В., Виванко Д. М. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С. 16–22.
22. Белимов А. А., Тихонович И. А. Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С. 10–15.
23. Гладков Е. А., Гладкова О. В. Биотехнологические методы получения растений, устойчивых к тяжелым металлам // Биотехнология. 2007. № 1 С. 81–85.
24. Belimov A. A., Malkov N. V., Puhalsky J. V., Safronova V. I., Tikhonovich I. A. High specificity in response of pea mutant SGECdt to toxic metals: Growth and element composition // Environmental and Experimental Botany. 2016. 128. P. 91–98.
25. Tsyganov V. E., Belimov A. A., Borisov A. Y., Safronova V. I., Georgi M., Dietz K.-J., Tikhonovich I. A. A chemically induced new pea (*Pisum sativum* L.) mutant SGECdt with increased tolerance to and accumulation of cadmium // Annals of Botany. 2007. 99. P. 227–237.
26. Малков Н. В., Зиновкина Н. Ю., Сафронова В. И., Белимов А. А. Повышение устойчивости бобово-ризобияльного симбиоза к кадмию с помощью ризосферных бактерий, содержащих АЦК деаминазу // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9 С. 53–57.
27. López-Chuken U. J., López-Domínguez U., Parra-Saldivar R., Moreno-Jiménez E., Hinojosa-Reyes L., Guzmán-Mar J. L., Olivares-Sáenz E. Implications of chloride-enhanced cadmium uptake in saline agriculture: modeling cadmium uptake by maize and tobacco // International Journal of Environmental Science and Technology. 2012. 9. P. 69–77.
28. Weggler K., McLaughlin M. J., Graham R. D. Effect of chloride in soil solution on the plant availability of biosolid-borne cadmium // Journal of Environmental Quality. 2004. 33(2). P. 496–504.
29. Пинский Д. Л., Минкина Т. М., Манджиева С. С., Федоров Ю. А., Бауэр Т. В., Невидомская Д. Г. Особенности поглощения Cu(II), Pb(II) и Zn(II) черноземом обыкновенным из растворов нитратов, хлоридов, ацетатов и сульфатов // Почвоведение. 2014. № 1 С. 22–29.

30. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.

31. Лаврентьева Г. В., Круглов С. В., Анисимов В. С. Динамика катионного состава почвенного раствора известкованной дерново-подзолистой почвы при загрязнении Со и Сд и изменении рН // Почвоведение. 2008. № 9 С. 1092–1100.

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУРЫ ФЕСТУЛОЛИУМ В ОДНОВИДОВЫХ И ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ ПОСЕВАХ С КЛЕВЕРОМ ЛУГОВЫМ

А. П. Кислицына^{1,2}, В. А. Фигурин¹

¹ *Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, niish-SV@mail.ru*

² *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

Основными факторами, определяющими реализацию продуктивного потенциала кормовых культур, являются уровень почвенного плодородия и агроклиматические ресурсы (тепло и влага), а также характер их распределения в течение вегетационного периода.

В полевом кормопроизводстве при выращивании многолетних трав широко используют преимущества смешанных посевов, которые способны быстро реагировать на действие факторов внешней среды [1, 2]. В последние годы в производство внедряются нетрадиционные кормовые травы с улучшенными хозяйственно полезными признаками, созданные на основе отдаленной гибридизации [3]. Межродовой гибрид фестулолиум (*xFestulolium F.*) имеет ряд преимуществ перед другими мятликовыми – хорошая отавность, повышенное содержание сахаров и высокая зимостойкость [4].

Цель исследований – оценить влияние погодных условий на продуктивность новой культуры фестулолиум сорта Синта в одновидовых и смешанных посевах с сортами клевера лугового разных сроков созревания – позднеспелым Кировский 159 и раннеспелым Кретуновский.

Экспериментальные работы проводились на опытном поле НИИСХ Северо-Востока. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая с повышенным содержанием фосфора и средним калия, реакция почвенной среды среднекислая.

Посев трав проводился под покров ячменя. Нормы высева многолетних трав в одновидовых посевах соответствуют нормам рекомендуемым ВНИИ кормов для Нечерноземной зоны. В смешанных посевах доля семян бобовых составляла 70%, фестулолиума 30% от полной нормы высева в одновидовом посеве.

Удобрения под покровную культуру – ячмень внесены перед посевом в дозе N45P60K60. Подкормка фестулолиума проводилась азотными удобрениями весной и после первого укоса. Использование травостоев двуукосное. Первый укос в фазе начала цветения клевера, второй – в конце августа.

Опыты закладывались в трёхкратной повторности в течение трех лет, что позволило оценить влияние различных погодных условий на устойчивость и продуктивность культур. Годы проведения исследований существенно различались по температурному режиму, количеству и характеру выпадения осадков. 2012 г. был благоприятным для роста и развития трав по количеству тепла и условиям увлажнения. В 2013, 2014, 2016 гг. температуры и количество осадков в наиболее критические (ранние) периоды роста (при формировании первого и второго укосов) были существенно ниже климатической нормы, что приводило к гибели всходов, особенно злаковых трав, оказывало отрицательное влияние на развитие и формирование травостоев, и, соответственно, на их продуктивность. В мае 2015 года также отмечались проявления почвенной и атмосферной засухи. Сумма эффективных температур на конец мая была выше средних многолетних значений на 150° и достигала 333°. Месячная сумма осадков составила всего 26 мм или 47% от нормы. Вторая половина вегетации была благоприятной для роста и развития трав (ГК-1,84). Вегетационный период 2017 года отличался прохладной погодой и обилием осадков (ГК-1,99). Формирование вегетативной массы трав первого укоса проходило в условиях избыточного увлажнения почвы и прохладной погоде, отрастание трав после скашивания проходило при благоприятных условиях тепло- и влагообеспеченности.

Урожайность многолетних трав зависела от видового состава травостоя и складывающихся погодных условий. Проявление засушливых явлений, особенно на травах в год посева, оказало отрицательное влияние на продуктивность травостоев в последующие годы.

Наиболее критические условия увлажнения для появления всходов трав складывались в 2014 г. (вторая закладка). Формирование вегетативной массы трав первого укоса (2015 г.) проходило в условиях достаточного увлажнения почвы в первой половине мая и дефиците влаги в конце мая и первой декаде июня. В результате продуктивность на всех вариантах опыта в первом укосе была самой низкой за все годы эксперимента (табл. 1). В условиях умеренно-тёплой погоды и обилия влаги в период формирования второго укоса сбор сухого вещества фестулолиума, клевера и травосмесей был в 2,5–3 раза выше, чем в первом. Продуктивность травостоев в сумме за два года была ниже, чем на первой и третьей закладках.

Более высокой продуктивностью отличались травостои клевера и их смеси с фестулолиумом в первом укосе в 1 год пользования на первой закладке опыта, заложенной в благоприятном по условиям увлажнения 2012 г. Сбор сухого вещества одновидовых посевов фестулолиума был существенно ниже даже при подкормке азотными удобрениями. Недостаток влаги при формировании второго укоса в 2013 г. негативно отразился на урожайности трав (0,4–1,7 т/га сухого вещества). В агроклиматических условиях 2014 г. (2 год пользования) одновидовой и смешанной травостой фестулолиума с позднеспелым клевером не сформировали продуктивного второго укоса (табл. 2).

Таблица 1

**Колебания урожайности многолетних трав 1-го года пользования
(сухое вещество, т/га)**

Варианты	1 укос			2 укос		
	2013	2015	2016	2013	2015	2016
Фестулолиум N0	1,7	0,38	3,99	0,4	0,58	1,21
Фестулолиум N45	3,7	0,96	4,30	1,4	3,27	1,97
Клевер Кретуновский	6,0	1,77	2,13	1,3	4,26	3,40
Клевер Кретуновский+ фестулолиум	6,1	1,15	4,06	1,5	3,26	2,81
Клевер Кировский 159 (стандарт)	6,8	2,57	2,59	1,7	2,37	2,64
Клевер Кировский 159+ фестулолиум	6,4	1,67	4,46	1,7	2,06	2,76
НСР ₀₅	0,8	0,48	1,4	0,5	0,66	0,63

Развитие трав первого года жизни на третьей закладке опыта (посев 2015 г.), проходило при жестких условиях в начале вегетации и благоприятных условиях увлажнения в июле и августе, что способствовало хорошему развитию фестулолиума. В ботанической структуре травостоев смешанных посевов 1-го и 2-го укосов в первый и второй год пользования, в отличие от первой и второй закладок опыта, доля фестулолиума была высокой, от 26 до 56%. Продуктивность первых укосов в первый и второй год пользования была выше, чем вторых (табл. 1, 2). Смешанные посевы превосходили по сбору сухого вещества одновидовые посева клевера в первом укосе, во втором укосе существенных различий по продуктивности не отмечалось. Только на третьей закладке опыта в первый и второй год хозяйственного использования одновидовой посев фестулолиума при подкормке азотными удобрениями не уступал по продуктивности смешанным посевам.

Таблица 2

**Колебания урожайности многолетних трав 2-го года пользования
(сухое вещество, т/га)**

Варианты	1 укос			2 укос		
	2014	2016	2017	2014	2016	2017
Фестулолиум N ₀	0,63	0,95	2,37	1,31	-	1,82
Фестулолиум N ₄₅	1,14	1,09	4,51	1,65	0,58	2,49
Клевер Кретуновский	3,30	2,98	2,77	2,76	1,21	3,81-
Клевер Кретуновский+ фестулолиум	3,37	2,85	3,67	2,40	1,57	3,64
Клевер Кировский 159	5,11	4,30	3,10	-	0,80	1,79
Клевер Кировский 159+ фестулолиум	4,97	3,92	4,37	-	1,26	2,79
НСР ₀₅	0,74	0,76	0,86	0,79	0,69	0,84

Накопление сухой массы многолетними травами за вегетацию по годам пользования и в среднем за два было высоким (табл. 3). В большей мере дефицит осадков отразился на продуктивности фестулолиума, особенно во вто-

ром укосе. Продуктивность его одновидовых посевов даже при подкормке азотными удобрениями в среднем за годы наблюдений была на 1,88–2,01 т/га ниже одновидовых и смешанных посевов с клеверами.

В меньшей мере различия погодных условий отразились на продуктивности травостоев раннеспелого клевера Кретуновский. Коэффициент вариации сбора сухого вещества в первом укосе и в целом за два года использования был выше, чем у стандарта Кировский 159, и оценивался как средний. Устойчивость продуктивности смешанных посевов раннеспелого и позднеспелого клевера с фестулолиумом была невысокой ($V\%=23,9\text{--}36,4$).

Таблица 3

Продуктивность многолетних трав (среднее по 3-м закладкам) и коэффициенты вариации (V), % по сбору сухого вещества

Варианты	1-й год пользования		2-й год пользования		В среднем за 2 года	
	т/га	(V), %	т/га	(V), %	т/га	(V), %
2.Фестулолиум N0	2,75	79,7	2,37	69,7	2,56	75,1
3.Фестулолиум N45	5,2	19,7	3,82	73,7	4,05	42,3
4.Клевер Кретуновский	6,29	14,5	5,61	22,4	5,95	13,3
6.Клевер Кретуновский+ фестулолиум	6,29	27,0	5,83	24,8	6,05	23,9
7.Клевер Кировский 159	6,22	21,8	5,0	24,7	5,93	18,1
9.Клевер Кировский 159+ фестулолиум	6,35	36,4	5,77	20,94	6,06	23,5

Таким образом, сравнительная характеристика кормовой продуктивности культуры фестулолиума показала, что возделывание его в одновидовых и смешанных посевах в значительной степени подвержено влиянию погодных условий. Диапазон варьирования урожайности сухой массы в одновидовом посеве за два года составляет 42,3–75,1%. Подкормка азотом способствует стабилизации продуктивности культуры, наибольший эффект от подкормки проявляется в первый год пользования ($V=19,7\%$). В благоприятных агрометеорологических условиях продуктивность смешанных посевов может превосходить одновидовые посевы клевера, но колебания урожайности смесей выше, чем одновидовых посевов клевера.

Литература

1. Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Многофункциональное кормопроизводство России // Кормопроизводство. 2011. № 10. С. 3–5.
2. Кутузова А. А., Зотов А. А., Кулешов Г. Г. Перспективные направления создания культурных пастбищ в России // Кормопроизводство. 2000. № 8. С. 12–15.
3. Кулешов Г. Ф., Костенко С. И., Бехтин Н. С. и др. Создание сортов многолетних трав для различных экологических условий Центральной России // Кормопроизводство: проблемы и пути решения / ГНУ ВИК Россельхозакадемии. Лобня, 2007. С. 294–301.
4. Лукина Г. И. Селекция многолетних злаковых трав для условий среднего Урала: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Немчиновка, 2008. С. 27–30.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

В. С. Муратов¹, К. А. Кыдралиева¹, Ю. А. Нишкевич^{2,3}, А. Ю. Тропин^{2,3},
И. А. Козлов⁴, В. А. Терехова^{3,5}

¹ Институт прикладной биохимии и машиностроения,
kydralieva@biochimash.ru

² ОАО «Варьеганнефть»,

³ Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова, РАН,
vterekhova@gmail.com

⁴ Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского, megaharry@list.ru

⁵ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

При современном уровне эксплуатации нефтяных месторождений невозможно полностью исключить негативное воздействие производств на окружающую среду. Нефть и нефтепродукты относят к приоритетным загрязнителям природной среды. По официальным данным потери нефти и нефтепродуктов в России при добыче, транспортировке, переработке и хранении оцениваются в 8–9 млн т в год. В первую очередь негативному влиянию подвергаются почвы, что проявляется в угнетении их экологических функций и самоочищающей способности. Не теряет актуальности проблема ремедиации наземных биоценозов, разработки методов и технологий восстановления почв, загрязнённых нефтяными углеводородами. Фиторемедиация и микробиологические способы очистки от нефтезагрязнений считаются экологически перспективными. К основным направлениям микробной ремедиации почв относят *биостимуляцию* собственной почвенной микробиоты *in situ* путем внесения удобрений, аэрации и *биоаугментацию* – внесение в почву микроорганизмов-деструкторов загрязнений наряду с добавками солей азота и фосфора [1, 2].

Эксплуатация нефтяного месторождения помимо загрязнения почвы нефтепродуктами сопряжена с повышенной минерализацией почв, поступлением солевых растворов в корнеобитаемый горизонт почв. В большинстве случаев это приводит к гибели многих видов растений, обеднению растительного покрова в целом. При разработке ремедиационных технологий, поиске новых способов восстановления растительности и стимуляции биодеструкции нефтепродуктов большое внимание уделяют исследованию устойчивых к неблагоприятным воздействиям живых систем, которые могут быть полезны на разных этапах стимуляции восстановления почв.

На первых этапах зарастания засоленных участков почв одним из преобладающих видов трав является сорное растение *Elytrigia repens* (L.), пырей ползучий. В ризосфере этих растений выявлены бактерии, положительно влияющие на их устойчивость к нефтяному загрязнению, стимулирующие рост вегетативной массы и развитие корневой системы.

Идея разработки биопрепаратов на основе ризосферных бактерий пырея ползучего *E. repens* (L.) для стимулирующего и протекторного действия растений является весьма привлекательной для сибирских нефтедобывающих регионов. Ранее из ризосферы растений пырея ползучего *E. repens*, произрастающего в санитарно-защитной зоне нефтепромышленного предприятия, выделено около 100 штаммов ризосферных бактерий. Показана их ростостимулирующая активность по отношению к высшим растениям других видов методом проростков и вегетативным способом. Дана оценка их протекторной (антагонистической) активности по отношению к возбудителям болезней растений в более чем в 1000 биотестах.

Литература

1. Ouyang W., Yu Y., Liu H., Murygina V., Kalyuzhnyi S., Xiu Z. Comparison of bioaugmentation and composting for remediation of oil sludge: a field-scale study in China // *J. Process Biochem.* 2005. No 40 (12). P. 3763–3768.
2. Киреева Н. А., Киреева Н. А., Григориади А. С., Хайбуллина Е. Ф. Ассоциации углеводородокисляющих микроорганизмов для биоремедиации нефтезагрязненных почв // *Вестник Башкирского университета.* 2009. Т. 14. № 2. С. 391–394.

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТОГЕННЫХ СВОЙСТВ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К РАСТИТЕЛЬНОМУ ПОКРОВУ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

*К. А. Кыдралиева*¹, *В. А. Терехова*^{2,3}, *Ю. А. Нишкевич*^{3,4},
А. Ю. Тропин^{3,4}, *И. А. Козлов*⁵

¹ *Институт прикладной биохимии и машиностроения,*
kydralieva@biochimmash.ru

² *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,*
vterekhova@gmail.com

³ *Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,*

⁴ *ОАО «Варьеганнефть»,*

⁵ *Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, megaharry@list.ru*

Эксплуатация нефтяного месторождения сопряжена с риском угнетения почвенного покрова вокруг скважин бурения в связи с разливом высокоминерализованных пластовых вод, перенасыщенных хлоридами калия и натрия. Вызывая интенсивное засоление и деградацию природных растительных сообществ, такие промышленные воды нередко приводят к полной гибели растительности вследствие их попадания в корнеобитаемый горизонт почв.

Для снижения стрессовой нагрузки на фитоценозы, источником которого являются минеральные соли, представляется перспективным использование в технологиях ремедиации засоленных почв природных физиологически активных соединений – гуминовых веществ, которые могут служить адаптогенами, индуцируя у растений солеустойчивость. Повышение устойчивости

растений к осмотическому и солевому стрессам, создаваемым присутствием в пластовых водах солей (NaCl , CaCl_2 , MgSO_4) в высоких концентрациях, отмечалось в ранее опубликованных работах [1, 2].

В настоящем исследовании изучение защитных свойств гуминовых препаратов (ГП), выделенных из окисленных бурых углей, проводили методом фитотестирования на проростках семян высших растений. Условия солевого стресса моделировали в диапазоне концентраций хлорида калия от 0,1 до 0,5 М KCl . Эффективную адаптогенную способность гуминовых препаратов определяли по их воздействию на проростки семян пшеницы сорта «Лада» в градиенте разведений, кратных 10, 100, 1000, 10000. Тест-параметрами служили длина корня и длина ростков. Контрольные варианты обрабатывали дистиллированной водой (рН 5,5). Результаты показали, что выраженное угнетение роста корней (до 30% относительно контроля) и ростков (до 70%) в присутствии KCl коррелирует с негативным воздействием засоленных почв на растения. Это обусловлено высоким осмотическим давлением, создаваемым ионами K^+ , и токсическим действием хлоридов [3].

Оценка протекторных свойств гуминовых препаратов при высоком содержании солей в среде показала, что они заметно стимулируют развитие корней (до 50%) и ростков (до 80%) проросших семян относительно контроля. При этом зависимость ростостимулирующей активности от концентрации катионов калия K^+ и ГП во всех экспериментах носила дозозависимый характер. Защитное действие ГП увеличивалось при возрастании их концентрации в среде роста растений. Полученные сведения согласуются с данными работ [2–4], свидетельствующих о положительном защитном действии гуминовых веществ на растения в условиях сильного солевого стресса.

Литература

1. Tester M., Davenport R. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants // *Ann. Bot.* London. 2003. V. 91. P. 503–527.
2. Куликова Н. А. Защитное действие гуминовых веществ по отношению к растениям в водной и почвенной средах в условиях абиотических стрессов: Дис. ... д-ра биол. наук. М., 2008.
3. Chinnusamy V., Jagendorf A., Zhu J.-K. Understanding and improving salt tolerance in plants // *Crop Sci.* 2005. V. 45. P. 437–448.
4. Ervin E. H., Zhang X. Applied physiology of natural and synthetic plant growth regulators on turfgrasses // In: *Handbook of turfgrass management and physiology*. Pessarakli (ed.) Taylor and Francis, 2007. P. 171–200.

ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И СИДЕРАЦИЯ ПОЧВ

С. А. Бекузарова, М. В. Дзеранов

Северо-Осетинский государственный университет им. К. Л. Хетагурова

В настоящее время, когда антропогенное воздействие на природные ресурсы стало одним из наиболее значимых экологических факторов, определяющих новые условия существования биологических систем, очевидно, нет необходимости специально обосновывать и доказывать фундаментальность исследований, направленных на поиск критериев и методов оценки критической величины техногенной нагрузки на человека, сообщества растений и животных [1–5].

С целью снижения тяжелых металлов в почве и выявления растений индикаторов опыты проводили на выщелоченном черноземе Пригородного района Республики Северная Осетия-Алания с содержанием гумуса 5–6,3%, с валовыми запасами питательных веществ: азотом – 0,4%, фосфором – 0,2–0,3% и калия – 1,62–1,9%. Реакция почвенной среды (рН) – 5,48–6,92.

Изучая многолетние травы как сидеральные культуры (люцерну, эспарцет, донник, вязель) было определено, что содержание подвижных форм цинка, меди, никеля, кобальта, марганца и железа в почве увеличивается от фазы стеблевания до фазы цветения исследуемых растений. Концентрация цинка в почве у вязаля пестрого (*Coronilla varia* L.), изменялась в среднем за три года от 33,8 до 42,8 мг/кг; меди – от 12,3 до 15,74 мг/кг; никеля – от 13,0 до 15,4 мг/кг; кобальта – от 9,6 до 11,2 мг/кг, марганца – от 550 до 700 мг/кг; железа – от 330 до 440 мг/кг от фазы стеблевания до фазы цветения соответственно. Выявлено, что максимальная концентрация подвижных форм цинка и меди в почве накапливалась к фазе бутонизации изучаемых бобовых трав. Вязель пестрый выносит из почвы до 44,7 мг/кг цинка и до 20,43 мг/кг меди; эспарцет до 54,0 мг/кг цинка и до 31,5 мг/кг меди; люцерна – до 99,2 мг/кг цинка и до 32,4 мг/кг меди. Сравнивая адсорбционные свойства бобовых трав (вязаля, эспарцета, люцерны, донника) следует отметить, что вязель пестрый накапливает наибольшее количество микроэлементов, и использование этой культуры будет способствовать улучшению пахотного слоя, восстановлению его плодородия и физического состояния. Сравнительный анализ вязаля с другими бобовыми культурами показал его преимущество по ряду признаков. Надземная масса вязаля в год посева развивается слабо. На следующий год его корневая система способна накопить органические вещества и биологический азот до 200 кг/га. Учитывая этот фактор, мы подсевали в первый год однолетнюю культуру амаранта, чередуя ряды с вязелем пестрым. Развиваясь в индивидуальном посеве, семена однолетней культуры амаранта накапливают значительное количество макро- и микроэлементов (ванадий, марганец, молибден, кобальт, медь и другие элементы). Скашивание надземной массы проводили в год посева в фазу молочно-восковой спелости с таким расчетом,

чтобы часть созревших семян амаранта оставалась в почве и проросла на следующий год вместе с расположенными рядом полосами вязаля. Попадая в почву, семена амаранта вместе с надземной массой выполняют функцию сорбирующих веществ. При контакте с зараженной почвой происходят химические реакции, нейтрализующие тяжелые металлы. К моменту заделки сидератов (отросшего вязаля и проросшего из семян амаранта) накапливается достаточное количество органических веществ, способных снизить токсичность почвы. Как свидетельствуют данные таблицы, совместный посев амаранта и вязаля, посеянных чередующимися полосами, обеспечивает снижение концентрации тяжелых металлов в почве.

Таблица

Содержание тяжелых металлов в почве в зависимости от способа посева сидеральных культур

Варианты опыта	Содержание биологического азота в почве, кг/га	Содержание в почве, мг/кг			
		никель	свинец	медь	цинк
Совместный посев амаранта и вязаля	123	26,4	30,6	4,2	28,0
Амарант	148	19,8	28,4	3,0	24,0
Вязель	162	15,4	32,0	3,8	32,0
Амарант + вязаля, посев черезрядно отдельными полосами	206	13,2	26,4	2,2	23,2
Предельно допустимые концентрации	–	20,0	32,0	6,8	35,0

Приведенные данные показывают, что содержание свинца в смешанном посеве амаранта и вязаля составляет 30,6 мг/кг. На участке, где высевали эти культуры чередующимися полосами, содержание свинца снизилось до 26,4 мг/кг. Преимущество черезрядного посева видно и по другим элементам (никель, медь, цинк). Выявлено, что во второй год жизни вязаля накапливает около 12 т/га надземной массы и пожнивных остатков, тогда как донник, люцерна и эспарцет не превышают по этому показателю 10 т/га. За счет высокого содержания органического вещества в 0–20 см слое почвы после заделки вязаля на зеленое удобрение влажность составляла 20 мм, а у других культур она была на 1–2 мм ниже. Такое повышенное количество влаги объясняется мощным развитием надземной массы, корнеотпрысковой системой и её биологической особенностью. Учитывая высокие сорбционные способности вязаля пёстрого, эту культуру использовали в качестве сидеральной, что обеспечивает снижение тяжелых металлов в пахотном слое, способствует восстановлению его плодородия и физического состояния.

Положительные результаты в восстановлении почвенного плодородия обеспечивает смесь вязаля пёстрого и амаранта, высаживаемых отдельными полосами.

Литература

1. Цугкиев Б. Г., Басаев Т. Б., Гагиева Л. Ч. Экологические способы нейтрализации тяжелых металлов в почве // Земледелие. 2004. № 1. 15 с.
2. Топалова О. В., Пимнева Л. А. Химия окружающей среды. Учебник для вузов. Санкт-Петербург, Москва, Краснодар 2013. 160 с.
3. Мажайский Ю. М., Евтюхин В. Ф. Обоснование агрохимических и агробиологических методов детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами // Агрэкология. 2014. № 1. С. 50–55.
4. Сокаев К. Е., Хубаева Г. П. Экология окружающей природной среды города Владикавказа и его пригорода. Владикавказ: Изд-во «Олимп», 2014. 207 с.
5. Биологический контроль окружающей среды. Генетический мониторинг. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 136 с.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ЯГЕЛЬ-ДЕТОХ» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ СОРТА УДАЧА В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ОПЫТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

М. В. Лукьянова, Н. В. Верховцева, Е. Б. Пашкевич, Е. Н. Кубарев
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
marina.ostrava@gmail.com, verh48@list.ru, pashkevich05@list.ru

Лишайники – одни из наиболее важных источников биологически активных компонентов в природе [1]. Количество соединений, которые синтезируют лишайники, изученных в настоящее время, достигает более 800 [2]. Среди них наиболее хорошо изучена усниновая кислота [3], которая в достаточно высокой концентрации (1,6–1,7%) содержится в талломах лишайника. Антибиотическая активность – самое интересное и значимое свойство усниновой кислоты [4]. Антибиотические свойства лишайниковых соединений используются в разных областях – в медицине, фармацевтике, косметологии и сельском хозяйстве в разных препаратах на основе лишайникового сырья [5, 6, 7].

Цель данной работы – оценка влияния ультрадисперсного препарата ягеля (*Cladonia rangiferina* L.) на продуктивность картофеля (*Solanum tuberosum* L.) на фоне внесения полного минерального удобрения и без него в условиях полевого опыта на дерново-подзолистой почве (Московская обл.).

В качестве объектов исследования были использованы картофель сорта Удача (*Solanum tuberosum* L.), дерново-подзолистая почва, препарат «Ягель-ДЕТОХ» – ультрадисперсный порошок механообработанного лишайника *Cladonia rangiferina* L. [6].

Полевой опыт проводили в Солнечногорском районе Московской области. Почва – дерново-подзолистая (зональная), участок старопахотный, хорошо окультуренный. Перед началом опыта в почве были определены агрохимические показатели (табл. 1).

Почва характеризовалась пониженным содержанием азота в аммонийной и нитратной формах. Обеспеченность растений (по методу Кирсанова)

доступным фосфором – очень высокая, калием – повышенная. По степени кислотности почва близка к нейтральным.

Таблица 1

Основные агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы

Почва	N - NH ₄ ,	N - NO ₃ ,	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH	C орг, %
	мг/кг					
Дерново-подзолистая	18,92±0,12	109,49±0,76	438,57±3,83	156,97±1,47	5,9±0,2	3,01±0,08
НД на методы исследования	ГОСТ 26489-85	ГОСТ 26488-85	ГОСТ 54650-2011		ГОСТ 26423-85	ГОСТ 26213-91

Время проведения опыта 27 мая – 16 сентября 2017 года. Условия: открытый воздух, естественное освещение, поступление влаги с атмосферными осадками без дополнительного полива. Опыт проводили по схеме: «Контроль» – почва без добавления препарата; «Ягель-DETOX» – внесение в почву препарата, «NPK» – внесение в почву полного минерального удобрения; «Ягель-DETOX + NPK» – внесение в почву препарата совместно с минеральным удобрением. Каждый вариант опыта был выполнен в четырехкратной повторности. В качестве источника NPK использовали комплексное минеральное удобрение – нитроаммофоска (азот (N) – 16%, фосфор (P₂O₅) – 16%, калий (K₂O) – 16%). Расход удобрений для варианта опыта «NPK» составил 60 кг/га каждого действующего вещества, препарата «Ягель-DETOX» 60 кг/га. Препарат и удобрения вносили в сухой форме и перемешивали в верхнем почвенном горизонте непосредственно перед посевом культур. Размер одной экспериментальной делянки составлял 6 м². Расстояние между кустами картофеля в ряду – 35 см; расстояние между рядами – 50 см, глубина посадки – 10 см. Расположение делянок – многорядное ступенчатое (рис.).



Рис. Общий вид опытного участка на пятидесятый день эксперимента

По окончании опыта определяли урожайность и товарность картофеля [8, 9]. К товарному картофелю относили целые, сухие, незагрязненные, непроросшие, непозеленевшие клубни, без наростов и трещин, однородные по форме и окраске кожуры. Форма клубней – удлиненная (длина превышает ширину – наибольший поперечный диаметр – в 1,5 раза и более), размер по наибольшему поперечному диаметру не менее 50 мм. Кроме того определяли структуру урожая картофеля [10]. Растительный материал был разделен на три фракции по наибольшему поперечному диаметру - крупная (≥ 90 мм), средняя (90–60 мм), мелкая (60–50 мм), определялась урожайность каждой фракции [11].

Урожайность и товарность – важные критерии оценки при выращивании сельскохозяйственных культур [12, 13]. Анализ перечисленных показателей для картофеля, выращенного на дерново-подзолистой почве в Московской области, позволил сделать заключение, что внесение препарата «Ягель-ДЕТОХ» в дозе 60 кг/га улучшает оба показателя по сравнению с контрольным вариантом. Показатели урожайности и товарности улучшаются в ряду между вариантами: «Контроль», «Ягель-ДЕТОХ», «NPK» и «Ягель-ДЕТОХ + NPK». Сравнение указанных выборок с помощью t-критерия Стьюдента подтверждает, что наблюдаемые различия значимы, кроме различий между средними значениями выборок «NPK» и «Ягель-ДЕТОХ + NPK» (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность и товарность картофеля (*Solanum tuberosum* L.), выращенного с применением препарата «Ягель-ДЕТОХ»

Почва	Вариант опыта	Урожайность, т/га	Товарность, %
Дерново-подзолистая	Контроль	18,46±0,72	66,7
	Ягель-ДЕТОХ	22,22±0,87	80,5
	NPK	29,59±0,76	89,9
	Ягель-ДЕТОХ + NPK	29,05±0,82	90,6

Анализ фракционного состава урожая (табл. 3) показал, что наибольший выход крупной фракции обеспечивает внесение в почву препарата «Ягель-ДЕТОХ» совместно с минеральным удобрением $N_{60}P_{60}K_{60}$. В контрольном варианте опыта крупная фракция не сформировалась. Добавка препарата ягеля перед посадкой картофеля на дерново-подзолистой почве увеличила урожай и улучшила структуру урожая, позволив сформироваться всем трем размерным фракциям.

Таблица 3

Урожайность товарного картофеля (*Solanum tuberosum* L.), выращенного с применением препарата «Ягель-ДЕТОХ», по фракциям

Почва	Вариант опыта	Крупная (≥ 90 мм)		Средняя (90–60 мм)		Мелкая (60–50 мм)	
		масса, т/га	%	масса, т/га	%	масса, т/га	%
Дерново-подзолистая	Контроль	–	–	5,45±0,56	29,5	6,87±0,35	37,2
	Ягель-ДЕТОХ	9,91±0,39	44,6	4,38±0,36	19,7	3,58±0,46	16,1
	NPK	12,65±0,42	42,8	8,35±0,44	28,2	5,59±0,38	18,9
	Ягель-ДЕТОХ + NPK	14,31±0,35	49,3	7,07±0,38	24,3	4,95±0,43	17,0

Кроме того, при одинаковой общей урожайности вариантов опыта «NPK» и «Ягель-DETOX + NPK», внесение в почву препарата «Ягель-DETOX» совместно с полным минеральным удобрением обеспечивает больший выход клубней крупной фракции.

Проведенные исследования показали, что внесение в дерново-подзолистую почву препарата «Ягель-DETOX» оказывает положительный эффект на урожайность и товарность картофеля сорта Удача. Улучшается структура урожая, что проявляется в увеличении доли клубней крупной фракции, данное воздействие повышается при совместном применении с комплексным минеральным удобрением.

Литература

1. Barnes J., Pharmacognosy in the 21st century// Pharm J. 2000. Vol. 264 P. 701–703.
2. Huneck S., The significance of lichens and their metabolites // Naturwissenschaften. 1999 Vol. 86 P. 559–570.
3. Дембицкий В. М., Толстиков Г. А. Органические метаболиты лишайников. Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал «Гео», 2005. 135 с.
4. Cocchietto M., Skert N., Nimis P.L., Sava G. A review on usnic acid, an interesting natural compound // Naturwissenschaften. 2002. Vol. 89.P. 137–146.
5. Фандеева Я. Д., Щегорец О. В. Использование природных биоресурсов для повышения урожайности картофеля в условиях крайнего севера Дальневосточного региона // Дальневосточный аграрный вестник. 2014. № 2 (30). С. 27–32.
6. Аньшакова В. В. Биотехнологическая механохимическая переработка Лишайников рода *Cladonia*. М., 2013. 116 с.
7. Кершенгольц Б. М., Журавская А. Н., Хлебный Е. С., Шеин А. А., Филиппова Г. В., Шашурин М. М., Аньшакова В. В. Биопрепараты из природного арктического биосырья в сохранении здоровья населения в условиях изменений климата (обзор) // Экология человека. 2010. № 3. С. 8–15.
8. ГОСТ 7176-85 Картофель свежий продовольственный, заготавливаемый и поставляемый. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5).
9. ГОСТ 26832-86 Картофель свежий для переработки на продукты питания. Технические условия (с Изменением N 1).
10. ГОСТ 7194-81 Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества (с Изменениями N 1, 2, 3).
11. Щербакова Н. А. Совершенствование элементов технологии возделывания картофеля при капельном орошении на светло-каштановых почвах Астраханской области: Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. 2014. С. 209.
12. Коршунов А. В. Управление урожаем и качеством картофеля. М.:ВНИИКХ, 2001. С. 368.
13. Карабаев В. Н. Урожайность и качество сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции // Агрэкологические аспекты повышения эффективности сельскохозяйственного производства: Материалы юбил. науч.-практ. конф. Пенза: ПГСХА, 2001. С. 65–67.

ОТХОДЫ СВИНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ – ПРОБЛЕМЫ, ПУТИ РЕШЕНИЯ

Л. В. Пилип¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, pilip_larisa@mail.ru,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

На сегодняшний день свиноводство развивается в направлении создания и функционирования крупных свиноводческих комплексов. Основной чертой таких комплексов является сосредоточение огромного поголовья на ограниченных площадях. Интенсификация животноводства – это один из способов решения продовольственной проблемы, наиболее остро стоящей перед человечеством. Свиноводство – главный поставщик мяса в нашей стране, так как отрасль характеризуется быстрым ростом животных, плодовитостью, низким соотношением затрат корма на кг веса и отличными вкусовыми и питательными свойствами мяса. По данным Министерства сельского хозяйства численность свиней на 1.03.2017 составляла 18587,1 тысяч голов в РФ, в Приволжском ФО 275,4 тысяч голов и в Кировской области 185,1 тысяч голов. На сегодняшний день в Кировской области функционируют два крупных свиноводческих предприятия: ЗАО «Заречье» и АО Агрофирма «Дорожничи». Оба предприятия расположены в черте г. Кирова.

Производство и потребление свинины постоянно растёт. Для получения качественного и полезного мяса необходимо организовать правильное кормление животных. Организация полноценного кормления животных основана на знании потребностей животных в различных питательных веществах, витаминах, минеральных веществах. Полноценность кормления обусловлена наличием в рационах определенного количества энергии и питательных веществ в соответствии с потребностями животных. В полноценных рационах должно быть оптимальное соотношение между грубыми, сочными и концентрированными кормами. Всем этим требованиям отвечают кормовые премиксы для разных половозрастных групп животных. Сегодня все они содержат необходимое количество минералов и сбалансированы по макро- и микроэлементам [1, 2].

Используемые в хозяйствах премиксы увеличивают сохранность животных, снижают расход кормов и повышают привесы. Для обеспечения лучшей усвояемости минералов рекомендуют органические формы микроэлементов, которые предупреждают образование нерастворимых комплексов и снижают антагонизм между минералами. Микроэлементы играют важную роль в реализации генетического потенциала поголовья. Цинк, медь и марганец принимают участие в обменных процессах организма. Так, медь участвует в гемопоэзе, способствует образованию гемоглобина, влияет на образование эластина, обеспечивая прочность костей, входит в состав ферментов церулоплазмينا и цитохрома Са₃. Дефицит меди снижает минерализацию костей, проявляется в расстройстве работы желудочно-кишечного тракта, раз-

витии анемии. Однако, медь в высоких концентрациях образует с органическими веществами комплексы, способные проникать через клеточные мембраны и нарушать обмен веществ. Цинк обеспечивает синтез и формирование костной ткани, входит в состав гормона инсулина и фермента карбоксиангидразы. При недостатке цинка свиноматки не приходят в охоту, наблюдаются аборт и рождение слабого потомства, мёртворожденность. При избытке цинка наблюдается плохая поедаемость корма, поносы, снижается прирост живой массы. Марганец влияет на процесс кроветворения и функцию эндокринных желез, входит в состав ферментов дипептидазы, фосфатазы и аргиназы [2, 3].

Рацион свиней, предусматривающий применение кормовых добавок (премиксов и др.), способствует повышению содержания в навозе микроэлементов, которые одновременно являются тяжелыми металлами и относятся к числу наиболее опасных для природной среды химических загрязнителей. Действие этих веществ зачастую скрыто, но они передаются по трофическим цепям с выраженным кумулятивным эффектом. При внесении таких удобрений в почву наблюдается существенное изменение основных агрохимических показателей почвы и накопление в ней экотоксикантов, что отражается на продуктивности культур, качестве и безопасности растительной продукции [4].

Учитывая низкую усвояемость тяжелых металлов животным организмом, в экскрементах может обнаруживаться до 90% от общего количества поступивших с кормом поллютантов. Факт активного использования премиксов в свиноводстве может способствовать антропогенному поступлению в окружающую среду тяжелых металлов, что, в конечном итоге, приведет к увеличению экологической нагрузки на данной территории [5].

Отходы свиноводческих комплексов: твердый свиной навоз, жидкий свиной навоз и илосодержащие стоки, характеризуются относительно высоким содержанием фосфора и низким - калия, что приводит, при их использовании в качестве удобрений, к дисбалансу элементов питания в почве. Казалось бы, этой проблемы вообще не должно существовать, так как навоз использовался как идеальное органическое удобрение для сельскохозяйственных угодий. Однако до сих пор мы привыкли иметь дело с навозом, смешанным с подстилкой, имеющим плотную консистенцию и хорошо обеззараживающимся путем самонагревания при буртовании. При новых же формах содержания животных (внедрение на крупных животноводческих комплексах технологии бесподстилочного содержания животных наряду с обычно применяемой в РФ технологией гидросмыва навоза) образуется более 30 млн. т в год жидких навозных стоков, содержащих только 2–4% твердых веществ [6]. Тем более, что в настоящее время доля бесподстилочного навоза неуклонно растет и ныне достигает 65% от выхода всех органических удобрений [5].

Поскольку почва является основным средством сельскохозяйственного производства, накопление в ней избыточных количеств тяжелых металлов нежелательно и требует мер по предотвращению поступления данных элементов в почву и растения. Обладая буферностью, почва способна снижать их

токсичность, переводя в труднорастворимые и недоступные растениям соединения [7].

Тяжелые металлы способны нарушать ряд процессов, воздействуя на свойства почвы: величину рН, течение микробиологических процессов, образование гумуса и др. [8, 9].

Помимо косвенного воздействия на почвенные характеристики, тяжелые металлы оказывают и прямое воздействие на почву. Имеются данные о консервации органического вещества в загрязненных почвах, что связано с ограничением доступности комплексов тяжелых металлов с гумусовыми кислотами для минерализации микроорганизмами [7].

При утилизации навоза твердую фракцию, как правило, в дальнейшем используют на удобрение, а жидкую – направляют в систему биологической очистки, основная цель которой – максимально снизить содержание химических соединений и уровень биологического загрязнения жидкой фракции бесподстилочного навоза, чтобы осуществить ее сброс либо на ирригационные поля утилизации, либо в поверхностные открытые водоемы [5, 10].

Химический состав бесподстилочного навоза зависит от рациона и типа кормления, пола и возраста свиней, технологии содержания и кормления, породных особенностей и других условий [5]. В состав свиного навоза входят все необходимые для развития растений биогенные элементы. Данное органическое удобрение содержит 0,35–0,66% общего азота, 0,15–0,76% фосфора, 0,14–0,21% калия. Азот в навозе на 50–70% представлен аммиаком и карбонатом аммония, а также нитратной формой, на которую приходится от 3 до 8%. Данные формы хорошо усваиваются растениями в первый же год. Кроме того, бесподстилочный навоз содержит (в пересчете на 10%-ное содержание сухого вещества) микроэлементы: бор – 3,6 мг/кг, марганец – 27,3 мг/кг, молибден – 0,2 мг/кг, медь – 6,9 мг/кг, цинк – 36,8 мг/кг [3].

Свиной навоз относится к 3 классу опасности отходов. Многие страны сейчас озабочены использованием навоза в качестве удобрения, т.к. в навозе очень высокая концентрация азота и фосфора, что неблагоприятно отражается на качестве грунтовых вод. Находящиеся в зоне влияния свиноводческих предприятий экосистемы подвергаются интенсивному воздействию, связанному с загрязнением природных сред за счет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросом их в водные источники и образованием большого количества органических отходов, которые размещаются преимущественно на пахотных угодьях данных хозяйств. После эрозии почв органические отходы являются второй крупномасштабной экологической проблемой животноводческих ферм и территорий с большой плотностью населения [4, 5].

Экологические последствия интенсивного применения в качестве органических удобрений отходов крупных свиноводческих комплексов еще только начинают привлекать внимание исследователей. Еще далеко не полностью выяснены механизмы процессов превращения химических элементов, содержащихся в навозе, способствующие закреплению их в почве или вымыванию до уровня грунтовых вод.

Литература

1. Сычёва Л. В. Кормление свиней. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2014. 149 с.
2. Старков С. Минеральное кормление свиней – дело тонкое // Свиноводство. 2016. № 7. С. 33–34.
3. Васильев В. А., Швецов М. М. Применение бесподстильного навоза на удобрение. М.: Колос, 1983. 174 с.
4. Горлов И. Ф. Региональные проблемы животноводства // Антропогенная деградация ландшафтов и экологическая безопасность: Сб. науч. тр. Москва-Волгоград, 2000. С. 301–314.
5. Кулинич О. А., Ларченко В. В. Биодекструктор свиного навоза // Свиноводство. 2016. № 2. С. 38–40.
6. Сляяр В. И., Эпов А. Н., Калюжный С. В. Интегрированная механическая, биологическая и физико-химическая обработка жидких навозных стоков // <http://www.tnzyme.chem.msu.ru/ekbio/index.html>, 2002.
7. Чугунова М. В. Влияние тяжелых металлов на почвенные микробиоценозы и их функционирование: Автореф. дис. ... канд. биол. н. Лен. НИИ с.х. микробиологии, 1990. 17 с.
8. Белоус Н. М. Эффективность и экологически безопасное применение органических удобрений // Химия в сельском хозяйстве. 1996. № 3. С. 10–11.
9. Сизов А. П., Хомяков Д. М., Хомяков П. М. Проблемы борьбы с загрязнением почв и продукции растениеводства. М.: МГУ, 1990. 114 с.
10. Демидова Л. Л., Романенко Н. А., Сапач В. К. Санитарно-гельминтологическая оценка способов орошения сточными водами // Экологически безопасное использование сточных вод и животноводческих стоков в сельском хозяйстве: Сб. науч. тр. Алтайское ХРП НПО «Прогресс». Барнаул, 1995. С. 151–156.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВ

А. Р. Русских, М. А. Шуმიлова, В. Г. Петров
Институт механики УрО РАН,

alina_obuhova@mail.ru, mashumilova@mail.ru, petrov@udman.ru

Почва является хорошим поглотителем загрязняющих веществ (ЗВ), которые интенсивно накапливаются в ней вследствие ускоренных темпов роста промышленности и антропогенной деятельности в целом [1]. Затруднения в прогнозе поведения в окружающей среде того или иного поллютанта обусловлены как свойствами ксенобиотика и почвы, так и природными условиями [2]. Для минимизации рисков негативного воздействия ЗВ на окружающую среду необходимо проводить мониторинговые исследования. В современных условиях существующие методы мониторинга можно признать устаревшими и малоэффективными и нуждающимися в корректировке, в частности, методы отбора образцов загрязненной почвы [3, 4].

Новые методы исследования поведения поллютантов в почве должны учитывать их время пребывания и потенциальную подвижность ЗВ, возможность повторного загрязнения почвы, а также особенности фильтрации атмосферных осадков через почвенный слой.

В представленной работе авторы рассматривают новые зарубежные и отечественные методы исследования поведения ЗВ в почве как в лабораторных условиях, которые приближены к реальным, так и в условиях полевого эксперимента, являющегося менее затратным и технически легко осуществимым.

Лабораторные методы. В Европе на сегодняшний день используется три лабораторных теста:

1) Одночасовой тест Агентства по Окружающей среде Соединенного Королевства (УКЕА);

2) Тест по выщелачиванию Американского Общества Испытания и Материалов (ASTM);

3) Измененный колоночный тест Голландского Экологического Агентства.

Как правило, эти тесты проводятся в исследованиях совместно, для того чтобы посмотреть подвижность того или иного элемента в следовых количествах в почве в кратко- и долгосрочном временном периоде. Тесты применимы для исследования подвижности таких элементов, как As, Cu, Zn, Pb, Cr, Cd, также с помощью данных тестов можно исследовать воздействие той или иной добавки в почву [5]. При выполнении этих тестов в фильтрах помимо исследуемых элементов определяют рН, общий органический углерод, общий азот.

Тесты UKEA и ASTM (табл.1) используют для идентификации геохимических связей элементов при кратковременной подвижности. Представленные два метода не дают полной картины о поведении того или иного ЗВ в почве, не учитывают природных условий и биогенной активности в почве. Тесты широко применяют как дополнение к другим лабораторным методам исследования.

Таблица 1

Сравнительная схема двух тестов

УКЕА	ASTM
1 ч	48 ч
10 г почвенной пробы выщелачивали 50 см ³ деионизированной воды, периодически встряхивая	25 г почвенной пробы выщелачивали 100 см ³ деионизированной воды, непрерывно перемешивая на шейкерной платформе
Фильтрат пропускали через фильтровальную бумагу из стекловолокна	
Фильтрат анализировали с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) / атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС)	

Сравнение двух колоночных тестов

Измененный колоночный тест Голландского Экологического Агентства	Способ изучения подвижности ЗВ в лабораторных условиях
Моделирование потенциальной подвижности металла в почве в лабораторных условиях	
As, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb	As, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, Mn
 <p>A</p>	
<p>В двойные стеклянные колонны (длиной 20 см и внутренним диаметром 5 см) помещали высушенную на воздухе и просеянную почву (400 г) с каждой глубины (0-30 см, 30-70 см, 70-100 см) из одной почвенной траншеи. Сверху подавали деионизированную воду (рН 5,5) непрерывным потоком (1см³/мин), поддерживаемым шланговым насосом. Элюат собирали внизу в приёмники. Вверху и внизу колонны располагали целлюлозно-нитратные мембранные фильтры (1,2–1,5 мкм) [8]</p>	<p>В каждую колонку из полиэтилена закладывали 1,0 кг подготовленной почвы (высота почвенного образца в колонке составляла 15 см). В основании колонки устанавливали фильтр. Дистиллированную воду пропускали сверху посредством дозирующего устройства. Фильтрат собирали в приемники, расположенные внизу [10]</p>
Перед выполнением исследования почва была насыщена водой	
Эксперимент проводился при комнатной температуре	
Вода просачивалась под действием силы тяжести	
В фильтрате определяли рН (сразу после отбора), концентрации определяемого компонента	
Не учитывалась скорость прохождения воды через образец	Определяли скорость прохождения воды через образец

В качестве самостоятельных лабораторных методов широкое применение получили колоночные тесты. В Европе используют измененный колоночный тест Голландского Экологического Агентства, главная цель которого моделирование выщелачивания мышьяка и ряда ТМ за более длительный период (3–5 лет) [6].

В нашей лаборатории разработан новый способ исследования подвижности в почве таких ЗВ, как мышьяк и ТМ в лабораторных условиях. Стенд (рис. табл.2) моделирует равномерное воздействие атмосферных осадков в виде дождя на образцы загрязненной почвы [7].

На первый взгляд вышеперечисленные колоночные тесты (табл. 2) идентичны, но при более подробном рассмотрении видно, что голландский метод не учитывает скорость прохождения воды через почву, что не дает полной картины моделирования процесса подвижности ЗВ в почве.

Метод, созданный и используемый в нашей лаборатории, можно применять как самостоятельный метод в изучении подвижности ЗВ. Тест максимально приближен к реальным условиям и является наиболее информативным. К недостаткам можно отнести использование большего объема почвенного образца по сравнению с измененным колоночным тестом Голландского Экологического Агентства, и отсутствие фильтра в верхней части колонки.

Полевые методы. Для оценки результатов лабораторных испытаний проводят полевые исследования. Метод вакуумной фильтрации растворов в пористые пробоотборники служит индикатором краткосрочной подвижности элементов в полевых условиях [6].



Рис. 1 Сбор почвенного раствора в месте пробоотбора

Параллели пробоотборников почвенного фильтрата «Rhizon» устанавливались под углом 45° к стенке почвенного разреза на глубину до 50 см с интервалом в 10 см. Пробоотборник состоит из 10 см пористой полимерной трубки, один конец которой вставляется в почву, а второй конец через винтовой разъем соединен с 10 см ПВХ-пробиркой, из которой фильтрат извлекается с помощью шприца, иглы или вакуумной трубки (рис. 1).

Пробоотборники оставляли в разрезе на месяц до установления равновесия, после чего отбирали почвенный фильтрат, в котором определяли общий углерод, рН и валовую концентрацию элементов [8].

Методика относительно простая и недорогая, но имеет ряд существенных недостатков:

1. Затруднено применение методики в рыхлых подстилках подзолистых почв [9];

2. Для репрезентативности результатов пробоотборники необходимо устанавливать достаточно часто на сравнительно небольшой территории [10].



Рис. 2. а – вид устройства для полевых испытаний с загрязненной почвой;
б – установка устройства в углубление в грунте

В лаборатории природоохранных и ресурсосберегающих технологий (ПРТ) разработано специальное устройство для изучения подвижности ЗВ в полевых условиях (рис. 2). Устройство, состоящее из колонок с образцами загрязненных почв, соединенных со сборником фильтрата, в период проведения эксперимента устанавливается вертикально в специальном углублении в грунте [11]. Во время эксперимента происходит регулярный отбор фильтрата, у которого определяется объем и содержание в нем ЗВ. Простота предложенного метода позволяет исследовать большое количество образцов почвы при различных видах загрязняющих веществ. Тип почвы не является сдерживающим фактором в использовании метода.

Выводы. Рассмотрены принципиально новые методы исследования подвижности загрязняющих веществ в почве, таких как мышьяк и тяжелые металлы. Для получения более полной картины подвижности поллютанта в почве лабораторные методы, применяемые в европейской практике, должны применяться совместно. Результаты тестов UKEA и ASTM предоставляют информацию только о кратковременной подвижности ЗВ в почве, в то время как Измененный колоночный тест Голландского Экологического Агентства – только более длительного периода. Эти лабораторные методы не учитывают ряд факторов: влияния количества выпавших осадков, повторного загрязнения почвы.

Метод, разработанный и апробированный в лаборатории ПРТ, показывает более реалистичную картину загрязнения почвы, хотя и требует некоторой технической доработки. Испытания в природных условиях хорошо согласуются с лабораторными методами и являются недорогими. Полевые методы не разрушают физическую структуру почвенного профиля. Экстракция почвенного фильтрата пробоотборниками «Rhizon» имеет существенные ограни-

чения: во-первых, проблематичное применение этого метода в грубогумусных подстилках подзолистых почв, которые преобладают в Удмуртии, во-вторых, вакуумные пробоотборники охватывают лишь небольшой объем почвы, поэтому необходимо устанавливать их в достаточно большом количестве.

Литература

1. Мотузова Г. В., Безуглова О. С. Экологический мониторинг почв: учеб. пособие. М.: Академический Проект, 2007. 237 с.
2. Петров В. Г., Шумилова М. А. Исследование особенностей поведения новых видов загрязняющих веществ в окружающей среде // Химическая безопасность. 2017. Т. 1. № 1. С. 71–77.
3. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: ИПК Изд-во Стандартов, 2004. 4 с.
4. ГОСТ 28168-89. Отбор проб. М.: Стандартинформ, 2008. 7 с.
5. Hartley W, Edwards R., Lepp N.W. Arsenic and heavy metal mobility in iron oxide-amended contaminated soils as evaluated by short- and long-term leaching tests// Environmental Pollution. 2004. V. 131. P. 495–504.
6. Beesley L., Moreno-Jimenez E., Clemente R., Lepp N., Dickinson N. Mobility of arsenic, cadmium and zinc in a multi-element contaminated soil profile assessed by in-situ soil pore water sampling, column leaching and sequential extraction // Environmental Pollution. 2010. V. 158. P. 155–160.
7. Петров В. Г., Шумилова М. А. Способ изучения в лабораторных условиях подвижности техногенных загрязнений в почве // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т. 14. № 2. С. 257–260.
8. Clemente R., Dickinson N., Lepp N. Mobility of metals and metalloids in a multi-element contaminated soil 20 years after cessation of the pollution source activity // Environmental Pollution. 2008. V. 155. P. 254–261.
9. Derome J., Lindroos A.-J. Comparison of soil water and percolation water quality. Technical Report. Helsinki, Finnish Forest Research Institute. 1997. 24 p.
10. Gustafsson J. P., P. van Hees, Starr M. Partitioning of base cations and sulphate between solid and dissolved phases in three podzolised forest soils // Geoderma. 2000. Vol. 94. P. 311–333.
11. Шумилова М. А., Петров В. Г., Лебедева М. Г., Русских А. Р. Совершенствование мониторинга поллютантов в окружающей среде // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы Всерос. конф. Киров, 2016. Кн. 1. С. 354–356.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИТРАТНОГО И АММОНИЙНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ

В. М. Шатунов¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

vladislav.shat@yandex.ru

Минеральный азот, как известно, легко усваивается растениями, поэтому содержание его в почве является важным показателем обеспеченности азотом растений.

Современный аналитический контроль содержания нитратного и аммонийного азота в почве, располагает широким спектром методов определения данных компонентов в ней.

Нами сделан краткий обзор наиболее используемых методик определения нитратного и аммонийного азота в почвах с учетом мешающих компонентов, диапазона определяемого содержания, суммарной относительной погрешности метода и длительности анализа, который представлен в таблице 1 [1–6].

Таблица 1

Сводная таблица методик определения нитратов и аммония в почве

Название методики	Характеристики			
	Мешающие компоненты	Заявленный диапазон определяемых содержаний, мг/кг	Суммарная относительная погрешность, %	Время анализа, ч
Определение нитрат ионов				
Определение содержания нитратов с гидразином в модификации ЦИНАО	Не указано	2,50–30,0	20	2
Определение содержания нитратов в почве по Грандваль-Ляжу	Не указано	0,45–11,3	Не указано	3
Методика измерений массовой доли азота нитратов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, отходов производства и потребления фотометрическим методом с салициловой кислотой.	Хлорид ионы и ионы аммония	0,23–23,0	32	3
Определение нитратов в почве с помощью ионо-селективного электрода	Хлорид ионы	1,70–97,7	30	2
Определение ионов аммония				
Определение аммонийного азота фотоколориметрическим методом в модификации ЦИНАО	Карбонат и гидрокарбонат ионы, хлорид, сульфат и другие ионы	5–60	15	2,5
Определение обменного аммония фотоколориметрическим методом с реактивом Несслера	Не указано	30–750	Не указано	2
Определение обменного аммония в почве методом ионометрии	Ионы калия	6,69–15,56	4,7	2

Многие методы определения нитратного и аммонийного азота имеют ряд существенных недостатков, которые не прописаны в методиках, представленных в таблице 1.

Во-первых, в методиках определения содержания нитратов в почвах с гидразином по методу ЦИНАО и по Грандваль-Ляжу, а также в методике определения содержания обменного аммония с реактивом Несслера, не указаны компоненты, мешающие проведению анализа или искажающие его результат. Особенно это важно для фотометрических определений, так как посторонние компоненты могут также образовывать окрашенное соединение с реагентом или повышать, или понижать оптическую плотность раствора.

Во-вторых, при выборе того или иного метода определения ионов аммония и нитрат ионов необходимо учитывать тип исследуемой почвы.

В-третьих, все методики, представленные в таблице 1, позволяют определить концентрацию нитратов в почве в диапазоне от 0,23 мг/кг почвы до 97,70 мг/кг почвы, а для методик определения содержания аммонийного азота диапазон определяемых концентраций составляет от 6,69 мг/кг почвы до 750 мг/кг почвы. Однако, в почвах вокруг промышленных предприятий и в почвах сельскохозяйственных угодий содержание нитратного и аммонийного азота может в разы превышать, либо не достигать диапазона определяемых концентраций. В этом случае методики могут дать недостоверный результат или показать самый минимальный результат определения. Данный факт учтен и прописан лишь в методике измерений массовой доли азота нитратов в пробах почв фотометрическим методом с салициловой кислотой.

В-четвертых, в методиках определения содержания нитратов в почве по Грандваль-Ляжу и определения содержания аммония в почве с реактивом Несслера не указаны суммарные относительные погрешности, что не позволяет судить о точности данных методов.

В-пятых, все представленные методики определения нитратного и аммонийного азота отличаются малой экспрессностью, токсичностью некоторых реагентов, требуют длительной пробоподготовки, не предназначены к работе в полевых условиях и не обеспечивают непрерывности аналитического контроля нитратного и аммонийного азота в почве.

В настоящее время перспективными методами для определения содержания нитратного и аммонийного азота в почвах являются ионообменная хроматография и капиллярный электрофорез. В этом случае, необходимо удаление органических веществ из почвенной вытяжки, так как они нарушают работу хроматографической колонки и вносят существенную погрешность в результат анализа. Удаление органического вещества из почвы осуществляется методом твердофазной экстракции, после чего определение нитратного и аммонийного азота проводят по ГОСТ 31867-2012 «Вода питьевая. Определение содержания анионов методом хроматографии и капиллярного электрофореза». Однако, установка для осуществления твердофазной экстракции является довольно дорогостоящей.

Применение приема разбавления почвенной вытяжки перед хроматографическим определением позволяет снизить концентрацию в ней органических веществ и далее произвести количественное определение нитратного и аммонийного азота методом ионной хроматографии. Однако, прием разбавления приводит к увеличению погрешности определения и сокращению срока эксплуатации хроматографической колонки.

В целом, определение нитратного и аммонийного азота в почве методом ионной хроматографии имеет ряд преимуществ, в сравнении с другими методами. Это экспрессность, простота выполнения операция, высокая чувствительность и селективность. К недостаткам метода можно отнести высокую стоимость оборудования.

Широко распространены экспресс-методы определения нитратов и нитритов, основанные на реакциях диазотирования и азосочетания с образованием азокрасителей. Так, в методе Грисса используется сульфаниловая кислота и 1-нафтиламин. Поскольку доказана канцерогенность 1-нафтиламина, его заменяют другими соединениями — 1-нафтиламин-7-сульфо кислотой, N-(1-нафтил) этилендиамином и др. Чувствительность метода Грисса зависит от применяемых реагентов, условий и методов определения. Наиболее распространенные тест-методы определения нитратов в природных объектах представлены в таблице 2 [7].

Таблица 2

Тест-методы определения нитратов природных объектах

Индикаторная система	Диапазон определяемых содержаний, мг/л	Способ определения
Сульфаниловая кислота, 1-нафтиламин	1–80, 100–3000	Тест-полосы QUANTOFIX®
	0,05–1,00	Система VISOCOLOR®
	0,02–0,50	Система VISOCOLOR®ECO
	0,005–0,100	Система VISOCOLOR®HE
Сульфаниловая кислота, хромотроповая кислота	0,5–200	Определение длины окрашенной зоны индикаторного порошка в тест-трубках
3-Гидрокси-1, 2, 3, 4-тетрагидро(h)хинолин, сульфаниловая кислота	0,5–50	Оценка интенсивности окраски индикаторных бумаг
8-гидроксихинолин, сульфаниловая кислота, цетилпиридиний	0,1–5,0	Оценка интенсивности окраски анализируемой жидкости после внесения в нее индикаторных бумаг.
Целлюлоза с группами 1-нафтиламина, анестезин	0,1–100	Определение длины окрашенной зоны тест-полоски

Таким образом, в ходе анализа и обобщения данных о методиках определения нитратного и аммонийного азота в почве был выявлен ряд важных проблем, решение которых позволит устранить ошибки в определении нитратов и аммония в почве. Особо стоит обратить внимание на применимость

данных методик анализа к различным типам почв и почвам с достаточно высоким содержанием аммония и нитратов в ней.

Многие рассмотренные методики определения нитратов и аммония в почве устарели и требуют модификаций и усовершенствований. Усовершенствование определений данных компонентов должно быть нацелено на повышение экспрессности методов, снижение временных затрат на пробоподготовку, снижение стоимости метода и использование менее токсичных реактивов. Особо стоит уделить внимание разработке непрерывных и дистанционных методов анализа почв на содержание нитратного и аммонийного азота.

Кроме того, с развитием и внедрением хроматографических методов анализа природных объектов, целесообразно усовершенствовать хроматографические методы определения содержания нитратного и аммонийного азота в почвах.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.

Литература

1. ГОСТ 26488-85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. [Электронный ресурс]. Введ. 1985-03-26. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. Доступ из нормативно-технической системы «Техэксперт».
2. Минеев, В. Г. Практикум по агрохимии [Текст] / В. Г. Минеев. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
3. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом [Электронный ресурс] Введ. 1986-06-30. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986 Доступ из нормативно-технической системы «Техэксперт».
4. ПНД Ф 16.1:2.2:3.67-10. Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли азота нитратов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, отходов производства и потребления фотометрическим методом с салициловой кислотой. [Электронный ресурс]. Введ, 2010-02-01. М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2010. Доступ из нормативно-технической системы «Техэксперт».
5. ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО [Электронный ресурс] Введ. 1985-03-26. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985 Доступ из нормативно-технической системы «Техэксперт».
6. Определение обменного аммония в присутствии калия в вытяжке из почв методом ионометрии [Текст] / Г. И. Бебешко, А. М. Капустина, Л. В. Мохова, Е. Ю. Широких // Плодородие. 2009. № 3. С. 19–21.
7. Золотов, Ю. А. Химические тест-методы анализа [Текст] / Ю. А. Золотов, В. М. Иванов, В. Г. Амелин. М.: Едиториал УРСС, 2002. 304 с.

СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К БОРЬБЕ С НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫМИ ЗАРОСЛЯМИ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.)

И. Ф. Чадин, И. В. Далькэ, И. Г. Захожий, Р. В. Малышев, С. П. Маслова
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, chadin@ib.komisc.ru

Согласно определению, приведенному на сайте Конвенции по биологическому разнообразию: «инвазивные чужеродные виды (ИЧВ) – это виды, интродукция и/или распространение которых за пределы их прошлого или нынешнего естественного ареала обитания угрожает биологическому разнообразию» [1]. В монографии одного из основоположников биологии инвазий Ч. Элтона [2] подчеркиваются два важнейших свойства инвазивных видов: взрывной рост численности популяции (площади ареала) и непосредственный вред (значимый экономический ущерб), наносимый непосредственно человеку. Настоящий доклад посвящен вопросам борьбы с нежелательными зарослями чужеродных видов растений (управлению численностью популяций) на примере борщевика Сосновского, обладающего этими двумя свойствами.

Борщевик Сосновского (*Heraclium sosnowskyi* Manden.) – крупное (до нескольких метров в высоту) травянистое растение семейства зонтичных (Ariaceae). Естественный ареал находится в границах лесного пояса гор Кавказа. Вид назван в честь исследователя флоры Кавказа Дмитрия Ивановича Сосновского (1885–1952). В середине XX века широко внедрялся на полях европейской части СССР и Восточной Европы как кормовая культура. Благодаря способности к самосеву в конце XX века стал интенсивно распространяться за пределы земель, на которых возделывался. Для человека растение является ядовитым – способно вызывать ожоги. Все части растения содержат фурукумарины – вещества, которые при попадании на кожу резко повышают ее чувствительность к ультрафиолетовому свету. Ожоги I-й и II-й степени развиваются на второй-третий день после контакта кожи человека с любой частью растения.

В Республику Коми борщевик Сосновского был завезен в 60-х годах XX века [3] и уже через 10–15 лет производственные посеы занимали около 4 тыс. га [4]. Быстрому распространению борщевика за пределы возделываемых полей способствовал спад сельскохозяйственного производства на рубеже XXI века. Тем не менее, выйдя из-под контроля, борщевик не проникает в

естественные экосистемы, характерные для Республики Коми. В основном это растение встречается на обочинах дорог, заброшенных полях, обочинах возделываемых полей, лесных опушках. Растения встречаются в городских парках и скверах, на территории сельских поселений [4].

Непосредственная угроза здоровью человека, приуроченность к территориям населенных пунктов, гигантские для травянистого растения размеры и способность образовывать обширные моновидовые заросли вынуждают местные и региональные власти выделять средства на уничтожение зарослей этого растения. По данным Официального сайта Единой информационной системы в сфере закупок (<http://zakupki.gov.ru>) за период 2011–2017 гг. на мероприятия по борьбе с борщевиком Сосновского на территории РФ заключено контрактов на сумму более 400 млн. руб. Исключение из Государственного реестра селекционных достижений (2012 г.) и включение в Отраслевой классификатор сорных растений (2015 г.) открыли возможность разработки целевых программ по борьбе с борщевиком Сосновского на региональном и федеральном уровне. При этом высокая устойчивость растений борщевика Сосновского к неблагоприятным воздействиям, необычная для культурных растений, создает у населения неверное впечатление о невозможности искоренить нежелательные заросли борщевика.

С нашей точки зрения, добиться успеха в освобождении территорий населенных пунктов от зарослей борщевика Сосновского можно только на основе системного, планового подхода, основанном на учете ключевых биологических особенностей этого вида [5–7]. Растение характеризуется ранним (после схода снежного покрова) прорастанием семян и отрастанием надземной части растений второго и последующих лет жизни. Семена начинают прорастать, находясь еще под снежным покровом. Показано активное формирование плотного полога из листьев (листовой индекс 6,5), перехватывающего более 97% светового потока и способность проростков выживать в условиях низкой освещенности. Надземная часть растений быстро восстанавливается после механических повреждений, благодаря достаточному числу почек возобновления, которые расположены на заглубленных в почву частях побега. Выявлена высокая плотность ежегодно обновляемого и короткоживущего банка семян, распространяемых преимущественно воздушными потоками. Все перечисленные особенности биологии вида определяют успех «вторжения» борщевика Сосновского на новые территории.

По нашим оценкам распространение границы зарослей борщевика на подходящих территориях может достигать 10 м в год. Основным недостатком планов по освобождению территории от зарослей борщевика является отсутствие эффективных мер по ограничению распространения его семян на новые участки и по предотвращению повторного заражения семенами уже освобожденных участков. В 2008 г. по поручению Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Коми (РК) нами были подготовлены «Методические рекомендации по борьбе с неконтролируемым распространением растений борщевика Сосновского». Однако, до сих пор на территории Респуб-

ки Коми чаще всего используют самый неэффективный метод уничтожения растений борщевика – кошение.

С нашей точки зрения, в условиях ограниченных ресурсов следует отказаться от идеи разового, одномоментного (за один полевой сезон) уничтожения всех зарослей борщевика Сосновского на территории того или иного региона. Системная работа по уничтожению нежелательных зарослей этого вида должна начинаться с реализации пилотных проектов по уничтожению борщевика Сосновского на территории одного-двух населенных пунктов Республики Коми. Для этого на территории данных населенных пунктов необходимо:

- провести учет и картографирование территорий занятых борщевиком Сосновского;

- выполнить классификацию территорий, занятых борщевиком, по типам хозяйственного использования;

- установить собственников земельных участков;

- определить приоритетные участки для уничтожения зарослей борщевика;

- выполнить работы по уничтожению борщевика на выбранных участках.

- создать и поддерживать буферные зоны шириной не менее 6 м на границах участков, контактирующих с необработанными зарослями борщевика.

С учетом полученного в ходе реализации пилотных проектов опыта необходимо разработать стратегию уничтожения нежелательных зарослей борщевика Сосновского на всей территории региона. Важным компонентом уменьшения негативных последствий распространения борщевика Сосновского является информационная поддержка с помощью радио, телевидения, занятий в школах, специализированных кружках, публикации раздаточного материала (листочки, брошюры). Значительную помощь в сборе данных о местах распространения этого растения может оказать добровольная помощь активных граждан. Авторами разработан ресурс о биологии, распространении и методах борьбы с борщевиком (<http://proborshevik.ru>).

Работа выполнена в рамках Проекта РФФИ № 16-44-110694 р_а «Эколого-физиологическое моделирование географических пределов распространения инвазивных видов растений на примере борщевика Сосновского в таежной зоне европейской части России» выполняемый на основе Соглашения между Правительством Республики Коми и РФФИ на 2013–2017 годы.

Литература

1. Что такое инвазивные чужеродные виды? // Конвенция о биологическом разнообразии. Официальный сайт. – URL: <https://www.cbd.int/invasive/WhatareIAS.shtml>
2. Элтон Ч. Экология нашествий животных и растений. М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. 227 с.
3. Новые перспективные силосные растения в Коми АССР / К. А. Моисеев, П. П. Вавилов, Е. С. Болотова, В. Л. Космортов. Сыктывкар. 1963. 339 с.

4. Коюшев И. А., Гавринцева Н. Е. Кормопроизводство в Коми АССР. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 1980. 216 с.

5. Traits of *Heracleum sosnowskyi* Plants in Monostand on Invaded Area / I. V. Dalke, I. F. Chadin, I. G. Zakhozhiy, R. V. Malyshev, S.P. Maslova, G. N. Tabalenkova, T. K. Golovko // PLoS ONE. 2015. V. 10. N 11. P. e0142833.

6. Методические рекомендации по борьбе с неконтролируемым распространением растений борщевика Сосновского. Сыктывкар: ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2008. 28 с.

7. Научно-методические рекомендации по разработке проекта уничтожения нежелательных зарослей борщевика Сосновского на территории сельского поселения «Летка» Прилузского района Республики Коми. Сыктывкар: ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2015. 16 с. – URL: http://proborshevik.ru/wp-content/uploads/2017/09/Recommen_Letka_2015.pdf

СТРУКТУРА ООПТ ВО ВЬЕТНАМЕ И В РОССИИ

В. Ф. Ковязин¹, До Хонг Хань², Фам Тхи Хиен Лыонг²

¹ Санкт-Петербургский горный университет, vfkedr@mail.ru

² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова, dohanh326@gmail.com, luong39@gmail.com

В наибольшей степени биологическое и ландшафтное разнообразие сохраняется на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Поэтому увеличение их площадей, обеспечение установленного режима и реальной охраны является одним из приоритетных направлений в работе по сохранению природной среды. Основным видом особо охраняемых природных территорий во Вьетнаме являются лесные резерваты. Лесные резерваты во Вьетнаме – это леса, предназначенные для сохранения природы, которые являются государственным стандартом лесных экосистем, лесными генетическими ресурсами. Лесные резерваты используются для проведения научных исследований, охраны исторических памятников и являются местом отдыха и туризма [1].

В соответствии с Постановлением Правительства Вьетнама № 117/2010/ND-CP «Об организации системы управления лесными экосистемами специального назначения» [2], лесные резерваты включают в себя следующие категории ООПТ (рис. 1), которые подчиняются Министерству сельского хозяйства и развития села Вьетнама.

Национальный парк — лес специального назначения, выполняющий функции сохранения и естественного резервирования лесных экосистем, место сохранения видов, среды обитания организмов и защиты природного ландшафта.

Заповедник представляет собой особые земли или воды, предназначенные для охраны и сохранения биоразнообразия и природных ресурсов в сочетании с защитой культурных ресурсов и регулируются законом [2].

Охраняемая ландшафтная область представляет собой культурно-историческую среду или область сохранения исторического ландшафта. Область – это одна или несколько территорий с типичными эстетическими культурными и историческими ценностями.

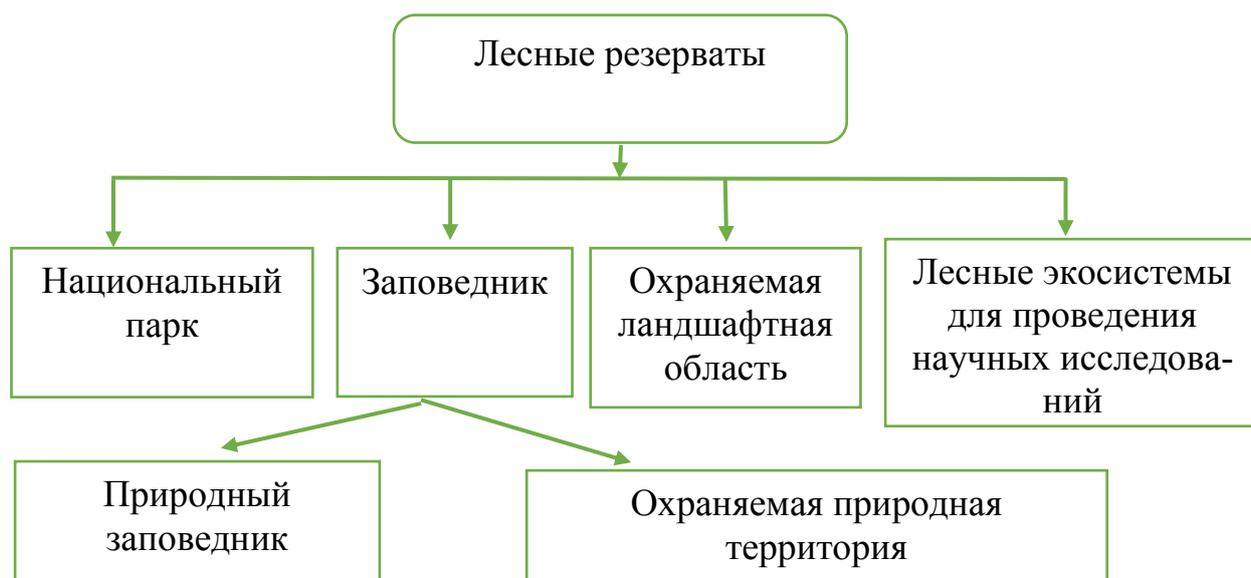


Рис. 1. Категории лесных резерватов во Вьетнаме

Лесные экосистемы для проведения научных исследований являются древесными массивами или частью водно-болотных угодий и морских районов, созданных для экспериментов, технологического развития и обучения населения [2].

ООПТ России прошли длительный путь от охраны отдельных объектов к целым экосистемам или их комплексу, сохранения типичных и уникальных зональных ландшафтов со всем разнообразием растений и животных [3, 4]. Только благодаря ООПТ в России сохранены многие виды животных и растений, уникальные лесные массивы. В настоящее время ООПТ стали показателем отношения государства к судьбе всей Планеты и благополучию наших потомков [4, 5].

В 1995 г. был принят Федеральный закон Российской Федерации «Об особо охраняемых природных территориях» [1]. В настоящее время данным Федеральным законом установлены следующие категории ООПТ (рис. 2), входящие в Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

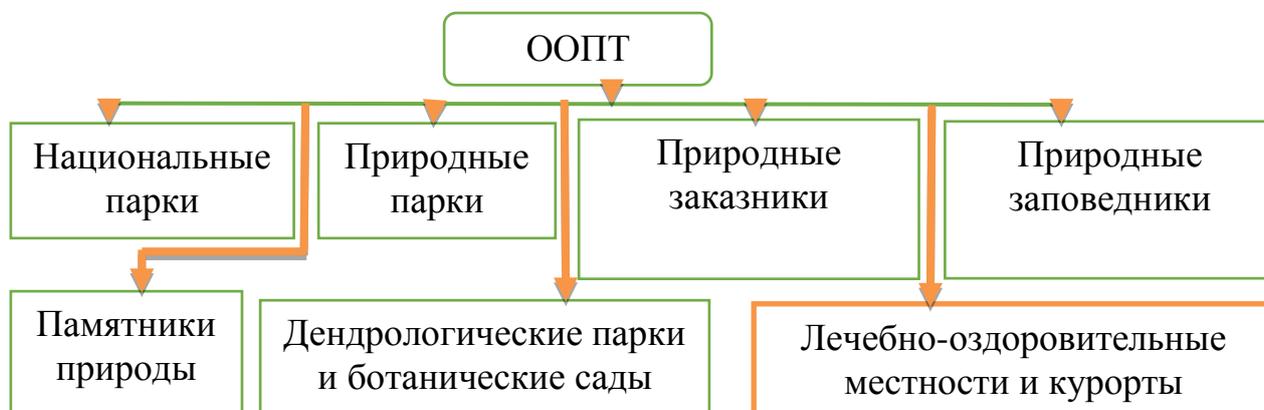


Рис. 2. Категории ООПТ в Российской Федерации

Природные заповедники – особо охраняемые природные комплексы и объекты, территории которых имеют природоохранное, научное, эколого-просветительское значение как образцы естественной природной среды, типичные или редкие ландшафты, места сохранения генетического фонда растительного и животного мира. Они являются природоохранными, научно-исследовательскими и эколого-просветительскими учреждениями, имеющими целью сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем [1].

Национальные парки являются природоохранными, эколого-просветительскими и научно-исследовательскими учреждениями, территории (акватории) которых включают в себя природные комплексы и объекты, имеющие особую экологическую, историческую и эстетическую ценность, и предназначены для использования в природоохранных, просветительских, научных и культурных целях и для регулируемого туризма [1].

Природные парки – природоохранные рекреационные учреждения, находящиеся в ведении субъектов Российской Федерации, территории (акватории) которых включают в себя природные комплексы и объекты, имеющие значительную экологическую и эстетическую ценность, и предназначены для использования в природоохранных, просветительских и рекреационных целях [1].

Природные заказники – территории (акватории), имеющие особое значение для сохранения или восстановления природных комплексов и их компонентов и поддержания экологического баланса [1]. Они имеют различный профиль (табл.):

Таблица

Профили природных заказников в России

№	Профиль заказника	Назначение
1	Комплексный (ландшафтный)	Для сохранения и восстановления природных комплексов (природных ландшафтов)
2	Биологический (ботанический и зоологический)	Для сохранения и восстановления редких и исчезающих видов растений и животных, в том числе ценных видов в хозяйственном, научном и культурном отношении
3	Палеонтологический	Для сохранения объектов полезных ископаемых
4	Гидрологический	Для сохранения и восстановления ценных водных объектов и их экологических систем
5	Геологический	Для сохранения ценных объектов и комплексов неживой природы

Памятники природы — уникальные, невозполнимые, ценные в экологическом, научном, культурном и эстетическом отношении природные комплексы, а также объекты естественного и искусственного происхождения [1].

Дендрологические парки и ботанические сады являются природоохранными учреждениями, в задачи которых входит создание специальных кол-

лекций растений в целях сохранения разнообразия и обогащения растительного мира, а также осуществление научной, учебной и просветительской деятельности [1]. Ботанические сады и дендрологические парки осуществляют интродукцию растений, изучают в стационарных условиях их экологию, биологию, разрабатывают научные основы декоративного садоводства, ландшафтной архитектуры, озеленения, введения дикорастущих растений в культуру, защиты интродуцированных растений от вредителей и болезней, а также разрабатывают методы и приемы селекции и агротехники по созданию устойчивых декоративных экспозиций, принципы организации искусственных фитоценозов и использования растений-интродуцентов для оптимизации техногенной среды [4].

Лечебно-оздоровительные местности и курорты. Федеральный закон № 406 от 28.12.2013 г. о внесении изменений в Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1]. И согласно которому лечебно-оздоровительные местности и курорты были исключены из перечня земель особо охраняемых территорий и выделены в отдельную категорию ООПТ с целью их рационального использования и обеспечения создания лечебных ресурсов и оздоровительных свойств природы [4]. В эту категорию отнесены территории (акватории), пригодные для организации лечения и профилактики заболеваний, а также отдыха населения и обладающие природными лечебными ресурсами (минеральные воды, лечебные грязи, лечебный климат, пляжи, части акваторий и внутренних морей, другие природные объекты и условия) [1].

Следовательно, структура ООПТ во Вьетнаме и в России подразделяются на разные категории, но их функции одинаковы. ООПТ предназначены для сохранения типичных и уникальных природных ландшафтов, разнообразия животного и растительного мира, охраны объектов природного и культурного наследия.

Литература

1. ФЗ N 406 от 28.12.2013 г. О внесении изменений в Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях и отдельные законодательные акты Российской Федерации». М.: Собрание законодательства РФ, 2013. № 52 (часть I). 6971 с.
2. http://vanban.chinhphu.vn/portal/page/portal/chinhphu/hethongvanban?class_id=1&mode=detail&document_id=98307 (дата обращения: 10.4.2017)
3. Распоряжение от 23 мая 2001 года N 725-р. М.: Собрание законодательства РФ. 2001. № 22. 2273 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2016. 639 с.
5. Распоряжение от 23 апреля 1994 года N 572-р Об организации государственных природных заповедников и национальных природных парков на территории Российской Федерации. М.: Собрание законодательства РФ, 1994. № 2. 127 с.

ДИНАМИКА СТЕНОБИОНТНЫХ ВИДОВ ООПТ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»

Л. В. Годунова, О. Н. Пересторонина
Вятский государственный университет, botany-vsu@yandex.ru

В связи с нарастающими темпами научно-технического прогресса все острее встают вопросы охраны природы, рационального использования ее богатств и бережного к ней отношения.

Важнейшим современным направлением международной и российской природоохранной деятельности является реализация концепции устойчивого развития. При переходе к устойчивому развитию подчеркивается фундаментальная роль особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Биоразнообразие сообществ зависит не только от степени антропогенной нагрузки, но и особенностей/отсутствия антропогенной деятельности, что в большой степени проявляется на ООПТ [1]. Особое опасение вызывает состояние интразональных сообществ, прежде всего остепненных сосновых лесов в зоне темнохвойной тайги, которые подвержены трансформации.

Наши исследования проведены в ООПТ «Медведский бор» Кировской области. Медведский бор – это реликтовое сообщество ксеротермической эпохи послеледникового времени, с присутствием во флоре и фауне степных и неморальных элементов. Статус памятника природы Медведский бор имеет с 1962 года, однако рубка сосны здесь ограничена еще с 1830 года [2]. Широкие ботанические исследования показали богатство флоры данной территории, на которой в разное время зафиксировано 635 видов из 96 семейств [3]. В Красной книге Кировской области [4] отмечено 24 вида флоры, среди которых, прежде всего, выделяются степные травы: *Koeleria glauca* (Spreng.) DC., *Potentilla humifusa* Willd. ex Schlecht, *Jurinea cyanoides* (L.) Rchb. Проблема достаточно сильного затенения в связи с возобновлением ели и березы является актуальной в настоящее время. Это приводит к вытеснению из-под полога леса степных видов растений, полному исчезновению отдельных видов (*Stipa pennata* L., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench) и как следствие – сокращению видового разнообразия.

Изучение динамики стенобионтных видов растительных сообществ позволит провести оценку их современного состояния и составить прогнозы состояния лесов.

Для выполнения поставленных задач были обработаны 88 геоботанических описаний, составленных по материалам изучения фитоценозов 12 кварталов (с 2001 по 2015 гг.), где выявлено 50 типов лесных сообществ. Оценка сообществ проведена с учетом границ стенобионтных видов, определенных Е. В. Зубковой [5] по отношению к таким факторам как освещенность – затенение (Lc), богатство почв азотом (Nt) и их увлажнение (Hd) по шкалам Д. Н. Цыганова. В работе была использована программа EcoScaleWin [6].

Для выявления динамики растительных сообществ, а именно для изучения изменения видового состава стенобионтных видов данных групп был выбран сукцессионный ряд: Сосняк беломошный (а) → Сосняк брусничный (b) → Сосняк черничный (с) → Сосняк зеленомошный (d) → Сосняк неморальный (е) → Елово-сосновый лес вейниковый (f) → Елово-сосновый лес неморальный (g) → Ельник зеленомошный (h) (табл.).

По фактору освещенности-затенения в ряду сообществ от первой к последующим стадиям сукцессии уменьшается присутствие видов: *Antennaria dioica* (L.) Gaerth, *Campanula rotundifolia* L. Такие виды как *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Sprengel., *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Centaurea sumensis* Kalen. встречаются только в сосняках зеленомошных. *Convallaria majalis* L. отмечаются в сосновых и сосново-еловых сообществах. *Chamaecytisus ruthenicus* Klask. присутствует на всех стадиях сукцессионного ряда.

По фактору богатства почв азотом происходит внедрение в ходе сукцессии таких видов как *Linnaea borealis* L., *Orthilia secunda* (L.) House., *Rubus saxatilis* L. От сосняков к ельникам исчезают *Campanula rotundifolia* L., *Hieracium umbellatum* L. Встречаются только в сосняках зеленомошных и сосняках неморальных *Melampyrum sylvaticum* L., *Veronica spicata* L., *Viola canina* L. и *Fragaria vesca* L. Практически во всех сообществах сукцессионного ряда встречаются *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth и *Vaccinium vitis-idaea* L.

По фактору увлажнения в ряду сообществ от первой к последующим стадиям сукцессии происходит выпадение таких видов как *Antennaria dioica* (L.) Gaerth, *Campanula rotundifolia* L., *Melampyrum sylvaticum* L., *Viola canina* L. Внедряются такие виды как: *Linnaea borealis* L., *Orthilia secunda* (L.) House. *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Sprengel и *Chimaphila umbellata* (L.) W.P.C. Barton встречаются только в сосняках зеленомошных.

В связи с трансформацией сосновых лесов в сообществах памятника природы «Медведский бор» происходит изменение видового состава. Рассмотренные факторы равнозначны, что свидетельствует о комплексном изменении условий. Для сохранения биоразнообразия ООПТ «Медведский бор» и Кировской области в целом необходимо довести освещение бора до 0,4–0,5 путем рубок ухода.

Динамика стенобионтных видов по различным стадиям сукцессии

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>
	1	2	3	4	5	6	7	8
Освещенность	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.		<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaerth.				
				<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Sprengel.				
				<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth				
	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.		<i>Campanula rotundifolia</i> L.	
				<i>Centaurea sumensis</i> Kalen.				
	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Klask.	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Klask.	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Klask.	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Klask.	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Klask.	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Klask.	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Klask.	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Klask.
				<i>Convallaria majalis</i> L.	<i>Convallaria majalis</i> L.		<i>Convallaria majalis</i> L.	
	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.		<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.			<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	1
Богатство почвы азотом				<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Sprengel.				
	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth			
	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.		<i>Campanula rotundifolia</i> L.	
			<i>Convallaria majalis</i> L.	<i>Convallaria majalis</i> L.	<i>Convallaria majalis</i> L.			<i>Convallaria majalis</i> L.
				<i>Fragaria vesca</i> L.	<i>Fragaria vesca</i> L.			
	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	<i>Hieracium umbellatum</i> L.			
	<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.			<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.				
				<i>Linnaea borealis</i> L.		<i>Linnaea borealis</i> L.	<i>Linnaea borealis</i> L.	
						<i>Orthilia secunda</i> (L.) House.		<i>Orthilia secunda</i> (L.) House.
						<i>Rubus saxatilis</i> L.	<i>Rubus saxatilis</i> L.	
		<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.
	<i>Veronica spicata</i> L.							
			<i>Viola canina</i> L.	<i>Viola canina</i> L.				

Продолжение таблицы

	1	2	3	4	5	6	7	8
Увлажнение	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.							
				<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Sprengel.				
	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	<i>Campanula rotundifolia</i> L.		<i>Campanula rotundifolia</i> L.	
				<i>Chimaphila umbellata</i> (L.) W.P.C.Barton				
	<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.	<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.		<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.				
				<i>Linnaea borealis</i> L.			<i>Linnaea borealis</i> L.	<i>Linnaea borealis</i> L.
		<i>Orthilia secunda</i> (L.) House.		<i>Orthilia secunda</i> (L.) House.	<i>Orthilia secunda</i> (L.) House.	<i>Orthilia secunda</i> (L.) House..	<i>Orthilia secunda</i> (L.) House.	<i>Orthilia secunda</i> (L.) House.
								<i>Pyrola chlorantha</i> SW.
		<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.
	<i>Viola canina</i> L.			<i>Viola canina</i> L.				

Литература

1. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / под ред. Л. Б. Заугольной. М.: Научный мир, 2000. 185 с.
2. Соловьев А. Н. Сокровища вятской природы. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, Кировское отделение, 1986. С. 55–64.
3. Тарасова Е. М. Государственный памятник природы Медведский бор // О состоянии окружающей природной среды в Кировской области в 2000 г.: Региональный доклад. Киров, 2001. С. 131–143.
4. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / под ред. О. Г. Барановой и др. Киров, 2014. 336 с.
5. Зубкова Е. В. Долговременная динамика видов лесных растений с различной шириной экологических ниш на постоянной пробной площади в сосняке с дубом и липой в Воронежском заповеднике // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 5. С. 49–55.
6. Зубкова Е. В., Ханина Л. Г., Грохлина Т. И., Дорогова Ю. А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin: Учебное пособие. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, Пущинский гос. ун-т, 2008. 96 с.

ДАнные МОНИТОРИНГА ПОПУЛЯЦИЙ РЕЛИКТОВОГО ЛИШАЙНИКА *DENDRISCOSTICTA WRIGHTII* (TUCK.) В. MONCADA ET LUCKING В ЮЖНЫХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Т. Н. Пыстина, Н. А. Семенова

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
pustina@ib.komisc.ru, semenova@ib.komisc.ru*

В 2016–2017 гг. на юге Республики Коми были проведены работы по мониторингу популяций редких видов лишайников, занесенных в Красную книгу Российской Федерации [1] и Красную книгу Республики Коми [2]. Особое внимание было сосредоточено на поиске и обследовании ранее известных популяций редкого лишайника *Dendriscosticta wrightii* (Tuck.) В. Moncada et Lucking (старое название *Sticta wrightii* Tuck.). Дендрискостикта Райта занесена в Красную книгу Республики Коми [2] с категорией статуса охраны 1 (вид, находящийся под угрозой уничтожения).

Лишайник имеет дизъюнктивный евразийско-североамериканский ареал. В настоящее время в мире сохранились три места концентрации вида: высокогорные тропические леса на юго-западе Китая, Япония и узкая полоса бореальных лесов, тянущаяся с юго-востока Аляски до юго-востока Британской Колумбии. Все другие местообитания изолированы (Центральная и Восточная Европа, Урал, Западная и Южная Сибирь, Дальний Восток, Япония, центральная часть Северной Америки). Несмотря на широкое географическое распространение, популяции вида стремительно уменьшаются на всем ареале вследствие вырубki девственных лесов, загрязнения воздушной среды, строительства и рекреации. Для популяции на Аляске угрозой может представлять

изменение климата: из-за потепления прогнозируется поднятие уровня воды и затопление прибрежных лесов, где обитает вид [3].

В Европе выявлено незначительное число местонахождений, некоторые из них являются историческими. В Центральной Европе дендрискостикта была отмечена только в Австрии и Германии, гербарные образцы из этих мест датируются 1862 и 1879 гг. [3]. Остальные европейские находки были сделаны на территории России. Лишайник был найден в Карелии (1863 г.) и Вологодской области (1928 г.), на сегодняшний день в этих регионах отнесен к категории исчезнувших [4, 5, 6]. Последние живые европейские популяции сохранились лишь в Костромской области [7], Пермском крае [8, 9] и Республике Коми [2, 10, 11]. В Костромской области вид известен из одной точки (заповедник «Кологривский лес»), в Пермском крае – из трех (Северный Урал: заповедник «Вишерский» и его охранный зона). В Республике Коми установлено семь мест произрастания вида в южной части (Прилузский, Койгородский районы) и два в предгорьях Северного Урала (Печоро-Илычский заповедник, заказник «Уньинский»). Во всех указанных местонахождениях лишайник приурочен к массивам старовозрастных влажных, обычно разреженных, темнохвойных лесов, где поселяется на крупных стволах рябины (*Sorbus aucuparia*, *S. sibirica*), очень редко осины (*Populus tremula*).

Хотелось бы обратить внимание на тот факт, что последние живые европейские популяции лишайника *Dendrioscistica wrightii* сохранились в основном на участках ООПТ и их охранных зон. Не обеспечены охраной лишь самые южные местообитания в Республике Коми. В Прилузском районе известно шесть мест произрастания вида, все располагаются вне объектов природно-заповедного фонда. В Койгородском районе участок леса, где встречается редкий лишайник, находится на территории, зарезервированной под создание национального парка «Койгородский».

В 2017 г. было проведено повторное обследование трех мест произрастания лишайника, выявленных в 1998 и 1999 гг. в Прилузском районе Республики Коми. Два самых южных местообитания, расположенных в наиболее доступных участках (в окрестностях сел Ловля и Слудка), утрачены в результате вырубki лесов. Популяции лишайника сохранились на территории ГУ «Прилузское лесничество» Лоемского участкового лесничества в кварталах 63, 84, 85 и 90. В силу трудной доступности, нами был детально обследован лишь один участок леса в районе бывшей д. Пентюра (граница кварталов 84 и 90). Лишайник встречался на небольшом участке (18 га) вытянутой формы, простирающемся вдоль верхней части склона к р. Димгуль (правый приток р. Лехта, басс. р. Луза). Еще одно дерево рябины с лишайником было найдено в спускающемся к реке логу. *Dendrioscistica wrightii* была встречена всего на 14 деревьях рябины и одной осине в пихтово-еловом лесу со старыми осинами крупнопоротниково-зеленомошном. В подлеске отмечается липа, также охраняемая в Республике Коми.

Были зафиксированы географические координаты всех форофитов, сведения занесены в базу данных. На каждом стволе выполнен подсчет обнару-

женных талломов, отмечена высота поднятия по стволу. Лишайник встречался на стволах деревьев на высоте от 1,0 до 2,6 м (средняя высота поднятия составила 1,9 м). Среднее число талломов на одном стволе – 5,4. По одному таллomu было зафиксировано на двух деревьях рябины, на трех стволах не удалось установить точное количество талломов, поскольку на коре и среди эпифитных мхов было отмечено большое число ювенильных особей размером от 1 до 10 мм.

Обследование массива старовозрастных лесов, расположенного в правобережной части бассейна р. Лехта (от д. Лойма до д. Анкерская), где было подтверждено наличие жизнеспособных популяций дендрискостикты, позволило выявить местообитания еще 11 видов лишайников, включенных с разными категориями статуса редкости в Красную книгу Республики Коми [2]: *Arthonia arthonoides* (Ach.) A.L. Sm., *Cetrelia olivetorum* (Nyl.) W. L. Culb. & C. F. Culb., *Chaenotheca gracilentata* (Ach.) J. Mattsson & Middelb., *Cheiromycina flabelliformis* B. Sutton, *Cliostomum leprosum* (Räsänen) Holien & Tønsberg, *Collema nigrescens* (Huds.) DC., *Heterodermia speciosa* (Wulfen) Trevis., *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Pertusaria hemisphaerica* (Flörke) Erichsen, *Tuckneraria laureri* (Kremp.) Randle & Thell., *Usnea longissima* Ach. Еще шесть видов нуждаются в биологическом надзоре за состоянием их природных популяций: *Chaenotheca gracillima* (Vain.) Tibell, *Cladonia parasitica* (Hoffm.) Hoffm., *Hypogymnia bitteri* (Lynge) Ahti, *H. vittata* (Ach.) Parrique, *Lobaria scrobiculata* (Scop.) DC., *Ramalina thrausta* (Ach.) Nyl. Два вида (*Lobaria pulmonaria*, *Tuckneraria laureri*) подлежат охране на федеральном уровне [1]. Для многих видов получены новые сведения об их распространении на территории республики, которые будут отражены в новом издании Красной книги Республики Коми.

Анализ имеющихся сведений о распространении лишайников на территории Республики Коми позволяет сделать вывод, что подобных мест концентрации редких видов в южной части республики практически не сохранилось. Распространение некоторых видов (*Dendriscosticta wrightii*, *Heterodermia speciosa*, *Cetrelia olivetorum*, *Tuckneraria laureri*) ограничено южной частью республики, где выявлены их единичные местонахождения, как правило, с низкой численностью популяций (обычно фиксируются единичные экземпляры). В обследованном районе данные таксоны характеризуются сравнительно высокой частотой встречаемости, а некоторые из них (*Heterodermia speciosa*, *Tuckneraria laureri*) и многочисленностью выявленных популяций. Особо ценны находки *Heterodermia speciosa* и *Cetrelia olivetorum*, которые, как и *Dendriscosticta wrightii*, являются редкими реликтовыми видами. Для всех них характерна узкая экологическая амплитуда и приуроченность к особым экотопам – долинным пихто-еловым лесам и перестойным влажным осинникам. Поселяются они на стволах старых осин и древовидных рябин. Сохранение последних в Европе участков девственных лесов – единственное условие выживания этих лишайников. Публикации последних лет указывают на стреми-

тельное и неуклонное сокращение ареалов этих древних влаголюбивых видов [6].

Кварталы, расположенные в правобережной части р. Лехта, сданы в аренду предприятию «Лузалес». Летом 2017 г. лесозаготовителями был построен мост через р. Лехта, строится лесовозная дорога протяженностью 15 км от д. Лехта до границы с Кировской областью, начат отвод делянок для проведения зимних рубок. В результате лесозаготовок популяции редких видов лишайников могут быть уничтожены. В настоящее время нам удалось добиться наложения моратория на ведение хозяйственной деятельности в местах произрастания лишайника в квартале 84 Лоемского участкового лесничества.

Лесной массив, простирающийся от р. Лехта до границы с Кировской областью, большой и мало обследованный. С большой долей вероятности можно предположить, что здесь сосредоточены и другие ключевые местообитания редких видов. Поэтому остается актуальным вопрос обследования участков леса на наличие редких видов перед отводом делянок в рубку. Предварительные договоренности с представителями лесозаготовительного предприятия достигнуты. Участки с высокой концентрацией редких видов, занесенных в Красную книгу Российской Федерации [1] и Красную книгу Республики Коми [2] будут выделены как ключевые биотопы и исключены из расчетной лесосеки.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ-Коми «Оценка состояния и динамики популяций редких видов растений, грибов и животных, занесенных в Красные книги Республики Коми и Российской Федерации» № 16-44-110167

Литература

1. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.
2. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 791 с.
3. The Global Fungal Red List Initiative: <http://iucn.ekoo.se/iucn/species/406415/>.
4. Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2007. 364 с.
5. Красная книга Вологодской области. Т. 2. Растения и грибы. Вологда: ВГПУ, Изд-во «Русь», 2004. 360 с.
6. Макрый Т. В. Лишайники рода *Sticta* (Lobariaceae) в России // Ботанический журнал. 2008. Т. 93. № 2. С. 304–316.
7. Кузнецова Е. С., Сказина М. А. К изучению лишайников Костромской области // Новости систематики низших растений. 2010. Т. 44. С. 200–209.
8. Карасев К. А., Селиванов А. Е. Охраняемый лишайник *Sticta wrightii* Tuck. на территории Пермского края // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15095> (дата обращения: 05.11.2017).
9. Шкараба Е. М., Урбанавичюс Г. П., Селиванов А. Е. Редкие виды лишайников Пермского края, их статус и меры охраны // Флора лишайников России: состояние и перспективы исследований: тр. междунард. совещания. СПб., 2006. С. 317–321.
10. Пыстина Т. Н. Лишайники таежных лесов европейского Северо-Востока (подзоны южной и средней тайги). Екатеринбург, 2003. 240 с.

11. Херманссон Я., Пыстина Т. Н., Ове-Ларссон Б., Журбенко М. П. Лишайники и лишенофильные грибы Печоро-Илычского заповедника // Флора и фауна заповедников. Вып. 109. М., 2006. 79 с.

НОВЫЕ НАХОДКИ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЮГЫД ВА»

Н. А. Семенова, Т. Н. Пыстина
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
semenova@ib.komisc.ru, pyстина@ib.komisc.ru

Национальный парк «Югыд ва», расположенный в Республике Коми – один из крупнейших природоохранных объектов федерального значения, включенный в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Исследования, направленные на выявление разнообразия лишайников резервата, до последнего времени носили эпизодический характер. С 2010 г. специалистами Института биологии начато углубленное изучение лишенобиоты самой крупной особо охраняемой природной территории (ООПТ) региона. Основное внимание было сосредоточено на обследовании северной части национального парка, относящейся к бассейну р. Косью (Приполярный Урал). Данные о таксономическом разнообразии лишайников, встречаемости и их экотопической приуроченности были обобщены и опубликованы [1–3].

Начиная с 2015 г. исследования, направленные на инвентаризацию биологического разнообразия, включая лишайники, продолжены в южной части парка. В ходе проведения полевых работ детально обследованы две локальные флоры, относящиеся к бассейну среднего течения р. Щугер (Северный Урал): хр. Кузькуденер (в районе г. Хальмерсале) и окрестности г. Тельпозиз. На хр. Кузькуденер было выявлено 125 видов (131, включая подвиды) лишайников из 25 семейств и 52 родов. Среди них пять видов являются редкими и подлежат охране на территории Республики Коми, два нуждаются в биологическом надзоре [4].

В 2017 г. сборы лишайников были выполнены в прилегающих с юго-запада к г. Тельпозиз ландшафтах. Коллекция насчитывает около 1200 образцов, в настоящее время находится в процессе обработки. Несмотря на неполноту определения, мы можем предоставить довольно объективные данные о видовом богатстве и встречаемости редких представителей лишайников, поскольку при проведении инвентаризации биологического разнообразия особое внимание уделялось выявлению видов, занесенных в Красные книги различных уровней. Получение новых сведений о местах произрастания редких и подлежащих охране видов лишайников особо актуально в свете подготовки обновленного издания Красной книги Республики Коми.

Всего в окрестностях г. Тельпозиз выявлено десять охраняемых видов лишайников, в том числе два вида (*Lobaria pulmonaria*, *Tuckneraria laureri*),

внесенных в Красную книгу Российской Федерации [5]. Еще три нуждаются в биологическом надзоре за состоянием их популяций в природе [6].

Четыре охраняемых в республике вида (*Chaenothecopsis haematopus*, *Cyphelium inquinans*, *Peltigera elisabethae*, *Tuckneraria laureri*) приводятся впервые для территории национального парка «Югыд ва».

В приведенном ниже списке для каждого вида указана информация о местонахождении, местообитании, ценозе, субстрате, дате сбора и статусе охраны. Конкретные точки находок с географическими координатами указаны только для видов, встреченных не более трех раз.

1. *Chaenothecopsis haematopus* Tibell – Хенотекопсис кровавый. Статус охраны – 1.

10,5 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, устье правого безымянного притока р. Тэльрозыю. LL: 63°50'45,1"N, 59°00'53,0"E. На коре *Salix sp.* в пойменном ивняке высокотравном. 06.07.2017.

2. *Usnea longissima* Ach. – Уснея длиннейшая. Статус охраны – 1.

13,2 км на ЮЗ от г. Тэльпозиз, долина р. Пятидырка, левый берег реки, LL: 63°51'25,48"N, 58°55'18,76"E. На ветвях ели и пихты в ельнике папоротниково-хвощево-сфагновом. 13.07.2017.

12,3 км на ЮЗ от г. Тэльпозиз, склон З экспозиции, 3 км на ССЗ от устья р. Тэльпозью, правый берег р. Пятидырка, LL: 63°51'25,6"N, 58°57'20,8"E. На ветвях ели и пихты в пихтарнике чернично-зеленомошном. 15.07.2017.

3. *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. – Лобария легочная. Статус охраны – 2.

14 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, склон Ю экспозиции, правый берег р. Тэльпозью, рядом с островом, LL: 63°49'34,8"N, 58°56'18,5"E. На коре *Salix sp.* в пойменном травяном ивняке. 11.07.2017.

13 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, правый берег р. Тэльпозью, рядом с островом, LL: 63°49'36,3"N, 58°56'19,6"E. На коре березы в ельнике чернично-зеленомошном. 11.07.2017.

12,3 км на ЮЗ от г. Тэльпозиз, склон З экспозиции, 3,8 км от р. Тэльпозью, правый берег р. Тэльпозью, LL: 63°51'26,8"N, 58°56'48,6"E. На коре *Salix sp.* в зарослях приручейного ольховника аконитового. 11.07.2017.

4. *Microcalicium ahlneri* Tibell – Микрокалициум Алнера. Статус охраны – 2.

10,5 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, устье правого безымянного притока р. Тэльрозыю, правый берег р. Тэльпозью, LL: 63°51'41,3"N, 59°01'58,4"E. На коре *Abies sibirica* в березняке гераневом. 06.07.2017.

5. *Collema subflaccidum* Degel. – Коллема увядающая. Статус охраны – 3.

10,5 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, устье правого безымянного притока р. Тэльрозыю, правый берег р. Тэльпозью, LL: 63°50'45,1"N, 59°00'53,0"E. На коре *Salix sp.* в пойменном ивняке высокотравном. 06.07.2017.

6. *Cyphelium inquinans* (Sm.) Trevis. – Цифелиум пачкающий. Статус охраны – 3.

10,5 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, устье правого безымянного притока р. Тэльрозью, правый берег р. Тэльпозью, 63°50'39,5"N, 59°00'22,3"E. На коре старого дерева *Abies sibirica* в березняке гераневом. 06.07.2017.

7. *Peltigera horizontalis* (Huds.) Baumg. – Пельтигера горизонтальная. Статус охраны – 3.

10,5 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, левый берег безымянного правого притока р. Тэльрозью, LL: 63°51'41,3"N, 59°01'58,4"E. На комле березы в березняке гераневом. 04.07.2017.

8. *Peltigera elisabethae* Gyeln. – Пельтигера Элизабета. Статус охраны – 3.

9,7 км на ЮВ от г. Тэльпозиз, склон 3 экспозиции, правый берег правого безымянного притока р. Тэльпозью, LL: 63°52'25,5"N, 59°01'19,8"E. На почве в горной кустарничково-лишайниковой тундре. 05.07.2017.

9. *Sclerophora coniophaea* (Norman) J. Mattsson & Middelb. – Склерофора темноконусная. Статус охраны – 3.

9 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, устье правого притока р. Тэльрозью, правый берег р. Тэльпозью, LL: 63°50'24,6"N, 58°59'58,7"E. На коре *Betula pubescens* и *Picea sp.* в березняке травяном с елью и пихтой. 06.07.2017.

10,5 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, устье правого притока р. Тэльрозью, правый берег р. Тэльпозью, LL: 63°50'39,5"N, 59°00'22,3"E. На коре березы в березняке гераневом. 06.07.2017.

10. *Tuckneraria laureri* (Kremp.) Randle & A. Thell – Тукнерария Лаурера. Статус охраны – 3.

9 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, устье правого безымянного притока р. Тэльрозью, правый берег р. Тэльпозью, LL: 63°50'24,6"N, 58°59'58,7"E. На ветвях *Picea sp.* в травяном березняке с елью и пихтой. 06.07.2017.

11. *Evernia divaricata* (L.) Ach. – Эверния растопыренная. Бионадзор.

На ветвях различных видов деревьев во влажных темнохвойных и смешанных лесах, в пойменных ивняках и в древостоях по окраинам болот.

12. *Hypogymnia bitteri* (Lyng.) Ahti – Гипогимния Биттера. Бионадзор.

Во всех обследованных лесных сообществах. На коре деревьев и кустарников в лесах и пойменных зарослях кустарников.

13. *Lobaria scrobiculata* (Scop.) DC. – Лобария ямчатая. Бионадзор.

14 км на ЮЮЗ от г. Тэльпозиз, склон Ю экспозиции, правый берег р. Тэльпозью, рядом с островом, LL: 63°49'34,8"N, 58°56'18,5"E. На коре *Salix sp.* в пойменном ивняке травяном. 11.07.2017.

Шесть из десяти подлежащих охране на территории республики видов лишайников имеют категорию статуса охраны 3 (редкие виды). К категориям 2 (сокращающиеся в численности) и 1 (виды, находящиеся под угрозой исчезновения) относятся по два вида.

Редкие и охраняемые виды лишайников отмечены практически во всех обследованных типах местообитаний: в еловых и пихтовых лесах (*Evernia divaricata*, *Hypogymnia bitteri*, *Lobaria pulmonaria*, *Usnea longissima*), в березняках (*Cyphelium inquinans*, *Evernia divaricata*, *Hypogymnia bitteri*, *Microcalicium ahlneri*, *Peltigera horizontalis*, *Sclerophora coniophaea*, *Tuckneraria laureri*),

пойменных ивняках (*Chaenothecopsis haematopus*, *Collema subflaccidum*, *Evernia divaricata*, *Lobaria pulmonaria*, *L. scrobiculata*, *Hypogymnia bitteri*) и горных тундрах (*Peltigera elisabethae*).

Встречаемость лишайников в пределах обследованных участков не высокая: для восьми из 13 видов выявлены единичные места находок. Популяции большинства не многочисленны. Только три вида (*Lobaria pulmonaria*, *L. scrobiculata*, *Hypogymnia bitteri*) в подходящих местообитаниях (пойменные леса и заросли древовидных ив) были встречены в большом обилии.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы АААА-А16-116021010241-9 «Структурно-функциональная организация растительных сообществ, разнообразие флоры, лишено- и микобиоты южной части национального парка «Югыд ва» при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ-Коми «Оценка состояния и динамики популяций редких видов растений, грибов и животных, занесенных в Красные книги Республики Коми и Российской Федерации» № 16-44-110167.

Литература

1. Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожым (северная часть национального парка «Югыд ва») / Отв. ред. Е. Н. Патова. Сыктывкар, 2010. 192 с.
2. Пыстина Т. Н., Херманссон Я. Разнообразие лишайников Республики Коми: важнейшие итоги и перспективы дальнейших исследований // Современная ботаника в России: Тр. XIII съезда Русского ботанического общества и конф. «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна». В 3-х томах. Тольятти, 2013. Т. 1. С. 205–207.
3. Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва») / Отв. ред. С. В. Дёгтева. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 483 с.
4. Пыстина Т. Н., Семенова Н. А. Новые находки редких и охраняемых видов лишайников южной части национального парка «Югыд ва» и прилегающей территории // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров, 2016. С. 76–80.
5. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
6. Красная книга Республики Коми / Под ред. А. И. Таскаева. Сыктывкар, 2009. 791 с.

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ В КОЛЛЕКЦИЯХ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВятГУ

*В. А. Езимов, Л. Г. Канина, В. С. Пашкин,
О. Н. Вострикова, С. П. Лобастов*

Вятский государственный университет, botgar@vshu.kirov.ru

Ботанический сад Вятского государственного университета отметил в 2017 г. свое 105-летие. Он основан сначала как частновладельческий, а как Ботанический сад открылся в 1919 году. Участок под садом составлял чуть

более одного гектара и занимал верховье оврага на углу ул. Владимирская и ул. Бутырская (современные ул. К.Маркса и ул. Маклина) [1, 6].

По воспоминаниям основателя сада Алексея Андреевича Истомина (1872–1920 гг.), до 1913 г. овраг здесь представлял собою совершенно пустое, глухое заброшенное место, мимо которого порой боялись ходить. С 1913 г. А. А. Истомин занялся окультуриванием своей усадебной земли и разбил здесь декоративный сад в английском стиле [2]. Из окрестностей города были привезены ели и пихты, по железной дороге доставлены растения из других природных зон. Растения сада являлись выходцами из 28 географических пунктов земного шара [1].

Новая власть, признавая ценность коллекций Ботсада, на основании декрета Совнаркома 1921 г. постановила, что «сад, находящийся в г. Вятке по ул. К.Маркса, 77, признан неприкосновенным памятником природы» [3].

Коллекционный фонд Ботанического сада по состоянию на 1922 г. насчитывал 1850 экземпляров относящимся к 107 видам растений. На данный период в саду произрастало 62 вида древесно-кустарниковых растений – (841 экз.), в том числе 11 видов хвойных – (309 экз.), травянистых растений – 45 видов (1009 экз.). Основу так называемой зоны «тайги» составляли хвойные растения. Только пихты сибирской было высажено 163 экз. [4].

С 1 февраля 1923 г. Ботанический сад был передан в совместное ведение Исследовательскому и Педагогическому институтам. Заведующим садом был назначен ассистент П. А. Дрягин. Под его руководством сотрудниками сада проделаны работы по инвентаризации растений и по использованию сада с учебно-просветительской целью. Составленный научный список всех растений сада был проверен сотрудниками Ленинградского ботанического сада. Согласно ему коллекция имела в своем составе фонд из 153 видов растений (1769 экз.) [5].

С 1929 по 1937 гг. Ботаническим садом руководил Н. И. Мятагас. Много в годы его пребывания на посту заведующего происходило впервые. По поручению Всесоюзного института каучука и гуттаперчи, в саду проводилась опытническая работа с растениями-каучуконосами: тау-сагыз, кок-сагыз, сагыз. Институт считал город Киров самой северной точкой по акклиматизации этих теплолюбивых растений [7]. Примечательно, что в период Великой Отечественной войны на территории Кировской области площадь посевов кок-сагыза составляла более 3000 га (по состоянию на 30 июля 1943 г.) [8].

Нелегкая доля по руководству Ботаническим садом в период с 1938 по 1950 гг. выпала на заведующего садом В. Е. Верстакова. Это были трудные военные и послевоенные годы. Перед ограниченным штатом работников сада (4 человека) была поставлена лишь одна задача – сберечь коллекцию растений.

В это же время, известный в г.Кирове и за его пределами академик Н. В. Рудницкий вышел с инициативой об организации нового Ботанического сада [9]. Решение о создании нового Ботанического сада было принято Исполкомом городского Совета 4 января 1944 года. Под Ботанический сад пла-

нировалась территория в 60 га. Был составлен перспективный план освоения сроком в 7 лет [10]. Но, как пишет центральная газета «Известия» в мае 1947 года, «дело в том, что на городской земле, омежеванной четырьмя улицами и предназначенной для посадки ботанического сада, занимается подсобным земледелием... областной Совет. Здесь его подсобное хозяйство. Здесь же и огороды самых ответственных огородников города...» [11].

Одной из задач научной работы Ботанического сада является сбор семян, издание списка семян (делектуса) и обмен ими с другими ботаническими садами страны. В 1955 г. издается первый делектус. Под руководством доцента кафедры ботаники, научного руководителя Ботанического сада Ф. А. Александрова с 1955 по 1962 гг. было издано 8 выпусков делектуса.

На протяжении многих десятилетий с начала организации Ботанический сад постоянно испытывал дефицит средств на содержание, текущий и капитальный ремонт, пополнение коллекций и т.п.

В 1975 г. исполком городского Совета принял решение «О реконструкции Ботанического сада Педагогического Института» за № 414 от 14.07.1975 г., где отмечено, что «в ветхом состоянии находится забор, теплица, разрушен бассейн «Черное море», не действует водосточная система, в неудовлетворительном состоянии наружное электроосвещение. На территории сада находятся два жилых дома, что затрудняет его эксплуатацию». Расходы по реконструкции сада город взял на себя за счет средств на капитальный ремонт объектов народного хозяйства [12].

Серьезный урон коллекции Ботанического сада нанесла зима 1978–1979 гг. Пришлось даже закрыть сад на реконструкцию. Вновь сад был открыт для посетителей и экскурсий 23 июля 1983 г.. Этот период напряженной работы пришелся на долю директора Ботанического сада Галину Ивановну Бердникову (годы работы 1974–1984).

С октября 1984 г. по апрель 2016 г. директором Ботанического сада был Сергей Павлович Лобастов. Его заслуга в том, что сад был сохранен в трудные времена перестройки.

В 2006 г. возобновился выпуск и рассылка списков семян для обмена с другими ботаническими садами. В период по 2016 г. были выпущены списки с № 15 по № 25. Списки составлялись биологом Ботанического сада О. Н. Востриковой. Обмен семенами способствовал расширению видового состава коллекций.

За это время обновилась посадки рокария, были созданы экспозиции лекарственных растений, растений Сибири, Дальнего Востока, Северной Америки, Участок степных растений, Участок рододендронов, пополнилась коллекция краснокнижных видов.

Большое внимание уделялось работе с редкими растениями. В настоящее время в экспозициях Ботанического сада насчитывается 38 видов, включенных в Красную книгу Кировской области. Еще 6 видов находятся в коллекционном питомнике. Следующие виды длительно и устойчиво произрастают в ботаническом саду, дают семена, пригодные для размножения, при

необходимости могут быть размножены для дополнительных посадок: *Laser trilobum* (L.) Borkh., *Eupatorium cannabinum* L., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Pyrethrum corymbosum* (L.) Scop., *Geranium sanguineum* L., *Lilium martagon* L., *Paeonia anomala* L., *Stipa pennata* L., *Primula veris* L. subsp. *macrocalyx* Bunge, *Anemone sylvestris* L., *Digitalis grandiflora* Mill., *Betonica officinalis* L. [13]. В небольшом количестве посадочный материал данных растений продается населению, что способствует сохранению и распространению редких растений.

Из растений, включенных в Красную книгу России, устойчиво произрастают в течение нескольких лет и дают полноценные семена *Aralia continentalis* Kitag, *Crambe cordifolia* Stev., *Crocus speciosus* Bieb., *Iris ensata* Thunb., *Erythronium sibiricum* (Fisch. et C.A. Mey.) Kryl., *Paeonia lactiflora* Pall., *Paeonia tenuifolia* L., *Koeleria sclerophylla* P.A.Smirn., *Stipa pennata* L., *Sanguisorba magnifica* I. Schischk. et Kom., *Zingiber biebersteiniana* (Claus) P.A.Smirn. [14]. Еще несколько видов находятся в процессе акклиматизации. Семена редких растений включаются в список для обмена и рассылаются по заявкам в другие ботанические сады.

На участке лекарственных растений испытаны новые для нашего региона пряные растения: земляничная трава *Helenium aromaticum* L. Bailey cv. Phidzhi, пажитники голубой *Trigonella caerulea* (L.) Ser. и фенугрек *Trigonella foenum-graecum* L., эльсгольция реснитчатая *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyl., зизифора пахучковидная *Ziziphora clinopodioides* Lam. Все их можно рекомендовать для выращивания садоводами-любителями. Успешно интродуцированы арника горная *Arnica montana* L., термопсис люпиновый *Thermopsis lupinoides* (L.) Link, десмодиум канадский *Desmodium canadense* DC., солодка голая *Glycyrrhiza glabra* L. (высажена на участке степных растений), лапчатка белая *Potentilla alba* L., вербена лекарственная *Verbena officinalis* L. и другие виды.

При выращивании степных растений главную проблему создают тяжелые глинистые почвы ботанического сада, поэтому при создании участка степных растений пришлось завозить много песка и торфа, а также известковать. Не для всех растений этого оказалось достаточно, но все же особи многих видов на протяжении нескольких лет с разной степенью благополучия пережили погодные катаклизмы.

В ботаническом саду выращиваются несколько видов катранов. И если о катране сердцелистом (*Crambe cordifolia* Stev.) нам было известно, что он зимует в нашем климате, то катран татарский и катран приморский мы испытывали впервые в нашей зоне. Семена катранов приморского (*Crambe maritime* L.) и татарского (*Crambe tataria* Sebeok) были получены из Главного ботанического сада Российской академии наук в 2011 г.. Выращенные растения высажены в 2012 г. на участок степных растений, каждый год они цветут и дают семена, и даже размножаются самосевом. Во время цветения катраны очень декоративны, считаем, что они перспективны для использования в озеленении города.

Основу экспозиции участка степных растений составляют различные виды овсяницы, ковыля, полыни, мака, лука, гвоздики. Очень украшает степной участок миндаль Ледебурра (*Amygdalus ledebouriana* Schlecht). Семена его были получены в 2011 г. из Сибирского ботанического сада Томского государственного университета. В 2015 г. миндаль не только цвел, но и дал семена. Сейчас в питомнике подрастает новое поколение растений, уже из местных семян. Много новых интересных растений появилось и на других участках сада.

В настоящее время наблюдается устойчивый рост в пополнении коллекций новыми видами и сортами. По состоянию на 2016 г. в коллекции насчитывалось 1157 видов растений (с учетом разновидностей, форм и сортов, 1944 наименования), в том числе древесных – 172 вида, травянистых растений открытого грунта – 608 видов, растений закрытого грунта – 377 видов.

Грандиозная реконструкция Ботанического сада ВятГУ началась в 2015 г. после подписания петиции Союза Ботанических садов России Президентом РФ В. В. Путиным. Из федерального бюджета были выделены средства на реконструкцию Ботанического сада. Федеральные средства выделены на содержание и развитие материально-технической базы, модернизацию научно-образовательной инфраструктуры и развитие кадрового потенциала. Субсидия целевая и направлена на поддержку структурных подразделений вузов, которые имеют в своем составе ботанические сады, природные заповедники и другие особо охраняемые природные территории. В стране более 80 вузов, имеющих в своем составе ботанические сады. Поддержку получили только 17, в том числе и Ботанический сад ВятГУ. В 2015 г. была составлена смета на проведение следующих работ: замена деревянного забора на новый из профнастила по периметру ул. Маклина, ул. Орловская, ул. К. Либкнехта и металлическую ограду по улице К. Маркса; установка новой системы автополива на территории сада; монтаж системы видеонаблюдения; приобретение коллекционных растений; замена оргтехники в административных помещениях; текущий ремонт административного здания;

реконструкция теплового узла, обеспечивающего обогрев зимних теплиц; частичная очистка сухостойных деревьев; приобретение садового бензоинструмента и электроинструмента; приобретение 10 садовых диванов (скамеек); благоустройство территории (частичная замена дорожек новой брусчаткой и монтаж площадки «Знак вопроса»). В 2016 г. был частичный ремонт дорожек на территории сада в зоне дендрария. Работы по реконструкции осуществлялись под руководством В. С. Пашкина (апрель – ноябрь 2016 г.) и В. А. Езимова (директор сада с ноября 2016 г.).

10 августа 2017 г. после масштабной реконструкции состоялось торжественное открытие Ботанического сада ВятГУ – «Art-Сад. Ночь открытия». Это было одно из самых ярких летних мероприятий 2017 г. приуроченное к юбилейной дате – 105-летию со дня основания Ботанического сада. В этот вечер сад посетило более 5 тыс. человек.

Работа по реконструкции сада продолжается. С. П. Лобастов ведет работу с архивными документами и уже найдены новые сведения по истории Ботанического сада ВятГУ – одного из старейших страны. Продолжается обмен посадочным материалом с другими ботаническими садами, делектусы составляют О. Н. Вострикова, И. В. Бронникова, пополняется коллекция растений. Сотрудниками кафедры биологии и методики обучения биологии проводятся образовательные экскурсии для школьников, жителей и гостей города.

Ботанический сад Вятского государственного университета внесен в базу Информационно-поисковой системы «Ботанические коллекции России и сопредельных государств» – код RU014 [15], планируется вступление в Совет ботанических садов России.

Литература

1. Государственный Архив Кировской области (ГАКО). Фонд Р-1148. Опись 1. Дело 669. Лист 13.
2. ГАКО. Ф.Р-1148. Оп.1. Д.177. Л.19.
3. ГАКО. Ф.Р-2222. Оп.1. Д. 9. Л.4.
4. ГАКО. Ф.Р-1148. Оп.1. Д.135. Л.1.
5. ГАКО. Ф.Р-1148. Оп.1. Д.177. Л.114.
6. Вятский педагогический институт имени В. И. Ленина. 1918–1928. 10 лет. Вятка. 1928, С. 127.
7. Газета «Кировская правда». № 85. 1935 г.
8. ГАКО. Ф.Р-2169. Оп.1. Д. 713. Л.73. 231.
9. Газета «Кировская правда». № 119. 1941 г.
10. ГАКО. Ф.Р-897. Оп.8. Д. 18. Л. 45–48.
11. Газета «Известия». № 117. 21 мая 1947 г.
12. Архив Ботанического сада.
13. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров. 2014. с
14. Красная книга Российской Федерации. Растения, грибы. 2001.
15. Информационно-поисковая система «Ботанические коллекции России и сопредельных государств» / Ред. А. А. Прохоров и др. Web-мастер: Каштанов М. В., Андриусенко В. В. 1997 Режим доступа: <http://garden.karelia.ru>

НОВЫЕ НАХОДКИ *NEOTTIA NIDUS-AVIS* (L.) RICH. В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. П. Лачоха

Государственный заповедник «Нургуш», nurgush@zapovednik.kirov.ru

Гнездовка настоящая (*Neottia nidus-avis* (L.) Rich.) относится к семейству орхидных (*Orchidaceae*). Вид занесен в Красную книгу Кировской области: статус II (категория редкий в недавнем прошлом вид, численность которого быстро сокращается) [1].

Многолетнее бесхлорофилльное растение высотой до 25 см. Стебли толстые одиночные желтовато-бурого цвета с чешуевидными недоразвитыми

листьями. Соцветие верхушечное кистевидное с 18–30 цветками. Кисть внизу редкая, кверху более густая. Цветки желтовато-бурые мелкие, 6–8 мм в диаметре, с медовым запахом. Прицветники пленчатые, очень мелкие. Листочки околоцветника яйцевидные, сближенные, губа двулопастная, вниз отогнутая. Плоды – эллиптические коробочки. Корневище укороченное, густо покрыто тесно сближенными утолщенными придаточными корнями, внешне напоминает бесформенное птичье гнездо. Сапрофит. Ведет подземный образ жизни, поэтому обнаружить можно только во время цветения или по засохшим побегам прошлого года, которые обычно долго сохраняются. Цветет в июне–июле, плодоносит в июле–августе. Размножается семенами, реже вегетативно (корневыми отпрысками) [1–3].

Произрастает в умеренно влажных лесах на богатых рыхлых лесных почвах. Более характерна для лесов со значительным участием осины в древостое и неморальных элементов в несомкнутом травяном покрове. В Кировской области встречается в тенистых хвойных, смешанных и лиственных лесах на слабозадренованной почве [3, 4].

Основными лимитирующими факторами развития *Neottia nidus-avis* (L.) Rich. являются малочисленность популяций, узкая экологическая приуроченность вида и нарушение местообитаний в результате антропогенных воздействий (в большей степени вырубка старовозрастных лесов).

Ранее на территории Кировской области вид был отмечен в Лебяжском, Малмыжском, Нолинском, Слободском, Советском районах [1, 4].

В июне 2017 года в ходе экспедиционных исследований гнездовка настоящая была обнаружена на территории Немского (Чистопольское участковое лесничество) и Кильмезкого (Осиновское участковое лесничество) районов.

Все встречи были в липово-осиновых лесах с березой. В напочвенном покрове доминировали сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), подмаренник душистый (*Galium odoratum* (L.) Scop.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), костяника (*Rubus saxatilis* L.), майник двулистный (*Majanthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt), медуница неясная (*Pulmonaria obscura* Dumort.), звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.). В подросте обильны осина (*Populus tremula* L.), липа сердцелистная (*Tilia cordata* Mill.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), а в подлеске – рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), черемуха птичья (*Padus avium* Mill), жимолость обыкновенная (*Lonicera xylosteum* L.), малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop.).

В Чистопольском участковом лесничестве обнаружено 9 ценопопуляций *Neottia nidus-avis* с численностью от 1 до 24 генеративных экземпляров и от 1 до 9 сухих прошлогодних побегов. Особи в популяциях расположены группами на расстоянии до трех метров друг от друга.

В Осиновском участковом лесничестве обнаружено 10 ценопопуляций *Neottia nidus-avis* с численностью от 1 до 26 генеративных экземпляров и от 1

до 10 сухих прошлогодних побегов. Особи в популяциях также расположены группами на расстоянии до четырех–пяти метров друг от друга.

В Кировской области впервые были обнаружены такие многочисленные популяции гнездовки: ранее отмечались единичные особи. Высокая численность данного вида, вероятно, связана с прохладными и влажными погодными условиями вегетационного периода, что способствовало успешному прорастанию побегов.

Для сохранения данного вида необходимо проведение флористических исследований, выявление новых мест произрастания с последующим введением режима особой охраны и контроль за состоянием популяций [1].

Литература

1. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
2. Злобин Б. Д., Носкова Т. С. Редкие животные и растения Кировской области. Киров: Волго-Вят. кн. изд-во, 1988. 175 с.
3. Лесные травянистые растения. Биология и охрана: Справочник / Ю. Е. Алексеев, М. Г. Вахрамеева, Л. В. Денисова, С. В. Никитина. М.: Агропромиздат, 1988. 223 с.
4. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.

О НАХОДКЕ ВОЛЬФИИ (*WOLFFIA*, LEMNACEAE) В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. И. Кочурова¹, Д. В. Козвонин²

¹ Кировский городской зоологический музей, kochurovati@mail.ru

² Лицей естественных наук

Вольфия (*Wolffia*) – род растений из сем. Рясковых (Lemnaceae); включает 17 видов. На территории нашей страны встречается один вид – *W. arrhiza* Horkel et Schleid – вольфия бескорневая. Растение состоит из шаровидно-овального светло-зелёного стебелька 0,3–2,0 мм в поперечнике; листьев и корней не имеет. Растёт на поверхности стоячих вод. Размножается обычно почкованием до двух раз в сутки, редко семенами [1]. Это самое маленькое цветковое растение на Земле. Цветение наблюдается очень редко, соцветие микроскопическое состоит из одного тычиночного и одного пестичного цветков. Общее распространение растения: Кавказ, Средняя и Атлантическая Европа, Средиземноморье, Япония, Китай, Индия [2]. Встречается изредка в стоячих водоемах Европейской части страны [3]. На территории Кировской области обитание растений рода *Wolffia* в природе не регистрировалось [4].

Вольфия богата питательными веществами, содержит крахмал (до 65%), белок (до 10%), жиры (до 20%), витамины [1]. У аквариумистов в последнее время встречается довольно часто, используется не только в качестве естественного затенителя аквариума, но и как прекрасная добавка к рациону многих рыб [5].

Авторами данной работы вольфия впервые была обнаружена в июне 2015 г. в старичном озере Курья, расположенном на северной окраине г. Кирова. Озеро сформировалось на месте одноименной протоки р. Вятки, в период весеннего половодья оно соединяется с главной рекой. Имеет длину 1,3 км, ширину 30–50 м, простирается вдоль подножья левого коренного берега р. Вятки. Значительную часть в питании озера, помимо атмосферных осадков, составляют подземные воды, в том числе родники, берущие начало в нижней части крутого берегового склона р. Вятки.

В период обнаружения популяция вольфии была достаточно многочисленной. Растение входило в состав группировок, смешанных с различными видами рясок (*Lemna minor* L., *L. trisulca* L., *Spirodela* sp.). Площадь их проективного покрытия в месте наблюдения составляла около 30% водного зеркала. Летом 2016 г. обитание вольфии на этом озере было подтверждено вновь, что свидетельствовало о благополучной зимовке растения в условиях нашего региона. Вольфия по-прежнему была отмечена в составе смешанных с рясками группировок, проективное покрытие которых в месте наблюдения достигало 100% площади водного зеркала. В августе и сентябре 2017 г., помимо присутствия в прежних местах обитания, зарегистрировано появление растения в смежном водоеме (выше по течению р. Вятки), где оно образовывало чистые группировки. На протяжении трех лет наблюдений популяция была многочисленной, в которой присутствовали делящиеся особи.

Исследования, проведенные летом 2017 г. в соседних пойменных водоемах р. Вятки (три озера выше и два ниже по течению реки), не показали в них наличия вольфии. Таким образом, оз. Курья – единственное известное нам место обитания этого растения в пределах нашего региона, причем расположенное намного севернее границ ареала.

Как вольфия могла попасть в Курью? Одним из путей проникновения можно рассматривать городскую канализацию, куда сливают воду и излишки растительности при чистке аквариумов. В случае переполнения городского коллектора сточных вод, одна из ветвей которого проходит вдоль берега Курьи в непосредственной близости от воды, отдельные растения могли попасть в озеро и при благоприятных условиях начать размножаться. Этот вопрос, а также процесс выживания и расселения вольфии в наших водоемах требует дальнейшего изучения.

Литература

1. Вольфия // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / Гл. ред. А. М. Прохоров. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1969–1978. Т. 5.
2. Флора Европейской части СССР. Покрытосеменные. Двудольные. Однодольные. / Отв. ред. Ан. А. Фёдоров. Л.: Наука, 1979. Т. IV. 355 с.
3. Флора СССР / Под ред. В. Л. Комарова. Л.: Издательство Академии наук СССР, 1935. Т. 4. 636 с.
4. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1: Сосудистые растения. Киров: Кировская областная типография, 2007. 292 с.
5. Цирлинг М. Б. Аквариум и водные растения. СПб.: Гидрометеиздат, 1991. 256 с.

ПРОГНОЗ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ДРЕВОСТОЯ ЛИСТВЕННО-ХВОЙНОГО НАСАЖДЕНИЯ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

С. И. Тарасов

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

Мониторинг лесов или долгосрочное наблюдение за состоянием лесных насаждений – важная задача в рамках обеспечения рационального природопользования. Одной из центральных проблем в концепции устойчивого управления ресурсами является прогнозирование восстановительной динамики лесов. В контексте этого, выявление законов естественного развития фитоценоза является ключевым при оценке потенциальных возможностей насаждения по восстановлению природного видового состава и структуры в условиях значительных нарушений почвенного покрова, гидрологического и светового режимов [1]. Препятствием, затрудняющим изучение сукцессий лесных насаждений, является характерное время жизни древесных видов, ограничивающее возможность непосредственного изучения и анализа процесса развития лесного сообщества. Широко используемым инструментом, позволяющим преодолеть указанное ограничение, является математическое моделирование.

В рамках общей проблемы изучения вторичных сукцессий цель настоящей работы заключалась в анализе и прогнозировании восстановительной динамики древостоя лиственно-хвойного насаждения средней тайги послерубочного происхождения на основе модельного представления.

Исследование процессов восстановления древесного яруса лесного сообщества проводилось на базе Ляльского лесозоологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН, расположенного на юге Княжпогостского административного района Республики Коми. В качестве объекта исследования было выбрано насаждение, возникшее на вырубке елового древостоя после огневой очистки лесосеки. Рубки ухода на данном участке леса не проводились с момента образования вырубки, что позволяет рассматривать лесовосстановление как естественное.

Закладка постоянной пробной площади (ППП) и первая инвентаризация были проведены в 1989 г., последующие инвентаризации проводились в 1994, 1999, 2008, 2015 гг. Инвентаризации проводились в соответствии с ГОСТ16128-70. На момент закладки, насаждение, образовавшееся в результате лесовосстановительного процесса, классифицировалось как лиственное насаждение (4Ос5Б1С) II-го класса возраста, в настоящее время – это лиственно-хвойное насаждение сложного состава IV класса возраста (первый ярус – 7Ос3Б+С; второй ярус – 10Е, ед. Пх).

С лесохозяйственной точки зрения основной интерес представляют перспективы дальнейшего развития фитоценоза: произойдет ли восстановление условно-коренного насаждения (ельника) и сколько времени для этого потребуется, или будет сформировано устойчиво-производное насаждение, не

отвечающее запросам и потребностям лесной промышленности. Анализ и прогноз развития древесного яруса лесного насаждения возможен на основе оценки динамики показателей, характеризующих рост древесных пород. К таким показателям относятся фитомасса и количество деревьев (численность). В результате 27-летних наблюдений на ППП был получен массив лесотаксационных данных, которые использовались при математическом моделировании динамики фитомассы и численности древесных пород в составе изучаемого насаждения.

Анализ натуральных данных выявил наличие признаков, позволяющих выбрать в качестве рабочей модели логистическую кривую [2]. Результаты сглаживания экспериментальных значений фитомассы и густоты для каждой древесной породы, участвующей в насаждении, были получены в виде графиков (рис. 1), анализ которых позволяет сделать следующие выводы.

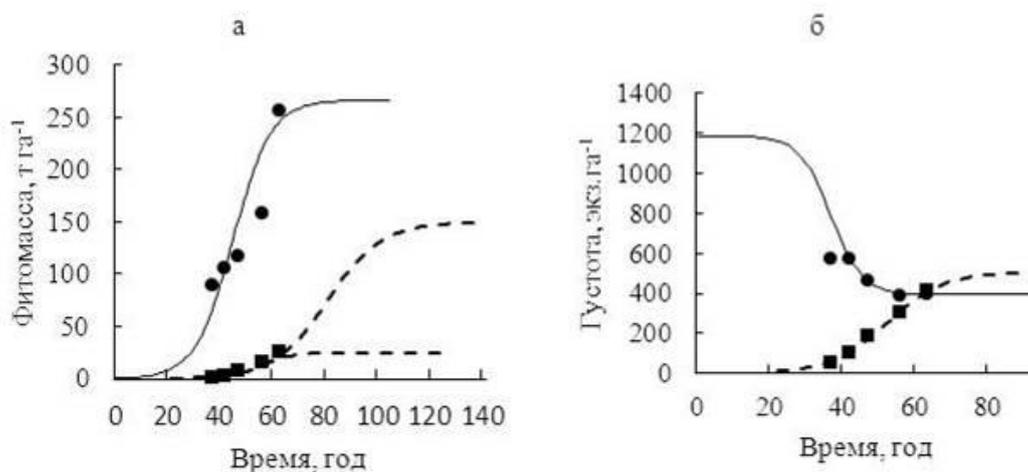


Рис. 1. Верификация моделей фитомассы (а) и густоты (б) осины и ели в древостое лиственно-хвойного насаждения: ● – осина, экспериментальные данные; сплошная линия – осина, теоретическая кривая; ■ – ель, экспериментальные данные; прерывистая линия – ель, теоретическая кривая

Аппроксимация натуральных данных логистической функцией для осины в составе древостоя показала, что на данном этапе развития осина достигла высокой продуктивности. Согласно полученной модели в возрасте примерно 60 лет накопление фитомассы осины приближается к максимуму (250 т га^{-1}) (рис. 1а).

Моделирование развития ели в составе древостоя показывает, что для данной стадии лесообразовательного процесса характерно прогрессирующее увеличение наблюдаемых показателей: фитомассы и густоты ели. Согласно оценке, сделанной по модели, через 60 лет максимальная прогнозируемая фитомасса ели в отсутствие внешних воздействий достигнет 150 т га^{-1} (рис. 1а), при этом максимум густоты (500 экз. га^{-1}) (рис. 1б) будет достигнут приблизительно через 20 лет.

Интенсивный отпад березы и общая динамика показателей ее развития (густота, запас древесины, фитомасса), свидетельствуют о переходе березы в

стадию распада. Данный прогноз не требует привлечения математической модели и может быть получен на основе обычной экспертной оценки. Сосна за время развития сукцессии не смогла занять доминирующего положения и выйти в эдификаторы. Учитывая отрицательную динамику основных показателей и незначительность доли сосны в составе насаждения, ее можно исключить из рассмотрения.

Таким образом, развитие пород в составе древостоя наблюдаемого насаждения совпадает с существующими представлениями о смене пород в ходе сукцессий [3]. Полученные модели свидетельствуют в пользу типичного восстановления условно-коренного древостоя через смену пород. Согласно модели осина в составе древостоя уже в 60 лет достигла стадии зрелости, и готовится перейти в стадию распада, береза находится в стадии отпада-распада, ель по прогнозу в возрасте 100-120 лет выйдет в стадию спелости с запасом органического вещества 150 т га^{-1} .

Однако традиционное представление о смене лиственного насаждения лиственно-хвойным и затем хвойным предполагает уменьшение количества деревьев лиственных пород в ходе сукцессии, что наблюдается только для березы, тогда как для осины модель показывает стабилизацию данного показателя: количество деревьев осины на единицу площади в древостое стремится к постоянному значению (400 экз. га^{-1}) (рис. 1б). В тоже время сопоставление динамики развития наблюдаемого насаждения с восстановительно-возрастной динамикой хвойных лесов пирогенного происхождения [3] показывает, что для средней тайги ель не может достичь стадии спелости, а значит и максимальной массы, к возрасту 100 лет (класс возраста V и выше). По оценкам, период, за который ель может достичь спелости, составляет около 200 лет.

С другой стороны, когда данные, характеризующие рост породы в составе древостоя, имеются только для ранних стадий ее развития, т.е. периода экспоненциального роста, модельная кривая может иметь несколько вариантов, каждый из которых будет удовлетворять выбранному критерию. Так при изменении максимальной фитомассы в модели для ели в 6 раз коэффициент детерминации не изменяется и остается равным 0.99, т.е. при значении фитомассы, равном 150 т га^{-1} и 25 т га^{-1} , модель формально адекватна (рис. 1а).

Неоднозначность оценки динамики фитомассы ели и несовпадение динамики густоты осины с типичной для пирогенных сукцессий заставляют искать другие подходы.

Эффективным показателем, позволяющим оценивать интенсивность биологических процессов, протекающих в лесных экосистемах, является чистая продукция экосистемы [4]. С математической точки зрения эффективность модели, построенной на основе данного параметра, обусловлена уменьшением среднего квадратического отклонения фактических наблюдений от расчетных, и, как следствие, уменьшением доверительного интервала прогноза.

Оценку чистой первичной продукции (ЧПП) пород в составе древостоя проводили по методике, изложенной в работе [5]. Результаты сглаживания временных рядов, характеризующих динамику ЧПП осины и ели в древостое, показаны на графике (рис. 2).

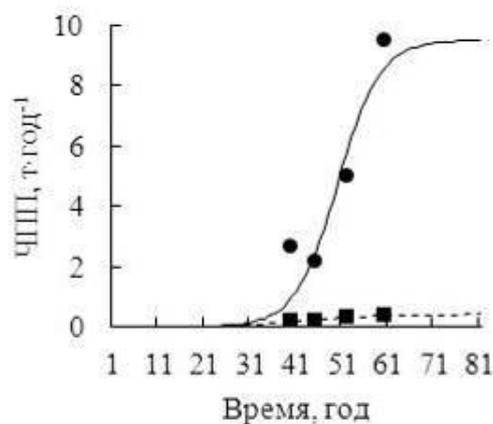


Рис. 2. Верификация моделей ЧПП осины и ели в древостое лиственно-хвойного насаждения: ● — осина, экспериментальные данные; сплошная линия — осина, теоретическая кривая; ■ — ель, экспериментальные данные; прерывистая линия — ель, теоретическая кривая

Согласно модели, осина в составе древостоя готовится перейти в стабильное состояние, для которого характерен нулевой прирост живой биомассы. Вся валовая продукция осины в этом состоянии полностью расходуется на образование детрита и дыхание. Такое состояние устойчиво, т.е. малые отклонения от него компенсируются [6]. Равновесный баланс органического вещества осины свидетельствует о достижении осиной стадии зрелости и переходе ее в состояние климакса. Первоначальный вывод о переходе осины в стадию отпада-распада моделью не подтверждается.

Прирост фитомассы ели в составе древостоя, согласно новой модели, практически отсутствует. Отсутствие накопления органического вещества елью свидетельствует об окончании периода ее активного роста и стабилизации прироста, после которого, вероятно, будет происходить снижение фитомассы [7]. Сопоставление полученного результата с моделью роста фитомассы ели свидетельствует в пользу того, что 25 т га^{-1} — это предел, которого ель смогла достичь к возрасту 30 лет в данных условиях.

Таким образом, моделирование процесса восстановительной динамики насаждения показывает, что в ходе сукцессии реализовался худший с лесохозяйственной точки зрения сценарий: на месте вырубki елового древостоя фактически сформировался устойчиво-производный спелый лиственный древостой. Угнетающее влияние лиственных пород на подрост и самосев ели могло бы быть устранено лесоводственными уходами, однако в данном случае оптимальные сроки проведения таких работ упущены [7]. Оптимистичным исходом развития лиственно-хвойного насаждения является сценарий, при котором восстановление условно-коренного ельника будет происходить

через формирование длительно-производного древостоя, что приведет к существенному удлинению периода формирования темнохвойного насаждения и снижению его производительности. При худшем варианте развития восстановление ели окажется под вопросом.

Следует отметить, что задача сглаживания опытных данных математической функцией неоднозначна. В пределах заданной точности для одних и тех же данных существует бесконечное множество решений [8]. В условиях недостатка информации вероятность выбора неадекватной модели возрастает.

Литература

1. Чумаченко С. И., Смирнова О. В. Моделирование сукцессионной динамики насаждений // Лесоведение. 2009. № 6. С. 3–17.
2. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. 200 с.
3. Седых В. Н. Лесообразовательный процесс. Новосибирск: Наука, 2009. 164 с.
4. Базилевич Н. И., Гребенщиков О. С., Тишков А. А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986.
5. Суховольский В. Г., Иванова Ю. Д. Оценка чистой первичной продукции лесных насаждений с использованием модели распределения фитомассы по фракциям // Лесоведение. 2013. № 5. С. 20–28.
6. Алексеев А. С. Балансовая модель продукционного процесса в лесной экосистеме и учет поглощения парниковых газов в соответствии с Киотским протоколом // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. № 198. С. 24–32.
7. Иванова Н. С., Андреев Г. В., Иванов А. Г. Сопряженность динамики ярусов растительности в ходе демулационных смен в короткопроизводных березняках западных низкогорий Южного Урала // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург: М-во общ. и проф. образования РФ, Урал. гос. лесотехн. академия, Швейцар. федер. НИИ леса, снега и ландшафта. 1998. Вып. 20. С. 181–190.
8. Ефремов И. В. Моделирование почвенно-растительных систем. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 152 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ ЛЕСА В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Р. О. Ложкина, Г. А. Шайхутдинова

*Институт экологии и природопользования
Казанского (Приволжского) федерального университета,
renata010119952@gmail.com, gshaykhu@gmail.com*

Лесные экосистемы выполняют важную роль по сохранению экологического равновесия на региональном и глобальном уровнях. Сохранение естественного равновесия в региональной структуре разнообразия лесных территорий – важная задача мониторинга природной среды и неперемное условие «устойчивого» социально-экономического развития.

Живым системам свойственна способность к саморегуляции, поэтому при решении задач лесного мониторинга особое внимание должно быть направлено на оценку тенденций динамики состояния лесов в их тесной вза-

имосвязи с изменением лесорастительных условий. Важнейшим условием сохранения и повышения природоохранных свойств лесов является правильная организация системы лесопользования.

Республика Татарстан (РТ) относится к малолесным регионам Российской Федерации и почти половина территории республики – регион интенсивной нефтедобычи. Общая площадь лесного фонда составляет 17,5% [1]. Леса республики имеют многоцелевое значение и выполняют важнейшие средообразующие и средозащитные функции, режим их использования требует внимательного и осторожного ведения хозяйства. Лесной фонд представлен двумя категориями лесов: защитными и эксплуатационными. В районах нефтедобычи они испытывают сильнейшие антропогенные нагрузки. Основной ущерб лесному хозяйству от воздействия нефтедобычи заключается в уменьшении лесопродуцирующих площадей, сокращении общего запаса насаждений, нерациональном использовании срубленной древесины, в захламлении и загрязнении прилегающих к объектам территорий и повышении пожарной опасности [2].

Настоящее исследование было проведено с целью выявления основных направлений динамики лесов, выполняющих социально-экологическую и эксплуатационную функции в районе интенсивной нефтедобычи, на примере лесного массива Миннибаевского участка Альметьевского лесничества РТ. Поставлены и решены следующие задачи: сбор данных государственного учета лесного фонда за период с 1939 г. по настоящее время, анализ динамики состояния лесных насаждений, таксационных и рекреационных характеристик древостоев. В основу положены данные, полученные в фондах управления Альметьевского лесничества (город Альметьевск), и материалы фонда № 2016 Национального архива РТ (город Казань).

Выбранный модельный участок состоит из 18-ти кварталов (№ 57, 60–76) Миннибаевского участкового лесничества. В период с 30-х по 60-е гг. прошлого столетия все насаждения исследуемого участка относились к эксплуатационным лесам. С 50-х годов появляется еще один фактор – воздействие нефтяной промышленности. В Татарстане начинают создаваться крупные нефтедобывающие предприятия. Так, в Альметьевске был организован нефтедобывающий трест «Альметьевнефть» и с начала 60-х гг. некоторые площади рассматриваемого участка леса передаются в пользование нефтяникам. Также в 1962 г. происходит перевод части леса в лесопарковую часть зеленой зоны Альметьевска – растущего города нефтяников [3]. Таким образом, динамика леса в регионе формируется под действием целого спектра факторов: рубки, естественное развитие, техногенное и лесохозяйственное воздействие, рекреация и прочее.

Накопление данных государственного учета состояния лесного фонда за несколько периодов лесоустройства выполнено в единой среде ГИС MapInfo Pro. На основе собранных данных создавали оценочные карты, наглядно отражающие состояние и динамику насаждений за рассматриваемый период.

Единицей учета состояния лесонасаждений является лесотаксационный выдел. Количество выделов, на которые дробятся лесные и нелесные территории, также как и их площадь являются важными показателями – показывают степень лесной фрагментации [4] и демонстрируют преобладающие типы использования лесного участка.

Лесная фрагментация в рассматриваемый период растет экспоненциально, что свидетельствует об интенсивной эксплуатации лесных насаждений (рис. 1). Если с 30-х по 50-е гг. основная часть безлесных участков использовалась в сельском хозяйстве в качестве пахотных угодий, то в последующие годы большинство нелесных земель – это отводы под нефтепроводы и ЛЭП (рис. 2). Увеличение доли протяженных нелесных участков ведет к усилению краевых эффектов на границах выделов, угрожая трансформацией лесных сообществ за счет проникновения рудеральных видов, изменения микроклиматических условий и т.п.

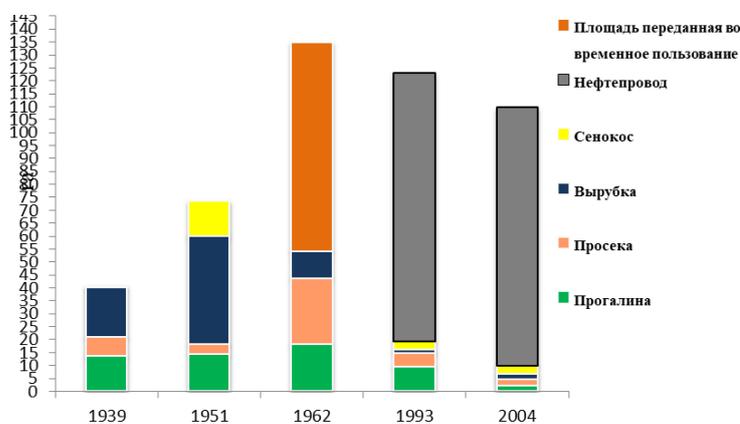
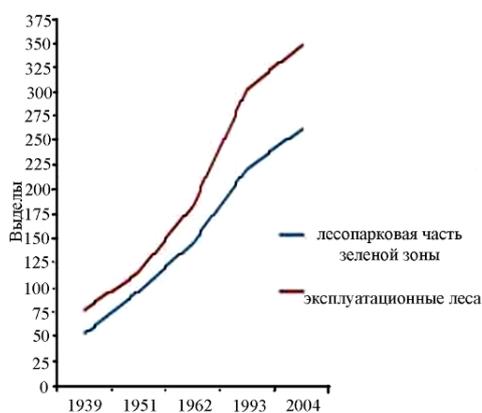


Рис. 1. Количество выделов по годам лесоустройства

Рис. 2. Динамика нелесных площадей по типам использования в эксплуатационных лесах

Преобладающими лесообразующими видами исследуемого фрагмента леса являются зональные – дуб черешчатый и липа мелколистная, а также вторичные – береза повислая и осина. Перевод части насаждений в 60-е годы в категорию лесопарковых лесов и снижение общей эксплуатационной нагрузки на лес позволили местами сохраниться дубравам старшего возраста; но в целом, наблюдается тенденция к сокращению участия дуба в составе насаждений, на фоне усиления позиции липы (рис. 3, 4).

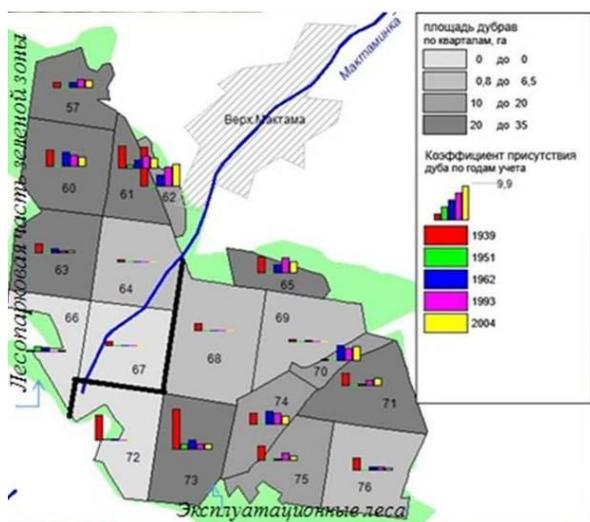


Рис. 3. Площадь дубрав по кварталам (на начало XXI в.) и динамика участия дуба в составе древостоев

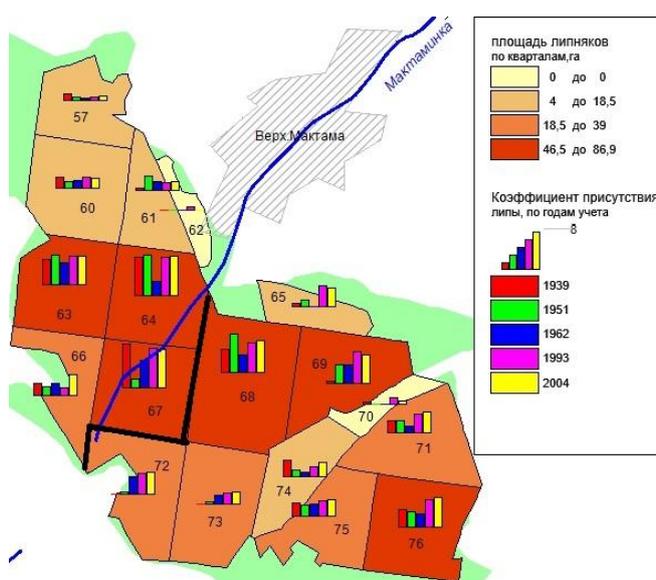


Рис. 4. Площадь липняков по кварталам (на начало XXI в.) и динамика участия липы в составе древостоев

Интенсивность хозяйственной нагрузки на леса в середине XX века ярко проявляется в отрицательных значениях среднегодового прироста древесины из-за злоупотребления рубками (рис. 5) и заметным снижением величины запаса древесины к 60-м годам более чем на 34% (рис. 6).

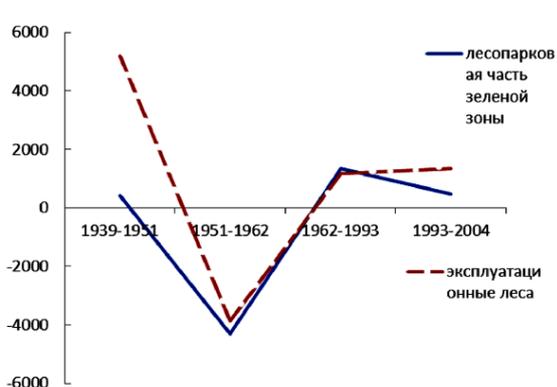


Рис. 5. Динамика среднегодового прироста древесины по категориям леса

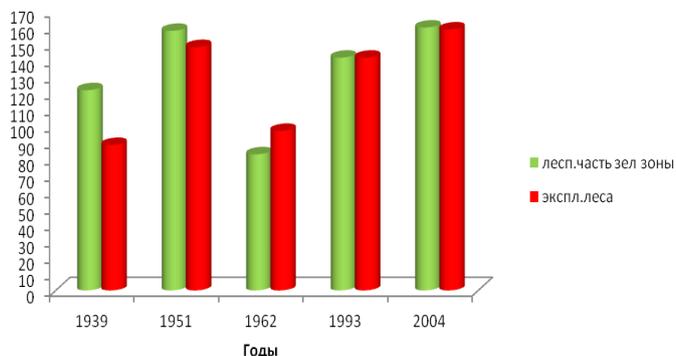


Рис. 6. Динамика среднего запаса древесины по категориям леса

Состав и состояние насаждений во многом зависит от природных лесорастительных условий. Ведущим фактором их формирования в условиях возвышенных ландшафтов лесостепи становится рельеф. Изменение крутизны и экспозиции склонов приводит к резкому различию местообитаний по поступлению тепла и влаги; от уклонов также зависит и интенсивность эксплуатации лесных участков. Выровненные участки с нулевыми уклонами часто заняты вторичными березняками, осинниками и кленовниками, спонтанно возникающими на месте сплошных вырубок, кроме того, именно в этих условиях ранее проводилось лесовосстановление через посадку сосновых и еловых культур. Липа и дуб сохраняются преимущественно на крутых участках склонов (рис. 7, 8).

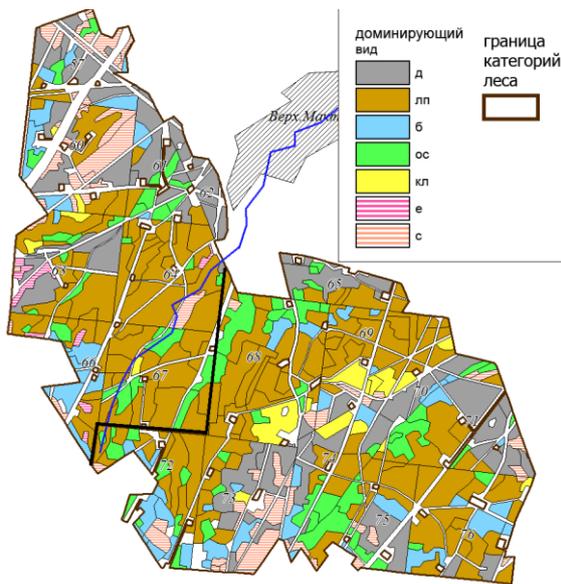


Рис.7. Доминирующие виды по выделам

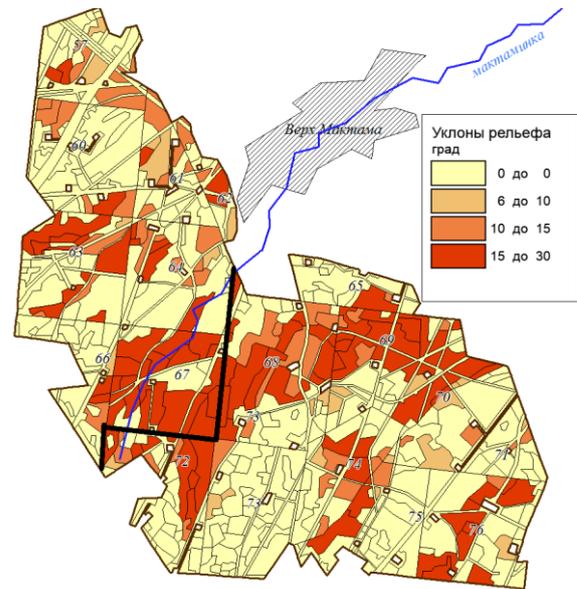


Рис.8. Уклоны рельефа по выделам

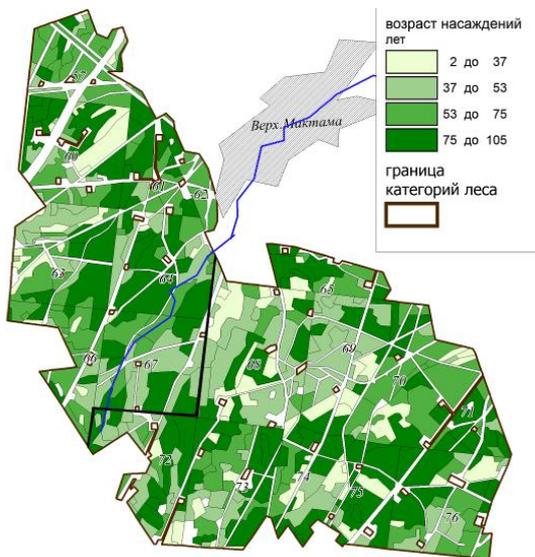


Рис. 9. Возраст насаждений по выделам

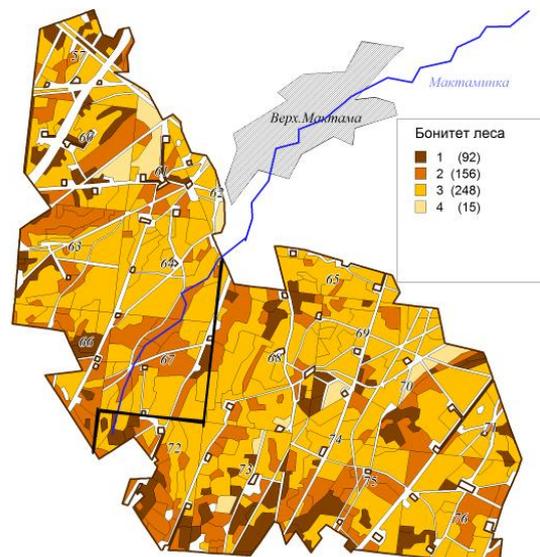


Рис.10. Бонитет леса по выделам

В настоящее время насаждения очень мозаичны по возрасту, велика доля молодых и средневозрастных древостоев (рис. 9). Почти все древостои низкобонитетные, высокими бонитетами отличаются преимущественно культуры – сосновые и еловые (рис. 10). Самые возрастные насаждения дуба, березы и осины характерны для лесопарковых лесов, исключение составляют липняки – их возраст в эксплуатационных лесах в среднем немного выше.

Оценка временной и пространственной динамики насаждений, выявление степени лесной фрагментации позволили определить общие тенденции развития лесных сообществ. Кроме того, на основе выявления рекреационного потенциала насаждений, отнесенных к лесопарковой зоне, намечен план мероприятий по оптимизации их состояния. По методике М. Т. Серикова [5], основанной на экосистемном методе лесоустройства, проведено функциональное зонирование территории с выделением категорий рекреационного ландшафта, составлена соответствующая карта и для каждого участка леса (выдела) предложены целевые мероприятия для оптимизации рекреационных и природоохранных свойств насаждений.

Литература

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2016 году. Казань, 2017. С. 6.
2. Сафронова Е. А., Безрукова Т. Л. Роль лесов и проблемы их сохранения на планете. Воронеж: ФГБОУ «Воронежская государственная лесотехническая академия», 2012. 150 с.
3. Князев С. Л., Гатиятуллин Н. С. Абражеев Г. П. Нефть и газ РТ. Сборник документов, цифр и материалов. В 3т. Т.3. М.: Недра, 1993. 359 с.
4. Harris, L. D., Silva-Lopez, G. Forest fragmentation and the conservation of biological diversity / Conservation biology. The theory and practice of nature conservation preservation and management. 1995. P. 197–237.
5. Сериков М. Т. Оценка рекреационных ресурсов и рекреационного потенциала лесов при экосистемном методе лесоустройства. Воронеж: ФГБОУ «Воронежская государственная лесотехническая академия», 2013. 9 с.

ЛЕС НА ЗАБРОШЕННОМ ПОЛЕ

А. А. Березин, Н. П. Савиных, Е. В. Лелекова
Вятский государственный университет,
bierozin77@mail.ru, savva09@mail.ru, LelekovaEV1980@mail.ru

Лес – основной природный ресурс Кировской области. Расчетная лесосека региона составляет 17042,3 тыс. м³, в том числе, по хвойным насаждениям – 7939,8 тыс. м³. Однако большая часть этих запасов находится, как и в других регионах России, в труднодоступных местах [1]. Первостепенной задачей в обеспечении древесиной является поиск дополнительных источников этого возобновляемого природного ресурса. Одним из таких возможных источников могут служить покрытые лесом площади на месте неиспользуемых в настоящее время сельскохозяйственных угодий [2].

Поэтому цель нашего исследования – изучение двадцатилетнего сосняка на месте заброшенной пашни для оценки его состояния и целесообразности использования с целью получения в будущем качественной древесины.

Модельный участок расположен в Верхошижемском районе Кировской области. Это зарастающее лесом поле бывшего совхоза «Мякишинский», шириной 80 м среди арендных участков леса ООО «Форест» в квартале 7 (выделов 1 и 3) вблизи д. Казань. Координаты места пробной площадки – N 57°58.330', E 49°00.216'.

Размер модельного участка 80x50 м; он располагается по всей ширине заброшенного поля. В его пределах заложена пробная площадь 20x20 м, на которой описан состав травостоя, определены густота и полнота древостоя, охарактеризован подлесок и подрост, определен запас древесины с пересчетом на 1 га согласно классическим методикам [3, 4, 5].

Исследуемое сообщество представляет собой двадцатилетний лес с густотой древостоя 5375 штук на 1 га. Кроны деревьев перекрываются, поэтому полнота оценена в 1,5. Все деревья вегетативные, с задержкой в развитии. Это лес 1 класса возраста. Подлеска нет.

Подрост представлен елью и единично пихтой (табл. 1). Всего выделено 131 растение ели. В пересчете на 1 га это составляет 3475 штук. При пересчете на крупный подрост – 96 елей на пробной площади; на 1 га – 2400 штук. Средняя высота подроста – 1,0 м; возраст – 5 лет.

Таблица 1

Распределение растений по ярусам

Ярус, см	Число растений, штук
до 50 см	50
51–150 см	48
от 151 см	33

Такой количественный и качественный состав подроста свидетельствует о возможной трансформации данного сообщества в еловый лес. Это не желательно, поскольку лес располагается на супесчаных, подстилаемых глиной, почвах. Ель в этих условиях формирует слабые малопродуктивные древостои с высокой степенью возможности валежа.

В травяном покрове пробной площади выделено 13 видов растений. В основном это луговые и лесные виды (табл. 2).

Таким образом, состав травянистых растений демонстрирует явное преимущество трав лесного фитоценоза над типичными луговыми. Это свидетельствует о значительной трансформации исходного агроценоза не только в луговое, но и в лесное сообщество с типичным составом даже травяного яруса леса. Отнесённые к луговым травам растения являются теневыносливыми и типичны не только для лугов, но и для лесов.

Древостой на пробной площади включает 9 крупных деревьев березы и 215 растений сосны разного жизненного состояния: отмерших 62 особи (29%), снеголома – 34 (16%), отмирающих (свежий сухостой) – 39 (18%). Та-

ким образом, в ходе естественного отбора из состава древостоя «выходят» 135 особей (63%), выросших естественным путем. Они выполняли важную роль – подгона – для формирования лесного насаждения. Но сейчас они представляют большую угрозу: тормозят развитие живых сосен, способствуют образованию валежа и опасны при возникновении пожаров.

Таблица 2

Видовой состав растений на пробной площади

Экологическая группа	Видовой состав растений
Луговые травы	Черноголовка обыкновенная (<i>Prunella vulgaris</i> L.) Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.) Подмаренник мягкий (<i>Galium mollugo</i> L.) Вероника дубравная (<i>Veronica chamaedrys</i> L.) Валериана лекарственная (<i>Valeriana officinalis</i> L.)
Лесные травы	Грушанка круглолистная (<i>Pyrola rotundifolia</i> L.) Кипрей узколистный (<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.) Земляника лесная (<i>Fragaria vesca</i> L.) Щитовник игольчатый (<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) Н.Р.Fuchs) Хвощ лесной (<i>Equisetum sylvaticum</i> L.) Фиалка собачья (<i>Viola canina</i> L.) Ожика волосистая (<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.) Купырь лесной (<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm)

Живых сосен на площадке – 80 (37%), что в пересчете на 1 га составляет 2000 растений. Для молодняков данного класса возраста это достаточный показатель, обеспечивающий формирование при соответствующих лесохозяйственных мероприятиях в будущем высокопродуктивных древостоев. Таким образом, очевидно, что естественным путем возникают лесные сообщества, отвечающие требованиям к молоднякам, создаваемым посредством искусственного возобновления.

При этом живые растения имеют разную жизненность. В зависимости от высоты и диаметра стволов, мы выделили по жизненности 2 группы деревьев сосны и березы. Особи 1 группы имеют большую высоту и больший диаметр в отличие от растений 2 группы (табл. 3). Вызывает опасение высокая жизненность березы. Эти генеративные особи при свойственной данному виду высокой семенной продуктивности способны в большей степени заселить сосновое сообщество и даже привести к его смене. Такой вариант трансформации фитоценоза также не имеет высокого хозяйственного значения.

В спелом древостое сосны расстояние между деревьями, обеспечивающее их нормальное развитие, составляет 10–15 м. В рассматриваемом сообществе этот показатель значительно меньше (табл. 3). Очевидно, густота стояния деревьев в рассматриваемом сообществе высока, что затрудняет развитие многих из них. Без незамедлительного проведения лесохозяйственных мероприятий в виде необходимых для этого класса возраста рубок ухода, а именно: прочисток и осветления, этот лес не способен к дальнейшему про-

дуктивному развитию. Выполнение рубок ухода обеспечит дополнительный ресурс древесины для нужд региона.

Таблица 3

Параметры растений древостоя

Группа	Название растения	Число экземпляров, шт	Высота, м	Диаметр ствола, см	Расстояние между деревьями, м
I	сосна	17	10–11	15–20	3,1
	береза	9	14	12–24	
II	сосна	63	<10	<12	1,1

На основании расчётов запаса древесины по лесообразующим породам [5] определена формула древостоя: 8С2Б. Запас древесины на участке определяется сосной и березой. Запас березы составил 1,4 м³ (соответственно 35 м³ на 1 га). Запас сосны – 2,7 м³ (на 1 га – 68 м³). Всего запас живой древесины в пересчете на 1 га – 93 м³. Полученное значение соответствует высоким показателям качества искусственно созданных молодняков. Это свидетельствует о неплохом не только количественном, но и качественном состоянии данного сообщества.

Мы подсчитали запас древесины на площади с переводом на 1 га, учитывая отмирающие и уже отмершие деревья. Он составил 140 м³ на 1 га. Этот показатель также считается высоким для подобного типа сообществ.

Выводы: 1. Сформированное на месте заброшенной пашни в течение 20–25 лет сосновое сообщество является полноценным лесом 1 класса возраста со всеми присущими ему характеристиками.

2. Вмешательство человека в виде проведения лесохозяйственных мероприятий: рубки ухода (прочистки, в будущем – прореживание) с удалением всех отмерших и снеголомных деревьев, а также изъятие березы и подроста ели из состава древостоя – обеспечит формирование высокопродуктивного соснового насаждения. Тем более, что почвенные условия оптимальны для его существования. Такие сообщества способны стать дополнительными источниками высококачественной древесины для нужд региона.

3. Отказ от лесохозяйственных мероприятий будет способствовать ухудшению санитарного состояния этого участка и повышению пожарной опасности в нём и соседствующих с ним лесных насаждениях.

Благодарим магистранта 2 курса кафедры БиМОБ, старшего лаборанта центра компетенций «Использование биологических ресурсов» Шаклеину Марию Николаевну за помощь в проведении исследований.

Литература

1. Тюрин В. Е., Салин С. В. О лесных ресурсах и использовании лесов в Кировской области // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. (15–19 мая 2017 г.). Киров: ООО «Изд-во Радуга ПРЕСС», 2017. С. 26–31.
2. Журавлева О. С., Скулкина Д. С., Савиных Н. П. О зарастании полей березой // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. (15–19 мая 2017 г.). Киров: ООО «Изд-во Радуга ПРЕСС», 2017. С. 158–164.

3. Ипатов В. С., Кирикова Л. А. Фитоценология. СПб: Изд-во СПб ун-та, 1997. 315 с.
4. Ипатов В. С. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. СПб.: Изд-во СПб ун-та, 1998. 93 с.
5. Наставление по отводу и таксации лесосек в лесах Российской Федерации. Утверждено приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 15 июня 1993 г. № 155. 67 с.

КРИОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ ПОЧЕК ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

М. С. Атоян¹, Р. В. Малышев²

¹ *Сыктывкарский государственный университет им. Путьирима Сорокина,
marina140895@mail.ru,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, malrus@ib.komisc.ru*

В современном урбанистическом мире благодаря развитой транспортной логистике существенно упростилась возможность перемещения (расселения) растений, в том числе карантинных за пределы естественного ареала. Северные регионы отличаются скудностью местной флоры и поэтому нередко в рекреационных целях используются растения интродуценты. Случайное или намеренное переселение видов интродуцентов нередко оканчиваются неудачей, поскольку зачастую не учитываются ритм их развития и устойчивость к климатическим факторам. В северных районах главными факторами отбора являются непродолжительный период вегетации, низкие отрицательные температуры зимнего периода и частые весенние заморозки. Особенно чувствительными к низким температурам являются меристематические ткани почек листопадных деревьев и кустарников [1, 2, 3]. Несмотря на значительные успехи в изучении закономерностей выживания растений при низких отрицательных температурах и взаимосвязи криорезистентности с ареалом растений, вопросы взаимосвязи биохимических процессов в клетках и тканях с процессом формирования морозоустойчивости разработаны недостаточно.

Целью нашей работы было провести сравнительное изучение содержания воды, липидов и растворимых углеводов в почках древесных видов в осенне-весенний период.

Модельными объектами были выбраны представитель местной флоры *Betula pendula* Roth. и интродуцент *Acer campestre* L. Длительные наблюдения за ростом и развитием *A. campestre*, в условиях Ботанического сада Института биологии (вблизи Сыктывкара) показали меньшую морозоустойчивость по сравнению с *B. pendula*. Почki отбирали в ноябре, декабре, январе, марте и апреле. Оводненность определяли весовым методом. Содержание растворимых углеводов определяли методом ВЭЖХ; общие липиды – по Фолчу, метиловые эфиры жирных кислот – на газовом хроматографе «Кристалл 2000М».

За период наблюдений осень – весна было выявлено изменение содержания воды в почках (рис.). Наименьшее содержание воды в почках *B. pendula* отмечено в ноябре и составляло около 36%, к январю оводненность почек *B. pendula* увеличивалась примерно на 5% и сохранялась на таком уровне до начала весны. В почках *A. campestre* в осенне-зимний период содержание воды было около 50%, что на 10% больше, чем в почках *B. pendula*, в марте доля воды в увеличилась до 58%.

По имеющимся в литературе данным содержание воды в почках *Picea obovata* и *Pinus sylvestris* зимой не превышало 0,5 мг H₂O/мг сухой массы [4]. По мнению авторов, этого достаточно, чтобы растения могли выдерживать снижение температуры до -35... -40 °С.

Известно, что основными причинами гибели растений при низких отрицательных температурах является льдообразование, в результате чего происходит обезвоживание и механическое повреждение клеточных структур кристаллами льда [5, 6]. Можно предположить, что одной из причин меньшей морозостойкости *A. campestre* является повышенная оводненность тканей почек в период действия отрицательных температур.

Существенная роль в морозо- и холодоустойчивости почек отводится растворимым сахарам и липидам. Содержание растворимых сахаров в почках *B. pendula* в ноябре – январе в среднем составляло 20 мг/г сухой массы, а в почках *A. campestre* свыше 60 мг/г сухой массы. Следует отметить, что пул растворимых сахаров в почках *B. pendula* представлен в основном моносахарами, а в почках *A. campestre* 30–40% приходится на сахароспирты (табл. 1). При смене фенологической фазы развития дерева, связанной с утратой морозоустойчивости и наступлением начала вегетации (март), отмечается уменьшение количество сахаров у *B. pendula* до 7, у *A. campestre* – до 16 мг/г сухой массы.

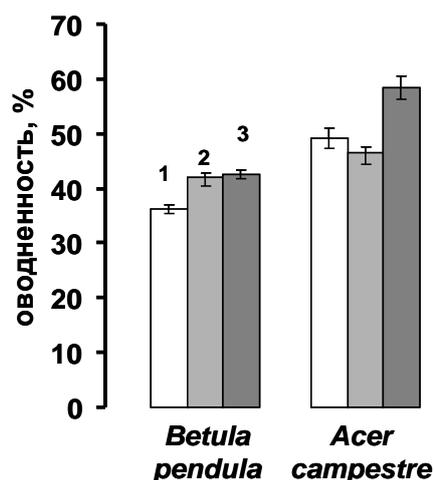


Рис. Оводненность почек:
1 – ноябрь, 2 – январь,
3 – март

Таблица 1

Сумма растворимых углеводов в почках (мг/г сухой массы)

Вид	Дата	моносахара	сахароспирты	дисахариды	Сумма
<i>Betula pendula</i>	26.11.15	14,8±2,0	0	6,4±0,3	21,2±2,0
	14.01.16	7,3±0,3	0	4,9±0,2	12,2±0,4
	10.03.16	7,8±1,5	0	0	7,8±1,5
	24.04.16	17,6±1,4	0	6,0±0,7	23,6±1,5
<i>Acer campestre</i>	26.11.15	17,0±1,7	17,4±1,8	20,9±2,8	55,3±5,5
	14.01.16	21,1±1,5	21,6±1,9	25,1±3,3	67,8±4,1
	10.03.16	8,3±1,0	7,4±1,4	0	15,7±1,7
	24.04.16	8,3±0,6	17,3±1,4	0	25,6±1,5

Анализ липидного комплекса показал, что в зимний период содержание общих липидов в почках *B. pendula* составляло в среднем 200 мг/г сухой массы, уменьшалось до 190 мг/г сухой массы с возобновлением ростовых процессов (табл. 2). Следует отметить, что в весенний период содержание липидов в почках *A. campestre* было в 2–3 раза ниже, чем в этот же период в почках *B. pendula*.

Таблица 2

Суммарное содержание липидов в почках (мг/г сухой массы)

Дата	<i>Betula pendula</i>	<i>Acer campestre</i>
15.12.15	221,0±40,0	не определяли
16.01.16	169,1±24,0	не определяли
10.03.16	189,2±24,0	56,9±8,0
24.04.16	146,8±13,2	82,4±1,3

Анализ жирнокислотного состава липидов выявил, что в почках *B. pendula* на ненасыщенные жирные кислоты (линолевую и линоленовую) в осенне-зимний период приходилось 70 и 87% суммы всех ЖК. С возобновлением ростовых процессов (апрель), их доля снижалась до 50–60%. Для почек *A. campestre* в весенний период характерно высокое содержание насыщенных жирных кислот с высокой долей пальмитиновой кислоты (до 30%), у *B. pendula* доля пальмитиновой кислоты существенно ниже и не превышала 12%.

Анализ данных липидного и углеводного комплекса почек *B. pendula* и *A. campestre* указывает на различные эволюционно сформировавшиеся стратегии адаптации к неблагоприятному осенне–зимнему периоду. Однако, нельзя однозначно заключить, что именно накопление липидов, а не растворимых углеводов дает преимущество *B. pendula* при перезимовке и последующем весеннем отрастании.

Таким образом, адаптации к низким температурам, в первую очередь, связаны с количеством воды в тканях, при котором обеспечивается минимизация опасных для клетки последствий. Почки аборигенного вида *B. pendula* в процессе формирования криорезистентности обезвоживались в большей степени, чем почки интродуцента *A. campestre*. В период покоя почки *B. pendula* содержали больше липидов и ненасыщенных жирных кислот. Ненасыщенные жирные кислоты повышают текучесть липидного бислоя мембран и предотвращают фазовое разделение липидов. Формирование морозостойкости *A. campestre* связано с накоплением низкомолекулярных углеводов, что приводит к повышению осмотического потенциала клеток, препятствует обезвоживанию тканей и внутриклеточному льдообразованию. Полученные данные показывают, что исследованные виды имеют различные биохимические адаптации к отрицательным температурам осенне-зимнего периода.

Литература

1. Самыгин Г. А. Причины вымерзания растений. М.: Наука, 1974. 190с.
2. Sakai A. Freezing tolerans of shoot end flower primordia of coniferous buds by extraorgan freezing // Plant Cell hysiology. 1982. V. 23. P. 1219–1227.

3. Larcher W. Physiological Plant Ecology Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups // Springer. 2003. 514 p.

4. Алаудинова Е. В. Сезонные изменения содержания воды в меристематических тканях почек *Picea obovata* L. и *Pinus sylvestris* L. и её распределение в клетках // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. 24. № 4-5. С. 487–491.

5. Самыгин Г. А. О причинах гибели растительных клеток от мороза // Физиология приспособления и устойчивость растений при интродукции. Новосибирск: Наука, 1969. С. 71–85.

6. Туманов И. И. Морозоустойчивость плодовых растений // Изв. АН СССР. 1963. № 3. С. 459–464.

РОСТ ПОБЕГОВ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Н. В. Герлинг

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Gerling1@rambler.ru

Пихта сибирская (*Abies sibirica*) – одна из главных лесообразующих пород европейского Северо-Востока России. В отличие от ели сибирской на территорию Европейской части России проникла в более поздний период, что в первую очередь объясняется большей требовательностью пихты к почвенно-грунтовым условиям. Она очень плохо переносит увеличение насыщенности почв основаниями, повышение кислотности почв и ухудшение их аэрации [1].

Цель работы заключалась в изучении роста побегов и хвои пихты сибирской в подзоне средней тайги Республики Коми.

Исследования проводили с мая по август 2016 и 2017 гг. в ельнике чернично-сфагновом (62°16'03'' с. ш., 50°41'07'' в. д.) на территории Ляльского лесоэкологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН, расположенного в подзоне средней тайги. Прирост побегов пихты сибирской определяли по методике А. А. Молчанова, В. В. Смирнова [2]. За начало внепочечного роста хвои принималось раскрытие почечных чешуй и наличие колпачка на растущей хвое. Статистическая ошибка определения длины хвои, при общем количестве измеренной хвои 90 экземпляров, оказалась много меньше, чем инструментальная ошибка измерения длины хвои, равное 0,5 мм, по этому за предел абсолютной погрешности измерения длины хвои была принята величина 0,5 мм. При измерении длины побега статистическая ошибка оказалась сравнимой с инструментальной погрешностью измерения длины побега, поэтому статистическая и инструментальные погрешности суммировались [3]. Предел абсолютной погрешности измерения длины побега оказался равным 0,7 мм. Пределы абсолютной погрешности измерения линейной скорости роста хвои и побегов рассчитывались по правилу квадратичного суммирования погрешностей [3] и были приняты равными 0,24 мм/сутки в оба года измерения. Регрессионный анализ показал хорошую сходимость моделей линейного роста побегов и хвои пихты сибирской с про-

веденными измерениями, коэффициенты детерминации указаны на рисунках 1 и 2.

В 2016 г. продолжительность периода роста хвои составила 13 суток, а в 2017 г. – 21 сутки (рис. 1). В связи с поздним наступлением весны и устойчивой теплой погоды в 2017 г. начало внепочечного роста хвои сдвинулось относительно 2016 г. на 21 день. При выходе из-под кроющих чешуй длина хвои в 2016 г. составляла 10 мм, а в 2017 г. – 7 мм (рис. 1). Если считать критерием остановки роста хвои прекращение изменения длины хвои, то в 2016 г. рост хвои прекратился на 49 сутки, а в 2017 на 30 сутки. Однако, в силу различий в локальных условиях произрастания и генетике отдельных деревьев, входящих в выборку, по нашему мнению лучшим критерием окончания роста хвои является такой показатель, как остановка скорости линейного роста. За окончание роста хвои принималось снижение линейной скорости роста до 0,1 мм/сутки. Значение линейной скорости роста равное 0,1 мм/сутки меньше чем погрешность определения скорости линейного роста хвои (0,24 мм/сутки), поэтому можно считать, что рост хвои в 2016 г. остановился на 13 сутки. В 2017 г. скорость линейного роста хвои равная 0,1 мм/сутки была отмечена на 21 сутки. Учитывая погрешность, это значение скорости рассматривалось как прекращение роста (рис. 3). Начальные средние скорости линейного роста хвои в исследуемые годы совпадали и составляли в среднем 0,7 мм/сутки. Средняя линейная скорость роста хвои в первую неделю измерений 2016 г. равнялась 0,7 мм/сутки, а во вторую неделю 0,6 мм/сутки, при погрешности измерения скорости роста 0,24 мм/сутки различия между скоростями роста статистически не значимы. В 2017 г. высокая скорость линейного роста хвои сохранялась в течение 21 суток, после чего наступило резкое снижение до минимума (0,1 мм/сутки). Отмеченные отличия в продолжительности линейного роста хвои в разные годы, по-видимому, связаны с продолжительностью внутриспочечного развития хвои. Благоприятные условия весны 2016 г. обусловили большую длину хвои к моменту выхода ее из почки (рис. 1).

Различия в погодных условиях двух лет обусловили различия в росте побегов. Если критерием остановки линейного роста побега считать длину побега, то продолжительность линейного роста побега в 2016 г. составила 49 суток, а в 2017 г. – 30 суток (рис. 2). Оценка скорости линейного роста побега показала, что в 2016 г. рост побега прекратился на 21 сутки, а в 2017 г. – через 30 суток, при этом средняя длина побега в 2016 г. статистически значимо превышала среднюю длину побега в 2017 г. (рис. 4).

Таким образом, можно отметить, что в 2016 г. внепочечный рост вегетативных органов пихты сибирской начался раньше относительно 2017 г. При выходе из почки длина хвои и длина побега пихты в 2016 г. превышала эти показатели 2017 г. По окончанию роста хвоя в длину не имела различий между годами, длина побега в 2016 г. превышала размер в 2017 г. В 2017 г. линейный рост хвои отличался высокой и продолжительной скоростью, что и привело к сходной длине хвои с 2016 г. Скорость линейного роста побегов в

2017 г. носила ступенчатый характер в отличие от 2016 г. и за счет более позднего начала роста в 2017 г. побег уступал в длину побегу 2016 г.

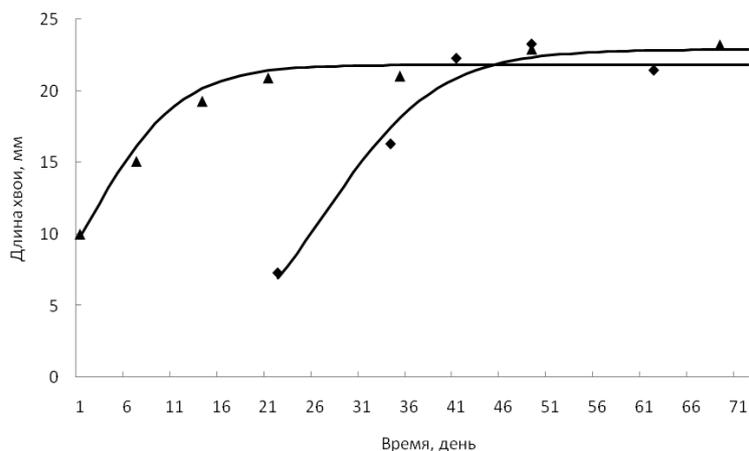


Рис. 1. Динамика линейного роста хвои пихты сибирской в разные годы наблюдений: треугольники – 2016 г. ($R^2=0,98$), ромбы – 2017 г. ($R^2=0,91$)

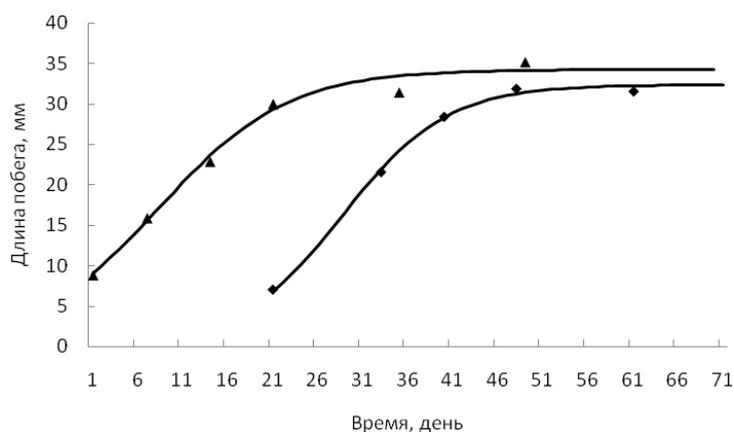


Рис. 2. Динамика линейного роста побегов пихты сибирской в разные годы наблюдений: треугольники – 2016 г. ($R^2=0,98$), ромбы – 2017 г. ($R^2=0,98$)

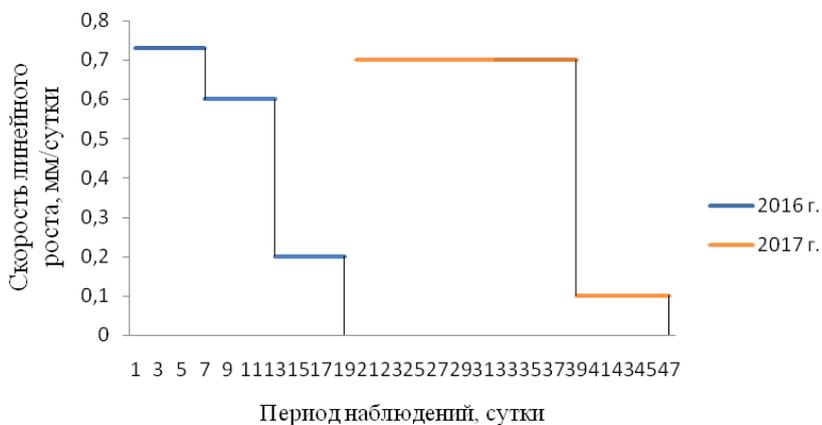


Рис. 3. Динамика скорости линейного роста хвои пихты сибирской в разные годы наблюдения

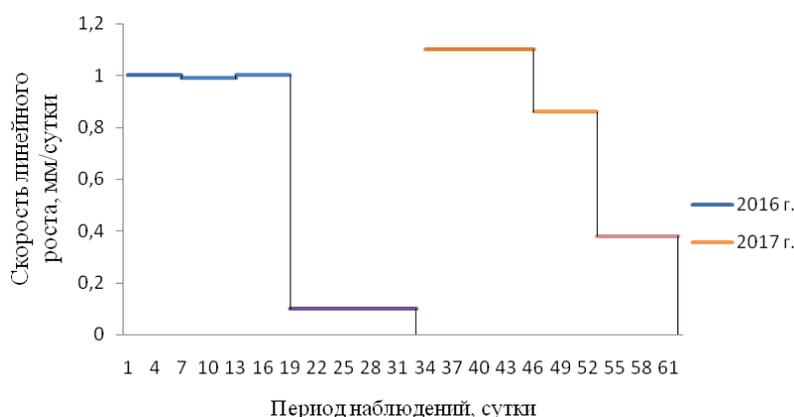


Рис. 4. Динамика скорости линейного роста побегов пихты сибирской в разные годы наблюдения

Литература

1. Юдин Ю. П. Темнохвойные леса – Производительные силы Коми АССР. Т. 3. Ч. 1. Растительный мир. М.; Л. 1954. С. 42–126.
2. Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 99 с.
3. Фадеев М. А. Элементарная обработка результатов эксперимента: Учебное пособие. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2002. 108 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В КАЧЕСТВЕ СИДЕРАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А. А. Потанов

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

В изменяющихся нестабильных условиях современной мировой экономики стратегически важным условием для дальнейшего развития сельскохозяйственного производства является максимальное снижение импортозависимости от белковых протеинов, что сыграет великую роль в обеспечении продовольственной независимости, стабилизации цен на сельскохозяйственную продукцию и повышения уровня рентабельности отраслей растениеводства и животноводства [1].

Зеленая масса люпина, запаханная на удобрение, стимулирует увеличение численности полезных почвенных микроорганизмов, улучшает их популяционный состав и повышает биологическую активность почвы. Зеленое удобрение является средством борьбы с почвоутомлением в севооборотах с высоким удельным весом зерновых культур [2]. Потребность в сидеральном люпине для создания эффективного сидерального пара испытывают овощеводческие хозяйства в различных почвенно-климатических зонах, а также элитно-семеноводческие хозяйства [3].

Алкалоиды, содержащиеся в запахиваемой биомассе сидерального люпина, оказывают обеззараживающее воздействие на почву. Вследствие этого

уменьшается поражение последующих культур: зерновых – корневыми гнилями, а картофеля – паршой обыкновенной и порошистой, ризоктонией и картофельной нематодой [4].

Продвижение на север границы ареала возделывания однолетних сортов люпина как эффективных азотфиксирующих растений, отзывчивых на инокуляцию клубеньковыми бактериями при отсутствии микробной составляющей, обогащающим почву биологическим азотом, становится актуальным для Республики Коми. Цель настоящей работы – агробиологическая оценка урожайности, симбиотической активности люпина узколистного, разработка технологического приема выращивания на зеленую массу, семена и сидеральные цели.

В условиях коллекционного питомника Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН в 2014–2017 гг. изучали сорта люпина узколистного селекции ВНИИ люпина – Сидерат-38 и Брянский сидерат. Почва опытного участка дерново-глеявая, среднесуглинистая, Рн сол. – 6,3, содержание гумуса 2,8 %, подвижного P_2O_5 – 28, K_2O – 22 мг/ 100 г почвы. Ниже пахотного горизонта почвы находится слой тяжелой красной глины. Спонтанные почвенные клубеньковые бактерии, необходимые для нормального развития люпина отсутствуют. Семена люпина перед посевом обрабатывали производственным штаммом бактерий 367-а, полученный из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург).

Критерием перспективности растений для использования на сидераты является способность накапливать большую биомассу на почвах различного плодородия, высокая семенная продуктивность и надежность семеноводства в местных условиях [5]. Сорт люпина узколистного Сидерат-38 в 2014–2016 гг. накапливал зеленую массу в фазу бутонизации до 45 т/га и вполне может быть использован в качестве сидеральной культуры. При инокуляции семян ризоторфином его средняя урожайность зеленой массы в фазу сизых бобов составила 53,0 т/га, а семян – 2,9 т/га. Сравнительный анализ прошлых лет свидетельствует о стабильно высокой урожайности зеленой массы и семян [6, 7].

В условиях избыточного увлажнения 2017 г. люпин узколистный сорта Сидерат-38 и Брянский сидерат не достигли полной укосной зрелости семян. Урожайность зеленой массы в фазе сизых бобов этих сортов достигла до 62,0 т/га и вполне пригодный для использования на сидеральные цели. Не наблюдалось поражение антракнозом у обоих сортов люпина за все годы исследования.

Количество азота, аккумулированного люпином узколистным в биомассе, достигало 150 кг/га, более 70 % которого составляет фиксированный биологический азот. Процесс азотфиксации у люпина протекает непрерывно весь период вегетации. Леофилизация клубеньковых бактерий наступает в период прекращения цветения боковых побегов. При выращивании люпина в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми следует рекомендовать штамм 367-а. За счет поступления биологического азота плодородие почв при возделывании люпина повышается. О положительном влиянии зеленого

удобрения на содержание гумуса свидетельствуют и данные исследований российских ученых [2].

Выращивание сидерата и заделка его в почву, особенно на дальних участках, почти в два раза дешевле, чем заготовка, вывозка и внесение эквивалентного количества навоза [4]. И напротив, известно, что при внесении больших доз азотных удобрений в почву активизируется вредная микрофлора, которая способствует минерализации гумуса и снижению плодородия почвы. К тому же, в результате вымывания азотные соединения удобрений загрязняют грунтовые воды, делают их вредными для человека и животных.

Возделывание перспективных сортов люпина в сельскохозяйственном производстве в Республике Коми позволит расширить ассортимент бобовых однолетних трав, используемых на сидеральные цели. Ценность люпина, как органического удобрения, заключается в том, что затраты ограничиваются расходом семян на посев и запарку зеленой массы, что в несколько раз ниже затрат на вывозку и внесение навоза, торфа и компоста. Положительна и роль люпина в обогащении почв биологическим азотом.

Литература

1. Артюхов А. И., Чекмарев П. А. Рациональные подходы в решении проблемы белка в России // Достижение науки и техники АПК. 2011. № 6. С. 5–8.
2. Новиков М. Н., Тужилин В. М. и др. Система биологизации земледелия в Нечерноземной зоне. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 295 с.
3. Артюхов А. И. Подобедов А. В. Современные направления исследований по люпину в России // Зернобобовые и крупяные культуры. № 1. 2012. С. 80.
4. Алексеев Е. К. Однолетние кормовые люпины. М. «Колос», 1968. 260 с.
5. Агеева П. А., Почутина Н. А. Результаты селекции сидерального узколистного люпина во Всероссийском научно-исследовательском институте люпина // Зернобобовые и крупяные культуры. №6 (2). 2013. С. 123–125.
6. Потапов А. А. Инокуляция семян люпина узколистного и люпина желтого – важный фактор повышения урожайности новых кормовых культур на севере // Эколого-популяционный анализ полезных растений: интродукция, воспроизводство, использование: Материалы X Междунар. симпозиума. Сыктывкар, 2008. С. 159–161.
7. Потапов А. А. Азотфиксирующая активность бобовых кормовых культур на фоне инокуляции клубеньковыми бактериями в среднетаежной подзоне Республики Коми // Актуальные вопросы аграрной науки: теория и практика: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию агрономического факультета. Киров, 2014. С. 166–169.

АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С РАСТЕНИЯМИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ

И. А. Маганов, Г. С. Антипина
Петрозаводский государственный университет,
magavan17@mail.ru, antipina@petrsu.ru

Борщевик Сосновского (*Heraclium sosnowskyi* Manden.) был интродуцирован в нашей стране как кормовая культура в 1940–50-х гг. После прекращения его выращивания в 1980-х гг. расселение вида во многих регионах

России, в том числе на севере, приняло масштабы экологического бедствия. Для вида характерны неприхотливость, холодостойкость, быстрый рост, формирование большой фитомассы, высокая семенная продуктивность [1].

Экспансия борщевика Сосновского – это не стихийное природное явление, а яркий пример непрогнозируемых экологических последствий интродукции растений. Растение заселяет нарушенные экосистемы, в том числе неиспользуемые сельскохозяйственные угодья, рудеральные и придорожные участки. Крайне нежелательно его распространение в рекреационных зонах, зеленых насаждениях, на охраняемых территориях. Опасность растения для людей снижает возможности сельскохозяйственного, рекреационного, учебного использования территории [2].

Основными способами борьбы с борщевиком Сосновского являются скашивание травостоя и использование гербицидов [3]. Они позволяют в той или иной степени ограничить развитие растений, но полного уничтожения зарослей борщевика не происходит. Учитывая недостаточную эффективность различных приемов уничтожения многолетних растений борщевика, мы предлагаем перенести часть работ по борьбе с борщевиком на всходы.

Опыты проводили в 2017 г. на базе Ботанического сада Петрозаводского государственного университета за пределами коллекционных участков. Борщевик Сосновского сохранился на территории сада после проводившихся здесь в 1960–70-е гг. опытов по выращиванию в Карелии этой новой для республики культуры. Для каждого варианта опытов в конце апреля, после схода снега, в местах массового развития всходов борщевика были заложены по 3 пробных площади 1x1 м. В это время участки, занятые летом зарослями борщевика, представляют собой свободные пространства, так как у многолетних растений только начинают отрастать побеги. На почве можно видеть большое количество семян борщевика – от 288 до 1008 (в среднем 654) семян / кв. м. Семена отличаются высокой полевой всхожестью – около 80 %, и к середине мая плотность всходов в среднем составила 562 шт. / кв. м.

Были проведены три варианта опытов: 1) укрывание всходов чёрной пленкой; 2) обработка всходов гербицидом «Агрокиллер»; 3) термическая обработка всходов горячей водой. Результаты выполненной работы представлены ниже.

1. **Укрывание всходов чёрной плёнкой.** Примерно через месяц после закрывания почвы пленкой в условиях ограничения доступа света, воздуха и сильного нагревания пленки в солнечные дни (температура под пленкой может достигать 50 °С) всходы под пленкой полностью погибают (рис.). Почва под пленкой остается свободной от борщевика до глубокой осени, в то время как в контроле их количество составляет более 250/кв.м.

Для укрывания плёнкой многолетнего растения (растение было закрыто в начале мая на стадии появления листьев) потребовался груз для закрепления плёнки, особенно когда у растения начался интенсивный рост. Отмирание листьев началось примерно через неделю, причем дополнительным неблагопри-

ятым фактором оказалось нагревание листьев под плёнкой в солнечные дни. Через месяц надземные органы у многолетнего растения полностью погибли.

Недостатком метода, при его высокой эффективности, является необходимость тщательного укладывания и закрепления на почве плотной пленки и ее утилизации после использования.

2. Обработка всходов гербицидом «Агрокиллер». «Агрокиллер» – гербицид широкого действия, рекомендуется для уничтожения борщевика Сосновского. Действующее вещество – глифосата кислота в (500 г/л). Опытные участки были обработаны при помощи ранцевого распылителя «Stihl» дважды, с интервалом в две недели; дозировка согласно инструкции – 40 мл гербицида в 3 л воды / 100 кв. м.

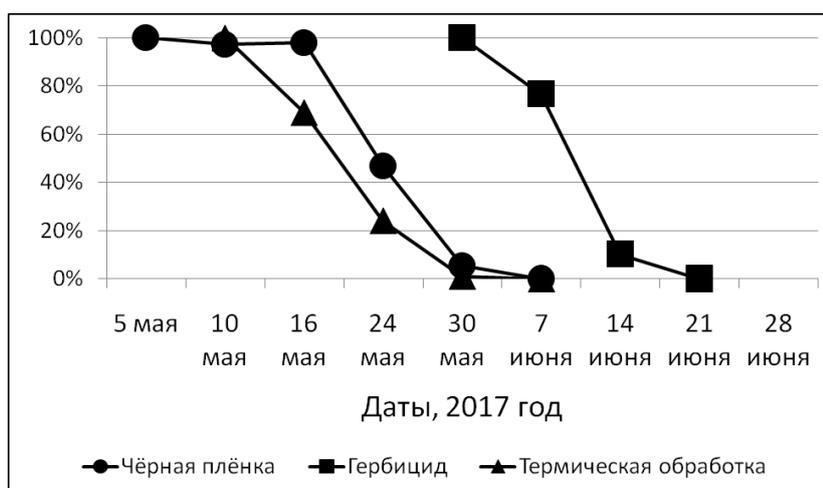


Рис. Динамика изменения количества всходов в опытах, % от контроля

Двукратная обработка всходов гербицидом показала хороший результат (рис.). Первая обработка проводилась 30 мая, когда основная часть всходов находилась на стадии первого настоящего листа, вторая – через две недели, когда всходы были на стадии двух настоящих листьев. Более ранняя обработка не могла быть проведена из-за сохранения у части всходов околоплодника, что уменьшает контакт всходов с препаратом. Вплоть до осени на обработанных участках новые всходы не появились.

Недостаточно эффективной оказалась двукратная обработка гербицидом многолетних растений. Обработки проведены в конце июня и начале июля до формирования цветonoсных побегов. После первой обработки листья борщевика пожелтели, после второй произошло их массовое отмирание. Но гибель листьев не означала гибель растений: через месяц после второй обработки у борщевика начинают интенсивно развиваться новые молодые листья и к середине сентября заросли борщевика приобретают прежний вид.

Недостатком метода является зависимость обработки гербицидом от погодных условий: она не может проводиться в дождливую погоду, при скорости ветра более 5 м/с, при температуре ниже +10 °С. Обработка гербицидом достаточно дорогое мероприятие: расходы только на препарат без учёта всех остальных затрат составляют несколько тысяч рублей/га. Необходимо строго

соблюдать технику безопасности. Следует отметить, что внешний вид отмирающих растений на обработанных участках снижает эстетические качества территории, что нежелательно для ботанического сада и других организаций, которые выполняют учебные, научные и рекреационные задачи.

Перенос обработки гербицидом на всходы в весенний период показал его высокую эффективность. Важно, что обработка гербицидом всходов менее трудоёмка и менее опасна для сотрудников, выполняющих эту работу, так как проводится рано весной практически по открытой почве, а не летом в зарослях многолетних растений борщевика.

Обработку участков гербицидом можно механизировать, применяя трактора с различным поливальным навесным/прицепным оборудованием, что заметно повысит эффективность и скорость работы, особенно против всходов.

3. Обработка всходов горячей водой (термическая обработка). Обработка горячей водой всходов борщевика оказалась интересным и эффективным средством борьбы. Опытные участки обрабатывали один раз в неделю горячей водой с температурой 82–85 °С, расход воды на одну обработку составил 12 л/м². Через четыре обработки на опытных площадках не осталось ни одного всхода (рис.), хотя в контроле их количество достигало 250/кв.м. Оставшиеся на почве семена не прорастали, и до осени почва была свободной от всходов.

При еженедельном воздействии горячей водой на многолетнее растение борщевика листья погибали в течение нескольких часов, но через несколько дней начинали расти новые листья. Отрастание листьев прекратилось в конце июня – спустя два месяца регулярной обработки горячей водой.

Хотелось бы обратить внимание на данный вид обработки всходов, так как он является самым перспективным. Вполне возможно механизировать термическую обработку всходов для проведения ее на больших площадях.

Таким образом, опытные работы по уничтожению всходов борщевика Сосновского в весенний период показали хорошие результаты. Они могут стать эффективным дополнением к системе мероприятий по борьбе с ним.

Регулярное, в течение нескольких лет, уничтожение всходов рано весной ограничит пополнение популяций борщевика Сосновского за счет семенного возобновления. Кроме того, необходимо проводить скашивание травостоя борщевика в течение лета, чтобы ограничить формирование генеративных побегов и уменьшить поступление семян в почву.

Борьба с неконтролируемым распространением борщевика Сосновского должна рассматриваться как работа по охране природы, улучшению качества окружающей среды и сохранению местной флоры и местных экосистем.

Литература

1. Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
2. Лунева Н. Н. Борщевик Сосновского в Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 12–18.

3. Методические рекомендации по предотвращению распространения борщевика Сосновского. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ Уральского отделения АН СССР, 2008. 28 с.

К ОЦЕНКЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТОВОГО АППАРАТА ДИКОРАСТУЩИХ И КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ROSACEAE

А. Б. Петрова¹, Л. М. Кавеленова¹, К. А. Савицкая¹,
Н. В. Янков¹, А. А. Кузнецов², М. А. Антипенко²

¹ Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, lkavelenova@mail.ru

² Самарский НИИ садоводства и лекарственных растений
«Жигулевские Сады», golden-apple08@mail.ru

Листовой аппарат высших растений, обеспечивающий основной объем ассимиляционной работы, несмотря на многовековую историю изучения, продолжает привлекать интерес исследователей. К числу активно развивающихся направлений в данном русле можно отнести оценку количественных параметров листовой поверхности, которые могут быть использованы в оценке продуктивности и состояния растений, в биомониторинге окружающей среды [1]. К числу подобных критериев можно отнести широко известные в отечественной и зарубежной литературе показатель массы единицы площади листовой поверхности (*leaf mass per area*, LMA) [2–5] и обратный ему в математическом отношении показатель удельной площади листа (*specific leaf area*, SLA) [1, 3, 6–8]. Для данных параметров в различных природных условиях были продемонстрированы изменения в зависимости от уровня «базовых» биотопических условий, в том числе – уровня освещенности, влажности и трофических характеристик почвенного субстрата, отдельных элементов минерального питания [1–4]. Прослеживаются изменения данных показателей, связанные с положением тестируемых листьев в кроне [3, 5].

Выполненное нами ранее для местных и интродуцированных видов древесных растений определение показателя LMA [9] выявило его изменчивость в контрастные по погодным условиям вегетационные периоды, а также неодинаковый размах варьирования в группах видов, относящихся к деревьям, либо кустарникам.

Опыт собственных исследований и знакомство с обширным кругом данных других авторов позволяют нам утверждать, что и LMA, и SLA обнаруживают перспективы для экспертной оценки объектов и/или экологических условий их обитания при наличии усредненных данных за несколько сезонов, собранных с учетом наличия сезонной динамики показателей и внутренней «разнокачественности» ассимиляционного аппарата древесных растений в разных ярусах кроны. В данном сообщении мы хотели бы представить результаты оценки показателей LMA и SLA для широкого круга объектов,

включающих как культивируемые плодовые (сорта груши и земляники, для которых проводится сортоизучение в питомниках НИИ «Жигулевские сады»), так и древесные розоцветные интродуценты, произрастающие в дендрарии Ботанического сада Самарского университета.

Группа объектов включает следующие виды и сорта сем. Розоцветные: 1) сорта груш, созданные селекционерами плодовых культур Самарской области и проходящие сортоизучение в НИИ «Жигулевские сады»: Александра, Болеро-1, Болеро-2, Волшебница, Галиана, Жигулинка, Журавлинка, Краса Жигулей, Кристина, Лакомка, Лебедушка, Осенняя крупная, Ранняя, Румяная Кедрина, Самарская Жемчужина (Зимняя), Самарская красавица, Самарянка, Скронница, Средневожская, Усолка, Чижовская; 2) сорта земляники садовой, проходящие сортоизучение в НИИ «Жигулевские сады»: Блестящая, Жанна, Звездочка, Зенга Зенгана, Избранница, Источник, Кама, Кармен, Лорд, Онега, Осенняя Ранняя, Пандора, Фестивальная; 3) древесные интродуценты – абрикос обыкновенный, боярышники даурский, зеленомясый и полумягкий; рябины коммикста, Мужо и ольхолистная; черемухи виргинская, Грея, Маака; спиреи иволистная и ниппонская. Для всех этих растений мы располагали данными за 3 и более вегетационных периода.

Значения показателя LMA для листьев рассматриваемых растений (рис. 1) показали «вписываемость» в ранее обнаруженный для древесных растений нашего региона диапазон (4–14 мг/кв.см) [9], при сравнительно меньшем уровне размаха, от 6 до 12 мг/кв.см. Для сортов груши, которые были представлены наибольшим разнообразием, заметно варьирование показателя, на первый взгляд не соотносящееся с принадлежностью сортов к группам с разным сроком созревания плодов.

Немного ниже была выражена изменчивость показателя для сортов земляники, что может быть связано как с биологическими особенностями культуры, так и с меньшим числом изучавшихся сортов. Для видов деревьев и кустарников из дендрария существенная неоднородность значений показателя связана с различными экоморфными особенностями растений, в том числе неодинаковым уровнем ксероморфности и светолюбивости.

Поскольку LMA и SLA – взаимно обратные величины, с помощью простого пересчета мы осуществили переход ко второму анализируемому показателю листьев (рис.2). Для совокупности всех объектов размах варьирования показателя оказался ограничен значениями 80–172 кв.см/г, что вполне соотносится с указываемыми в литературе для различных видов критериями [3].

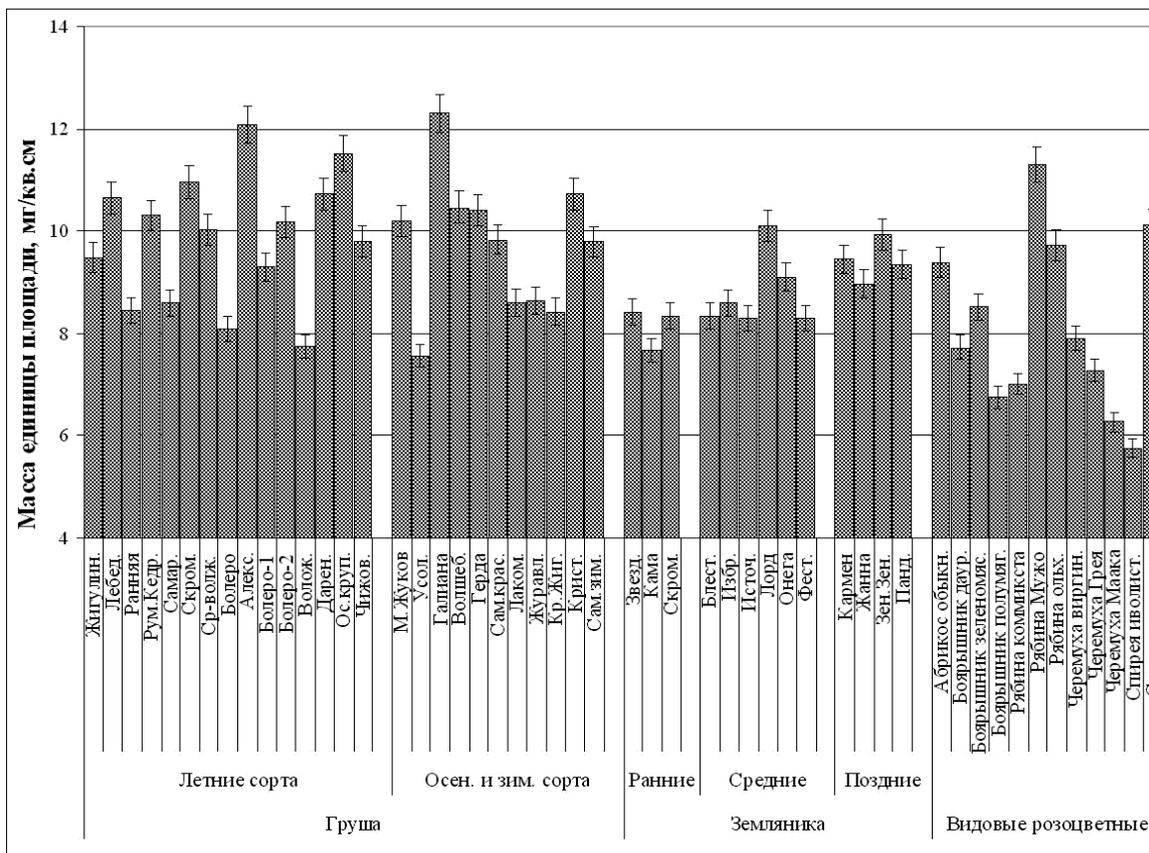


Рис. 1. Значения показателя массы единицы площади листьев (LMA) у различных видов и сортов Розоцветных

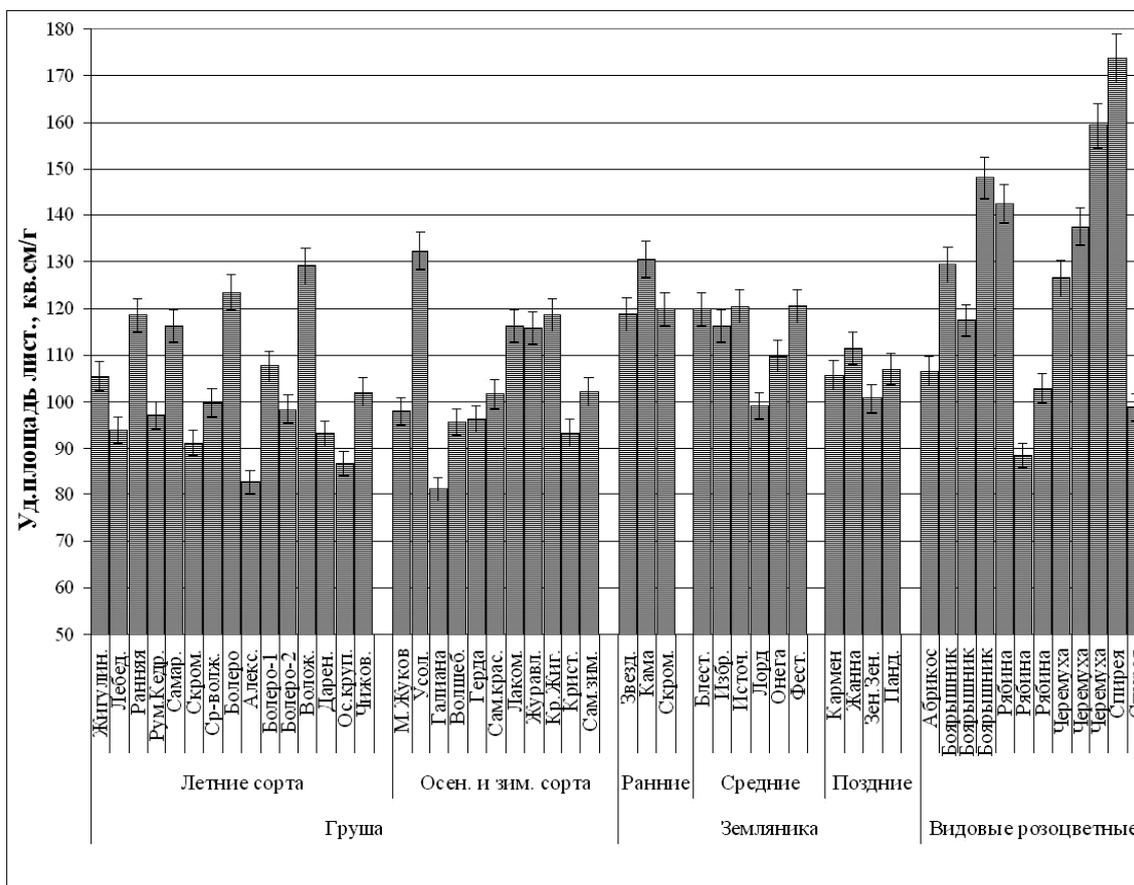


Рис. 2. Значения показателя удельной площади листьев (SLA) у различных видов и сортов Розоцветных

Сравнение относящихся к различным группам объектам по каждому из использованных показателей заслуживает внимательного рассмотрения в связи с анализом их биоэкологических особенностей, устойчивости и пр., что мы предполагаем осуществить в нашей продолжающейся работе. Будет также продолжено пополнение данными, полученными в конкретных региональных условиях, существующей во всемирном информационном пространстве базы биоэкологических характеристик высших растений, обеспечивающей изучение адаптивных реакций и экологической пластичности растений мировой флоры.

Литература

1. Cornelissen J. H., Lavorel S. B., Garnier E. B. e.a. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide // *Austria Journal of Botany*. 2003. Vol. 51. P. 335–380.
2. Poorter H., Niinemets U., Poorter L. e. a. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis // *New Phytol.* 2009. Vol. 182. P. 565–588.
3. Уткин А. И., Ермолова Л. С., Уткина И. А. Площадь поверхности лесных растений: сущность, параметры, использование. М.: Наука, 2008. 292 с.
4. Васфилов С. П. Анализ причин изменчивости отношений сухой массы листа к его площади у растений // *Журнал общей биологии*. 2011. Т. 72. № 6. С. 436–454.
5. Niinemets U., Keenan T. F., Hallik L. A worldwide analysis of within-canopy variations in leaf structural, chemical and physiological traits across plant functional types // *New Phytol.* 2015. Vol. 205. P. 973–993.
6. Wilson P. J., Thompson K., Hodgson J. G. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies // *New Phytol.* 1999. Vol. 143. P. 155–162.
7. Marshall J. D., Monserud R. A. Foliage height influences specific leaf area of three conifer species // *Canadian Journal of Forest Research*. 2003. Vol. 33. P. 164–170.
8. Fellner H., Dirnberger G. F., Sterba H. Specific leaf area of European Larch (*Larix decidua* Mill.) // *Trees*. 2016. Vol. 30. P. 1237–1244.
9. Кавеленова Л. М., Розно С. А., Киреева Ю. В., Смирнов Ю. В. К структурно-функциональным особенностям листьев древесных растений в насаждениях лесостепи // Самарская Лука. Бюллетень. 2007. Т. 16. № 3 (21). С. 568–574.

ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ *DROSERA ROTUNDIFOLIA* НА КАРСТОВЫХ БОЛОТАХ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. Н. Кочаровская, Е. М. Волкова

Тульский государственный университет, chem@tsu.tula.ru

Одной из важнейших проблем, стоящих перед современной ботаникой, является разработка биологических основ рационального использования природных ресурсов, охрана редких и исчезающих видов растений, что означает поддержание естественных процессов, происходящих в природе. Однако многие редкие виды еще недостаточно изучены, поэтому задачи по их охране не выполнены в полной мере. Для этого необходимы данные о численности и состоянии их популяций, характере и эффективности процессов возобновле-

ния редких растений. В этой связи особую важность приобретает изучение биоэкологических особенностей этих растений, структура их популяций.

Тульская область расположена на границе зоны широколиственных лесов и лесостепи. Природные условия региона не способствуют заболачиванию, поэтому Тульская область относится к слабозаболоченным регионам России. По этой причине многие болотные виды, произрастающие в области, являются редкими и охраняемыми. Оценка состояния популяций этих видов не проводилась, поэтому такие исследования являются актуальными.

Индикаторным видом болотных биотопов является росянка круглолистная [1]. В Тульской области – это редкий вид, который занесен в Красную книгу [2]. Однако состояние популяций этого вида на болотах региона не изучено, что определяет актуальность проводимых нами исследований.

Росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*) – многолетнее травянистое растение семейства Росянковые (Droseraceae) высотой 5–20 см. В Тульской области *D. rotundifolia* произрастает на открытых мезо- и олиготрофных сфагновых сплавинах карстовых болот. В сопредельных регионах вид отмечается также на голом торфе и влажном песке [2]. Нами были изучены две популяции *D. rotundifolia* на карстовых болотах «Кочаки 1» и «Кочаки 2» в Щёкинском районе Тульской области.

На указанных болотах было заложено 8 пробных площадей размером 1×1 м, где проводили определение плотности, изучали возрастной спектр по соотношению растений разных возрастных периодов, проводили описание морфологических особенностей растений (табл.).

Таблица

Параметры состояния росянки круглолистной на пробных площадях ценопопуляций на болотах Кочаки-1 и Кочаки-2

№ п/п	Количество особей		Высота	Диаметр розетки	Длина листа	Размер листовой пластинки	
	Всего	Генеративных				Длина	Ширина
1.1	233	47	13,09± 2,49	9,22±1,55	5,63±0,7	6,3±1,25	7,2±1,32
1.2	215	67	13,8±5,12	7,92±2,38	5,23± 1,75	5,4±0,97	6,7±1,25
1.3	92	19	15,36± 3,54	8,08±1,92	5,04± 1,29	6,3±0,95	7,1±1,29
1.4	62	17	12,99± 2,91	7,04±1,34	4,01± 0,73	6,8±0,79	7,7±1,16
1.5	106	43	16,76± 4,65	8,79±1,53	6±1,05	6,4±1,51	7,4±1,43
2.1	48	14	14,92± 2,81	8,6±1,32	4,9±1,07	6,5±1,35	7,3±1,06
2.2	51	13	12,12± 2,72	6,48±1,77	3,72± 1,23	5,1±0,86	5,6±0,97
2.3	38	11	14,6±1,41	8,67±1,57	4,65± 0,99	5,7±1,16	7,1±1,29

Результаты показали, что данные ценопопуляции отличались плотностью особей. Показатель варьирует на болоте «Кочаки 1» (1,1–1,5) от 62 до 233 шт/кв.м (среднее – 142 шт/кв.м), на болоте «Кочаки 2» (2,1–2,3) – от 38 до 51 шт/кв.м (среднее – 45 шт/кв.м), что обусловлено «возрастом» ценопопуляций (т.е. временем появления вида на болотах).

Особи исследуемых ценопопуляций находились в двух возрастных периодах – прегенеративном и генеративном. На болоте «Кочаки 1» количество генеративных особей изменялось от 17 до 67 шт/кв.м. (среднее – 38 шт/кв.м), а на болоте «Кочаки 2» – от 11 до 14 шт/кв.м (среднее – 12 шт/кв.м). Выявленные отличия, как по общему количеству растений на единице площади, так и по количеству растений в генеративном состоянии, статистически недостоверны. Это подтверждается и соотношением растений в генеративном состоянии к общему числу особей – показатель в исследуемых ценопопуляциях сходен и составляет 1 : 3,8.

Характеристика мощности и жизненности ценопопуляций была проведена по морфологическим признакам растений (высота с учетом цветоносного побега, диаметр розетки, длина листа с черешком, размер листовой пластинки (длина и ширина), а также ее площадь). Рассмотрим более подробно каждый из изучаемых параметров. Высота растений росянки на болоте «Кочаки 1» варьирует от $7,04 \pm 1,34$ до $16,76 \pm 4,65$, а на болоте «Кочаки 2» – от $12,12 \pm 2,72$ до $14,92 \pm 2,81$. Диаметр розетки росянки на болоте «Кочаки 1» изменяется от $7,04 \pm 1,34$ до $9,22 \pm 1,55$, а на «Кочаки 2» – от $6,48 \pm 1,77$ до $8,67 \pm 1,57$. Это говорит о том, что данный показатель является приблизительно одинаковым в разных ценопопуляциях. Длина листа на первом болоте варьирует от $4,01 \pm 0,73$ до $6 \pm 1,05$, а на втором – $3,72 \pm 1,23$ до $4,9 \pm 1,07$. Следовательно, по этому морфологическому признаку растения на разных болотах отличаются не более, чем на единицу, а значит, отличия несущественные.

Размер листовой пластинки характеризовали по длине и ширине. Длина пластинки изменяется в ценопопуляции на болоте «Кочаки 1» от $5,4 \pm 0,97$ до $6,8 \pm 0,79$, на болоте «Кочаки 2» от $5,1 \pm 0,86$ до $6,5 \pm 1,35$, а ширина – от $6,7 \pm 1,25$ до $7,7 \pm 1,16$ и от $5,6 \pm 0,97$ до $7,3 \pm 1,06$ соответственно. Выявленные различия не являются статистически достоверными и потому площадь листовой пластинки росянки в разных ценопопуляциях составляет $0,68 \pm 0,16$ кв.см. Полученные результаты свидетельствуют о сходстве исследуемых признаков в разных ценопопуляциях *D. rotundifolia*, что является следствием одинаковых экологических условий на болотах (УБВ= 15 – (-17) см, рН =4,7–5,0, минерализация = 35–40 мг/л).

Проведенный корреляционный анализ показал зависимость изучаемых признаков между собой, при этом, наиболее высокие значения коэффициента корреляции показаны для высоты растения, диаметра розетки и размеров листа.

Жизненность ценопопуляций росянки определяли по количественным (рассмотрены выше) и качественным (общее состояние вегетативных органов, окраска и внешний вид листьев, способность к размножению) признакам,

что позволило выделить классы жизненности. По соотношению разных классов жизненности можно сделать вывод о том, что исследуемые ценопопуляции являются процветающими, поскольку преобладают особи с высокой жизненностью (Класс А). Такая оценка проведена для прегенеративных и генеративных особей отдельно. Полученные данные свидетельствуют о том, что особи разных возрастных периодов находятся на одном уровне жизненности.

Важным признаком ценопопуляций является способность к воспроизведению [1]. Данный параметр характеризовали по способности к семенному размножению. Наблюдения за растениями показали их способность к цветению и образованию плодов и семян, что позволяет констатировать успешное семенное размножение.

Комплексный анализ состояния ценопопуляций *D. rotundifolia* на сфагновых сплавинах карстовых болот показал их высокую жизненность, возобновляемость и отсутствие существенных отличий по плотности и морфологическим признакам на разных болотах. Таким образом, несмотря на редкость вида в регионе, его популяции на болотах, не затронутых антропогенным воздействием, являются процветающими. Однако, расположение региона на границе основного ареала является причиной уязвимости вида и потому при изменении экологических условий популяции росянки могут находиться в угрожаемом состоянии. Это свидетельствует о необходимости охраны всех ценопопуляций росянки круглолистной на болотах Тульской области и мониторинга за их состоянием.

Литература

1. Krafft C. C., Handel S. N. The role of carnivory in the growth and reproduction of *Drosera filiformis* and *D. rotundifolia*. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 1991. № 118(1). P. 12–19.
2. Волкова Е. М. Росянка круглолистная // Красная книга Тульской области: растения и грибы. Тула: Гриф и К, 2010. С. 98.

ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФЛОРЫ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОС. АРКУЛЬ НОЛИНСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

О. Н. Пересторонина, С. В. Шабалкина, Н. П. Савиных, Е. С. Конева
Вятский государственный университет,
botany-vsu@yandex.ru, katyusha.koneva@bk.ru

Река Вятка – одна из древних рек бассейна Волги, является главной водной артерией Кировской области. Пойменные луга нижнего течения р. Вятки богаты разнотравьем и злаками. Состояние лугов во многом зависит от хозяйственной деятельности человека. При регулярном уходе они дают высокие урожаи трав и имеют огромное значение для развития животноводства. К сожалению, в настоящее время многие луга заброшены и не используются в сельском хозяйстве.

В период с 2015 по 2016 гг. изучали луга в окрестностях пос. Аркуль Нолинского района Кировской области. Исследование луговой флоры проводили маршрутным методом. Для выявления типов растительных сообществ и состава флоры заложены 12 пробных площадок размером 100 м² вдоль профиля по направлению к р. Вятке (рис. 1), на которых проведены геоботанические описания по общепринятым методикам [1, 2, 3, 4]. В ходе работы составляли систематический список учтенных растений, оценивали общее проективное покрытие и обилие каждого вида.



Рис. 1. Профиль расположения пробных площадок

Изучены луга следующих ассоциаций: верониково-кострецовая (1¹), кострецово-девясилловая (2), девясиллово-лисохвостовая (3), птармиково-кровохлебковая (4), осоково-кровохлебково-таволговая (5), северноподмаренниково-осоковая (6), девясиллово-кострецовая (7), разнотравно-кострецовая (8), разнотравно-канареечниково-кострецово-лисохвостная (9), клеверно-кострецовая (10), разнотравно-обыкновеннотаволговая (11, 12).

Эколого-ценотический анализ выявленной луговой флоры показал, что здесь произрастают растения шести эколого-ценотических групп (табл.). Доминируют суходольно-луговые виды – 50,65%. Такой состав спектра обусловлен, по-видимому, расположением сообщества в подзоне хвойно-широколиственных лесов, незначительным и непродолжительным весенним паводком. Видов увлажненных мест обитания немного.

Оценка состояния сообществ по профилю проведена с учетом стенобионтных видов как наиболее отзывчиво реагирующих на изменение факторов. Для обработки данных использована программа EcoScaleWin [5], созданная на основе экологических шкал отечественных и зарубежных ученых.

¹ Соответствует номеру площадки на рисунках 2–3.

Эколого-ценотический состав флоры

Группа	Число видов	Доля видов, %
Бореальная (Br)	5	6,49
Неморальная (Nm)	7	9,09
Боровая (Pn)	5	6,49
Нитрофильная (Nt)	8	10,39
Суходольная (Md)	39	50,65
Олиготрофная (Olg)	0	0
Водно-болотная (Wt)	13	16,88

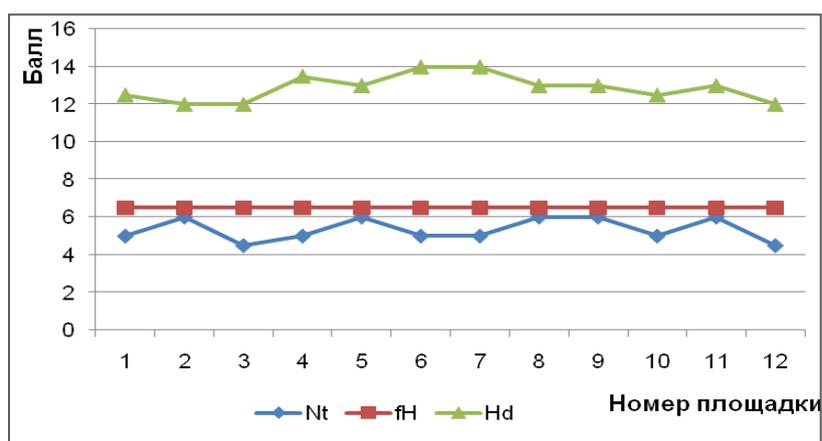


Рис. 2. Оценка местообитания по экологическим шкалам:

Nt – шкала богатства почв азотом; fH – шкала переменности увлажнения почв; Hd – шкала увлажнения почв

В ряду луговых сообществ по направлению к р. Вятке почвы испытывают слабо и умеренно переменное увлажнение – оценки местообитания – 6,5 (рис. 2). Тогда как изменение числа стенобионтных видов по данному фактору значительное и варьирует от 17 до 29 (рис. 3). Видами стенобионтами, которые первыми выпадают при смене условий, являются *Inula salicina* L., *Iris sibirica* L., *Rumex thyrsoiflorus* Fing, *Carex acuta* L., *Eleocharis palustris* L., *Veronica longifolia* L., *Alopecurus pratensis* L., *Lathyrus pratensis* L., *Allium angulosum* L.

По фактору увлажнения почв вдоль профиля наблюдаются небольшие колебания условий (рис. 2): от сухолесолуговой (площадки 2, 3, 10) через влажно-лесолуговую к сыро-лесолуговой (площадки 6, 7) – оценка местообитания от 12 до 14. Стенобионтами по данному фактору являются: *Viola canina* L., *Trifolium medium* L., *Cirsium setosum* L., *Leucanthemum vulgare* L., *Geranium pratense* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Angelica sylvestris* L., *Melampyrum cristatum* L. Небольшой скачок происходит в средней части профиля: отмечается увеличение числа стенобионтных видов (рис. 3). Это самая высокая часть профиля (h = 74–75 м над у.м.), находящаяся между двумя руслами рек.

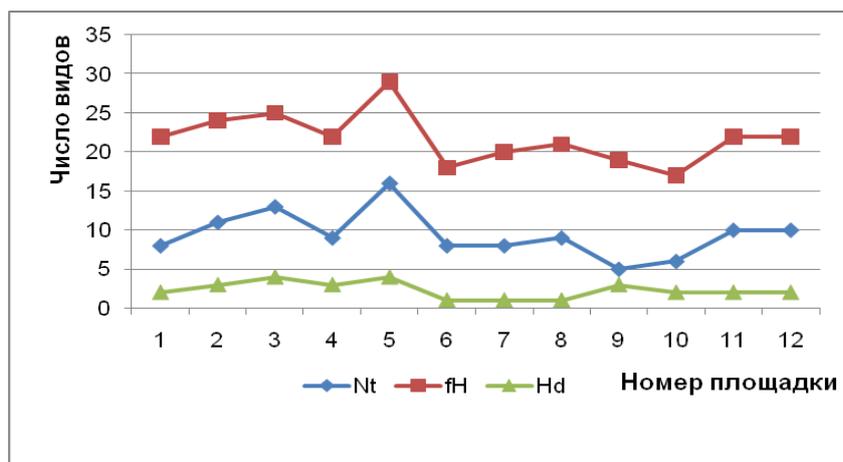


Рис. 3. Число видов стенобионтов по экологическим шкалам: Nt – шкала богатства почв азотом; fH – шкала переменности увлажнения почв; Hd – шкала увлажнения почв

Богатство почв азотом по профилю колеблется от очень бедных (площадки 3, 6, 7, 12) до достаточно обеспеченных и довольно богатых азотом (площадки 2, 5, 8, 9) – оценка местообитания от 4,5 до 6 (рис. 2). По направлению к р. Вятке происходят значительные колебания числа стенобионтных видов от 5 до 16 (рис. 3). К таким видам относятся *Filipendula ulmaria* L., *Hieracium umbellatum* L., *Iris sibirica* L., *Lathyrus pratensis* L., *Stellaria palustris* L., *Viola canina* L., *Alopecurus pratensis* L., *Carex cespitosa* L., *Convallaria majalis* L., *Rubus caesius* L., *Padus avium* L., *Festuca pratensis* L., *Phleum pratense* L., *Potentilla argentea* L., *Scutellaria galericulata* L. В начале происходит постепенное увеличение числа стенобионтов от верониково-кострецовой ассоциации (8) до осоково-кровохлебково-таволговой (16). Затем уменьшение до 8 стенобионтных видов и относительная стабильность на протяжении северноподмаренниково-осоковой, девясилово-кострецовой и разнотравно-кострецовой ассоциаций. Значительное изменение богатства почв азотом наблюдается в кострецово-лисохвостной и клеверно-кострецовой ассоциациях: здесь стенобионтные виды выпадают до 5–6. Ближе к руслу р. Вятки количество стенобионтов увеличивается до 10, что говорит о снижении богатства почв.

Исследование списков видов луговых сообществ по профилю, растительный покров которых в последние годы развивался без значительных антропогенных воздействий, показало увеличение богатства почв азотом в результате жизнедеятельности биоценоза в кострецово-девясиловой, разнотравно-кострецовой и кострецово-лисохвостной ассоциациях, и, как следствие, замещение растений более бедных мест на растения более богатых мест обитания. В начале и в конце профиля богатство почв азотом ниже. Возможно, здесь во время паводка происходит вынос биогенных элементов. Отсутствие существенного изменения влажности почв сообществ по профилю подтверждается стабильностью доли стенобионтов по этому фактору.

Литература

1. Ипатов В. С., Кирикова Л. А. Фитоценология. СПб., 1999. 316 с.
2. Работнов Т. А. Фитоценология. М., 1983. 296 с.
3. Работнов Т. А. Фитоценология. М., 1992. 352 с.
4. Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л., 1964. 447 с.
5. Зубкова Е. В., Ханина Л. Г., Грохлина Т. И., Дорогова Ю. А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin: Учебное пособие. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, Пушинский гос. ун-т, 2008. 96 с.

ПРИЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ НА СЕВЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Любова, А. А. Шаманин
Северный (Арктический) федеральный университет
имени М. В. Ломоносова, s.lyubova@narfu.ru

Под влиянием хозяйственной деятельности человека произошли значительные изменения в облике пойменной растительности р. Северной Двины. На рост и развитие пойменных растений влияние оказывает температура паводковых вод, их химический состав, продолжительность паводка, количество и мощность ежегодного наилка.

Пойменные луга являются основой кормовой базы аграрных предприятий, поэтому сильное воздействие на ботанический состав лугов оказывает хозяйственная деятельность человека. Коренное изменение состава луговой растительности, границ и численности популяций ценных в кормовом отношении видов, позволит решить задачу обеспечения высококачественными кормами в полной мере. Антропогенное воздействие на фитоценозы пойменных лугов имеет высокую напряженность, которая в первую очередь связана с механическим воздействием сельскохозяйственных машин и зоогенной нагрузкой на растительность и почвенный покров. Внесение удобрений приводит к изменению состава и свойств верхних слоев почвы, под таким воздействием меняется питательный режим растений. Основная задача антропогенного воздействия – это повышение урожайности за счет создания искусственного доминирования хозяйственно-ценных кормовых трав семейства *Poaceae* и *Fabaceae*.

Антропогенное нормирование видового разнообразия и численности популяции определенных видов в травостоях включает такие агротехнические мероприятия, как обработка почвы с варьированием глубины, внесение различных видов и доз удобрений в разные сроки, скашивание травостоя в разные периоды вегетации в зависимости от спелости трав, высота скашивания в зависимости от биологических особенностей трав [1].

Поверхностная обработка почвы используется для заделки удобрений и экскрементов скота, подготовки поверхности почвы для посева злаковых и бобовых трав, борьбы с сорной растительностью. Внесение удобрений – эф-

фективный способ обеспечить хозяйственно ценные виды трав легкодоступными элементами питания в определенные периоды роста и развития, например, в фазу кущения, для повышения конкурентоспособности и урожайности зеленой массы и т.д. Скашивание травостоя в определенные периоды позволяет активно бороться с сорной растительностью, повысить кустистость у злаковых и стеблеобразование у бобовых трав. Безусловно, комплексное использование агротехнических приёмов дает наибольший эффект для формирования высокоурожайного травостоя с максимальным количеством энергетических и питательных веществ [2].

Антропогенное воздействие на фитоценозы весьма значительно, но при снижении напряженности, или полное отсутствие таково приводит к постепенным деградиционным процессам, фитоценоз возвращается в состояние близкое к природному.

Исследования проводили на пойменных лугах дельты Северной Двины. Объектом исследования являются культурные (сеяные) сенокосы, которые были созданы в 80-х годах XX-го века. За период с 2003 по 2014 гг. с периодичностью через два года проводили геоботанические обследования контрольных участков. Изменения в фитоценозе за почти десятилетний период можно разделить на несколько этапов. На первом этапе сенокосные участки активно использовались, за ними осуществлялись следующие мероприятия по уходу: в весенний период проводилось боронование и вносились удобрения, средняя доза составляла NPK по 40 кг д.в./га. Скашивание проводилось во второй декаде июля, с отклонением в ту или иную сторону на 5 дней. В этот период растительное сообщество состояло из 70% злаковых, 18% бобовых, 12% разнотравья. Доминанты сообщества: *Alopecurus pratensis* L. – 40%, *Dactylis glomerata* L. – 18%, *Vicia cracca* L. – 16%, *Ranunculus acer* L. – 10%. Растительная группировка – вико-ежово-лисохвостный луг. Преобладание в растительном сообществе раннеспелых видов, как злаковых, так и бобовых трав, указывает на неправильный выбор мероприятий ухода за данным сенокосным участком. Внесение удобрений и скашивание необходимо проводить в более ранние сроки, что способствовало бы, активному развитию хозяйственно ценных доминантов и сокращению доли участия разнотравья. Одним из основных мероприятий борьбы с засорением *Ranunculus acer* L. – это скашивание его до образования семян, то есть скашивание трав в конце июня–начале июля, положительно бы сказалось на соотношении видов в растительной группировке.

На втором этапе исследований, на сенокосном угодье мероприятия по уходу не проводились, травостой в течение 6 лет скашивали не регулярно, скашивания проводились в разные сроки, не только традиционно в середине июля, но даже в августе, когда большинство видов трав уже обсеменились. В результате такого использования отметились процессы деградации в фитоценозе. Доля участия рыхлокустовых злаков сократилась 25% до 10%, выпала из травостоя *Festuca pratensis* L., доля корневищных злаков увеличилась у *Bromopsis inermis* L. с 2% до 8%, у *Digraphis arundinaceae* L. с 2% до 12%.

Корневищные злаки характеризуются более высокой конкурентной способностью, чем рыхлокустовые виды. При отсутствии скашивания активно развивалась *Deschampsia caespitosa* L.. Этот плотнокустовой злак заполнял пространство сенокоса, и направление распространения было от открытых мелиоративных систем к центру участка. Отмечалось и увеличение обилия разнотравья, особенно крупного разнотравья *Veratrum lobellianum* L., *Angelica sylvestris* L., *Filipendula ulmaria* L..

На третьем этапе исследования отмечено накопление растительных остатков в большом количестве. Злаки изучаемого растительного сообщества верховые, и дают большое количество биомассы, которая при отсутствии заготовки кормов, теперь накапливается на поверхности. Накапливающееся органическое вещество удерживает много воды, что еще более способствует увеличению в почве мертвого органического вещества. По мере накопления неразложившегося органического вещества изменяются физические свойства почвы: уменьшается водопроницаемость, ухудшается аэрация, происходит уплотнение, сопровождаемое анаэробным процессом; более ценные группы растений сменяются менее ценными, снижающими кормовое значение луга. На смену ценным в кормовом отношении злакам *Festuca pratensis* L., *Alopecurus pratensis* L., *Dactylis glomerata* L. приходят менее ценные – плохо поедаемые *Deschampsia caespitosa* L., осоки и т.д. Из фитоценоза ушли представители семейства *Fabaceae*, наиболее активно развивается разнотравье семейства *Asteraceae* и *Apiaceae*.

На основании десятилетнего периода исследований установлена смена растительного сообщества, идет процесс увеличения видового состава, изменяется структура фитоценоза. Фитоценоз культурного кормового угодья постепенно преобразовался в растительное сообщество природного луга.

В продолжение исследований по изменениям в фитоценозах пойменных лугов под воздействием агротехнических приемов заложен полевой опыт.

Цель исследований – установить влияние воздействия агротехнических приемов на флористический состав и продуктивность пойменных лугов сельскохозяйственного использования на севере Архангельской области. Задача исследований – установить влияние азотных удобрений и режима скашивания на соотношение хозяйственно-ботанических групп трав и продуктивность.

Объект исследований – естественный разнотравно-злаковый луг в пойме реки Северная Двина. Рельеф территории холмистый. Почвы исследуемого участка центральной поймы среднего уровня – дерново-луговые среднесуглинистые на аллювиальных отложениях. Дернина плотная, верхний слой почвы густо пронизан корневой системой. Мощность гумусового горизонта – 20 см, содержание гумуса – 2,5%, обеспеченность подвижными формами фосфора и калия повышенная, обменная кислотность – среднекислая.

Методика исследований. Схема полевого опыта включала следующие варианты: 1) контроль (без применения удобрения), 1 укос в фазу цветения злаковых трав; 2) внесение азотных удобрений в дозе 30 кг д.в./га (N₃₀) весной по отрастанию побегов злаков, 1 укос в фазу цветения; 3) внесение азот-

ных удобрений в дозе 60 кг д.в./га (N_{60}) весной по отрастанию, 1 укос в фазу цветения; 4) без применения удобрения, 2 укоса в фазу цветения (конец июня, начало августа); 5) внесение азотных удобрений в дозе по 30 кг д.в./га (N_{30}) весной по отрастанию и летом после первого укоса, 2 укоса в фазу цветения (конец июня, начало августа); 6) внесение азотных удобрений в дозе по 60 кг д.в./га (N_{60}) весной по отрастанию и летом после первого укоса, 2 укоса в фазу цветения (конец июня, начало августа).

Опытная делянка квадратной формы площадью 16 м². Ширина защитных полос между делянками – 1 м, для того, чтобы корневые системы растений не использовали питательные вещества минеральных удобрений с соседних делянок. Опытный участок располагался на склоне холма крутизной 3 градуса, такой рельеф типичен для лугов сельскохозяйственного использования данной территории. Расположение повторений опыта вдоль склона, повторность четырехкратная.

В процессе исследований проводили наблюдения за фенологическими фазами роста и развития растений – доминантов травостоя, измеряли высоту травостоя, с периодичностью раз в 10 дней. Определяли перед укосами проективное покрытие визуально. Скашивание трав для определения продуктивности травостоя проводили в фазу цветения злаковых доминантов с учетных площадок размером 0,25 м² в трехкратной повторности на делянке, затем скашивали травы со всей опытной делянки и проводили взвешивание биомассы. Травы с учетных площадок разбирали по хозяйственно-биологическим группам и по видам, взвешивали и рассчитывали участие группы и каждого вида (%).

Внесение удобрений проводили весной по отрастанию побегов трав в начале мая и летом после первого укоса – конец июня. Вносили аммиачную селитру с содержанием действующего вещества азота 35,5%. Удобрение вносили поверхностно, рассчитав норму в соответствии с площадью делянки. После внесения травостой бороновали легкой бороной с целью заделки удобрений и снижения потерь питательного вещества.

Результаты исследований. Флористический состав исследуемого луга распределяется на три основные хозяйственно-ценные группы: злаковые: *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Deschampsia cespitosa*; бобовые: *Lathyrus pratensis*, *Vicia cracca*, *Trifolium pratense*, *Astragalus danicus*; разнотравье: *Anthriscus sylvestris*, *Aegopodium podagraria*, *Ranunculus acris*, *Alchemilla vulgaris*, *Taraxacum officinale*, *Myosotis arvensis*, *Geranium pratense*, *Filipendula ulmana*, *Galeopsis speciosa*.

Проективное покрытие отдельных видов и хозяйственно-ботанических групп трав определяли в фазу цветения доминантов травостоя перед скашиванием (1 укос – 20 июня, 2 укос – 5 августа). Доля участия в среднем по опыту: злаковые – 65–70%, бобовые – 10–25%, разнотравье – 15–28%.

Срок скашивания травостоя определяли по доминантному виду злаков в злаковом и злаково-разнотравном сообществах. Ранее скашивание в системе сенокосооборота положительно влияло на изменение флористического состава

ва травостоя. Снижалась засоренность *Ranunculus acris* и малолетниками, у которых исключалась возможность образования генеративных органов и обсеменения. При ранних сроках скашивания создавались благоприятные условия для развития растений с высокой отавностью: *Festuca pratensis*, *Dactylis glomerata*.

Внесение азотных удобрений положительно повлияло на повышение продуктивности травостоя (табл.), особенно значительная прибавка урожая отмечена при двуукосном использовании. Максимальное повышение продуктивности наблюдается при внесении удобрений в дозе 60 кг д.в./га.

Таблица

Влияние внесения азотных удобрений и режима скашивания на продуктивность трав пойменного луга

Вариант опыта		Продуктивность, т/га			
		за 1 укос	за 2 укос	за вегетационный период	прибавка в сравнение с контролем
Одноукосное использование	без N*	12,96	–	12,96	–
	N ₃₀	14,08	–	14,08	1,12
	N ₆₀	14,28	–	14,28	1,32
Двуукосное использование	без N	12,89	9,25	22,14	9,18
	N ₃₀	13,09	10,08	23,17	10,21
	N ₆₀	16,25	11,28	27,73	14,77
Sx				0,97	

* – контроль

Значительные прибавки биомассы во втором укосе в большей степени связаны с влиянием метеорологических условий. Май – июнь характеризовались неблагоприятными условиями: из-за незначительного количества осадков в мае и холодной погоды в первой декаде июня, что снижало эффективность применения азотных удобрений. Вторая половина вегетационного периода была значительно благоприятнее, повышенные температуры и достаточное количество влаги оказали положительное воздействие на рост и развитие травостоя.

Влияние антропогенного фактора на продуктивность и флористический состав пойменного луга значительно. Однако, для того, чтобы изменения были экономически целесообразными, необходимо, чтобы воздействие человека носило системный характер и не нарушало связи в агроэкосистемах.

Литература

1. Бабенко С. Е., Опарина А. И. Рациональная система методов и приёмов использования естественных пойменных сенокосов // Рекомендации. В-Матигоры, 2003. 32 с.
2. Любова С. В., Шаманин А. А. Изменения в фитоценозах пойменных лугов под воздействием антропогенного фактора // Экологические проблемы Арктики и северных территорий. Архангельск, 2015. Вып. 18. С. 71–73.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДЕТАЛЬНОГО ГЕОБОТАНИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПОЙМЕННОГО ЛУГА

А. С. Тимонов^{1,2}, Е. А. Домнина^{1,2}, Г. Я. Кантор^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com*

Картографирование растительного покрова является одним из важных направлений современной ботаники. Геоботаническая карта – один из главных элементов и базовая основа при решении различных научных и народнохозяйственных задач [1].

С начала 90-х гг. все больше стали выходить на первый план проблемы, связанные с реализацией конкретных проектов, требующих оценочного, преимущественно средне- и крупномасштабного картографирования и информационного сопровождения. Карты растительности стали частью нормативных проектных документов по оценке воздействия на окружающую среду конкретных хозяйственных объектов. Оценочное картографирование растительности потребовало дальнейшей разработки новых теоретических и методических подходов в ее изучении [2]. Детальные геоботанические карты могут служить основой для пространственной оценки экологического состояния территорий (пространственной биодиагностики).

Геоботаническое картирование (картографирование) – это процесс нанесения на картографическую основу выделов растительных сообществ (или отдельных видов) и их границ. В качестве картографической основы используются топографические карты, космо- и аэрофотоснимки.

Весьма существенным показателем качества используемых снимков для целей геоботанического картирования является то, насколько четко и однозначно картируемые виды и растительные сообщества проявляются на снимках. «Наилучший результат при использовании АФС аэрофотоснимков (АФС) можно получить, если съемка проводилась специально для определенного вида исследований» [3].

К сожалению, традиционная аэрофотосъемка с самолетов и вертолетов – это достаточно дорогое удовольствие, которое помимо высокой стоимости имеет многочисленные организационные проблемы, весьма затрудняющие её использование особенно для съемки небольших территорий в масштабе 1:10000 и крупнее площадью от нескольких гектаров до первых квадратных километров.

В последнее время для выполнения аэрофотосъемки появилась возможность использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), оснащенных цветной видеокамерой высокого разрешения и GPS-приемником, позволяющих выполнять покадровую цветную цифровую аэрофотосъемку и обеспечивать довольно точную геодезическую привязку снимков. Масштаб сним-

ков и их разрешающая способность определяется высотой залета БПЛА исходя из конкретных задач и масштабов объекта исследования. Кроме того, имеется довольно большой выбор программных продуктов, осуществляющих автоматическую трансформацию снимков и создание геопривязанных ортофотопланов. Применение ГИС-технологий позволяет проводить анализ ортофотопланов как для более корректного и объективного построения карты, так и для выявления и прослеживания временных и пространственных изменений, происходящих на исследуемой территории.

Наши работы по созданию детальной карты растительности пойменного луга с использованием аэрофотосъемки с БПЛА – квадрокоптера Phantom 3 Standard в сочетании с наземными геоботаническими исследованиями были начаты в 2016 г. [4]. По результатам этих работ 2016 г. был сделан вывод о том, что для целей детального геоботанического картирования луга необходимо определить оптимальные время и условия съемки [5], которые авторы попытались изучить и оценить в полевой период 2017 года. В данном случае под временем съемки мы понимаем время прохождения фенологических фаз луговой растительности, под условиями съемки – характер освещенности объекта съемки.

Картируемый участок – пойменный луг на левобережье р. Вятки. В геоморфологическом плане это верхняя пойма с явно выраженным в рельефе чередованием грив и понижений, вытянутых в север-северо-западном направлении. Относительные превышения между гривами и понижениями на исследуемом участке составляет 1,5–2,5 м. В осевых частях понижений даже в межень сохраняются мелководные (глубиной до 1,0 м) озерца. Общая площадь исследуемой территории около 210 га.

Луг характеризуется сложной ландшафтной структурой, что проявляется и в неоднородности растительного покрова. Здесь выделены три основные типа растительности: древесная, кустарниковая, луговая.

Луговая растительность на изучаемой территории подразделена нами [4] в соответствии с классификацией А. П. Шенникова [6] на классы формаций настоящих (на гривах) и болотистых (в межгривных понижениях) лугов. Луговые растительные сообщества зачастую имеют явно выраженные доминирующие виды в обоих классах формаций.

Кустарниковая растительность представлена в основном шиповником иглистым (*Rosa acicularis* Lindl.) и различными видами рода ива (*Salix*), образующими как сплошные заросли, так и отдельные кусты, приуроченные соответственно к гривам и пограничным частям межгривных понижений.

Древесные виды представлены как отдельно стоящими деревьями, так и небольшими перелесками.

Ранее [5] мы отмечали, что съемку для геоботанического картирования необходимо проводить с учетом фенологических фаз, при которых наиболее четко и контрастно будут выделяться те или иные растительные сообщества и виды. С учетом этого в 2017 г. аэрофотосъемка была выполнена в три периода: 12–14 июля, 24 августа и 03 октября. Построение ортофотопланов осу-

ществлялось с помощью программного пакета Ajiisoft PhotoScan. Их анализ и их дешифрирование выполнялось в среде ArcGIS 10.1 с учетом данных полевого геоботанического обследования территории.

При анализе аэрофотоснимков и ортофотопланов, сделанных в 2016 г. и в 2017 г. в разные фазы развития растений, как и предполагалось, выявились существенные их различия (рис. 1).

На снимках, сделанных в июле 2017 г., когда растения в основной массе еще не начали цвести, преобладающий цвет исследуемого луга зеленый без особых отличий в оттенках и микротекстуре (рис. 1а).

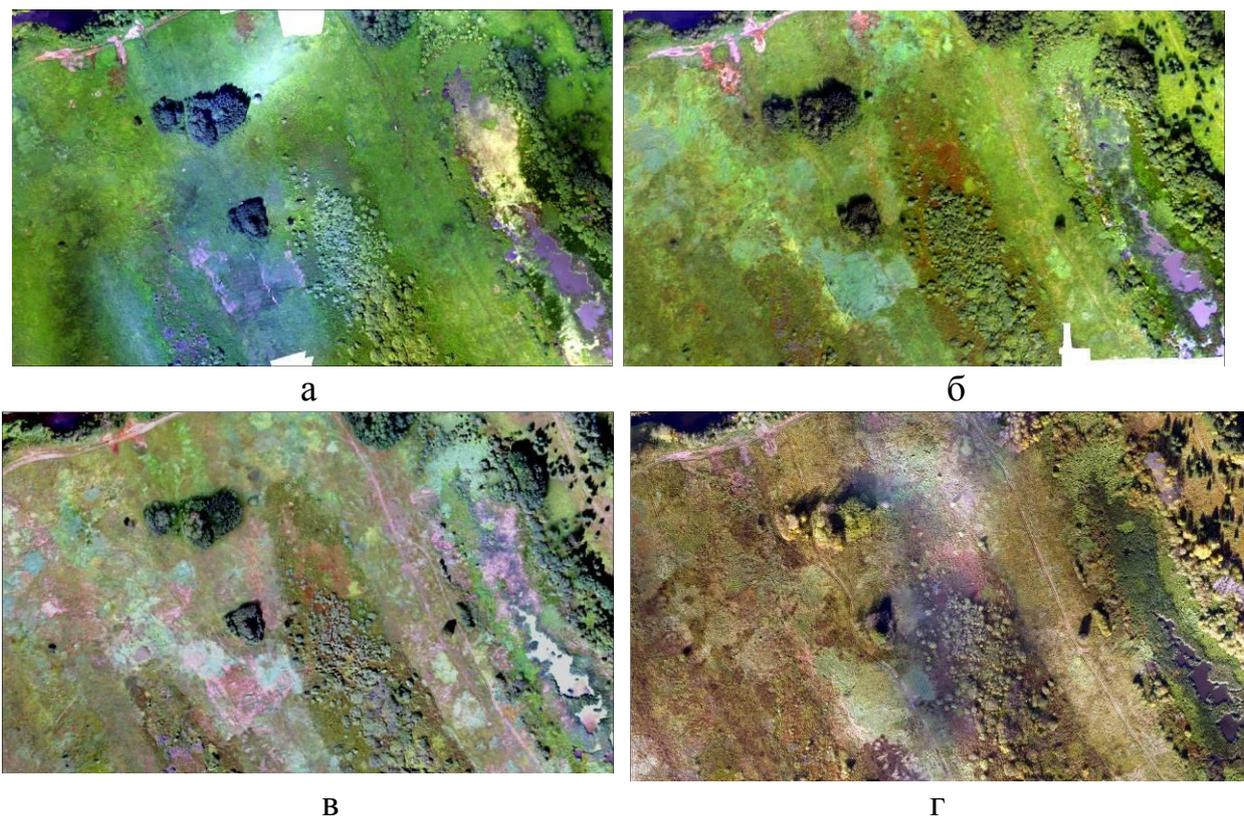


Рис. 1. Ортофотопланы части пойменного луга, полученные по АФС, снятыми в июле 2017 г. (а), в августе 2017 г. (б), в августе 2016 г. (в) и в октябре 2017 г. (г)

В августе 2016 и 2017 гг., изображение луга на снимках приобретает мозаичную структуру (рис. 1б и 1в). Отчетливо выделяются различные оттенки зеленого от темного до светлого, с серым, желтоватым и голубоватым отливом. Появляются пятна от желтого до бурого цвета. При этом довольно хорошо выделяются площади более темного зеленого цвета с буроватой пятнистостью. Как показали полевые наблюдения – это растительные сообщества класса формации болотистых лугов. Более светлые – растительные сообщества класса формации настоящих лугов. На этих площадях проявляются пятна и поля растительности различные по цветовой гамме и микротекстуре, обусловленные группами формаций и некоторыми формациями с доминантными видами растений.

В начале октября изображение луга на снимках имеет в основном буровато-желтые оттенки с отчетливыми пятнами и полями темно-серого, ярко-зеленого и других цветов (рис. 1г). Цветовые различия между классами и группами формаций стираются, однако проявляются новые пятна и поля различной цветовой гаммы, которые не проявлялись либо очень слабо проявлялись на предыдущих снимках. На этих же снимках некоторые выделы растительности помимо цвета обладают характерной микротекстурой, чего не наблюдалось ранее.

На снимках, сделанных в июле 2017 г., все растения находятся в фазе вегетации, имеют схожий облик и расцветку, поэтому сложно увидеть различия между ними и, соответственно, сформулировать картировочные (дешифровочные) признаки.

На августовских снимках, приходящихся на фазу цветения и начала плодоношения большинства растений, проявляются различия в окраске и микроструктуре, которые с учетом полевых наблюдений можно сформулировать как дешифровочные признаки для класса формаций, групп формаций и даже отдельных формаций доминирующих видов.

На октябрьском снимке отчетливо проявляются некоторые виды растений, которые почти не выделялись на снимках, выполненных в августе. Они имеют характерный цвет в фазу отмирания или вторичной вегетации.

Например, в пределах развития класса формации настоящих лугов (снимок октября 2017 г.) очень отчетливо выделяются поля темно-серого цвета. При полевом исследовании было установлено, что они обусловлены девясилем иволистным (*Inula salicina* L.) в фазе отмирания. Однако, на августовском снимке это поле развития девясила в фазе вегетации практически никак не проявляется (рис.2).

В понижениях на болотистых лугах на октябрьском снимке очень четко выделяются поля и пятна со специфическим бархатистым микрорельефом и буровато-зеленоватой окраской, которые присущи рогозу широколистному (*Typha latifolia* L.). Здесь же поля яркой светло-зеленой окраски, обусловленные Манником водным (*Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.) Эти виды на августовских снимках выражены очень слабо и вызывают затруднения при дешифрировании и оконтуривании (рис. 3).

Таким образом, для картирования растительных сообществ класса формаций пойменных лугов съемку целесообразно проводить в конце июля – начале августа, в период, когда растения этих сообществ приобретают свой характерный облик. Для картирования групп формаций аэрофотосъемку следует проводить во второй половине августа – начале сентября.



Рис. 2. Выдел девясила (Д) никак не проявленный на июльском АФС (а) отчетливо виден (темно-серый) на октябрьском АФС (б)

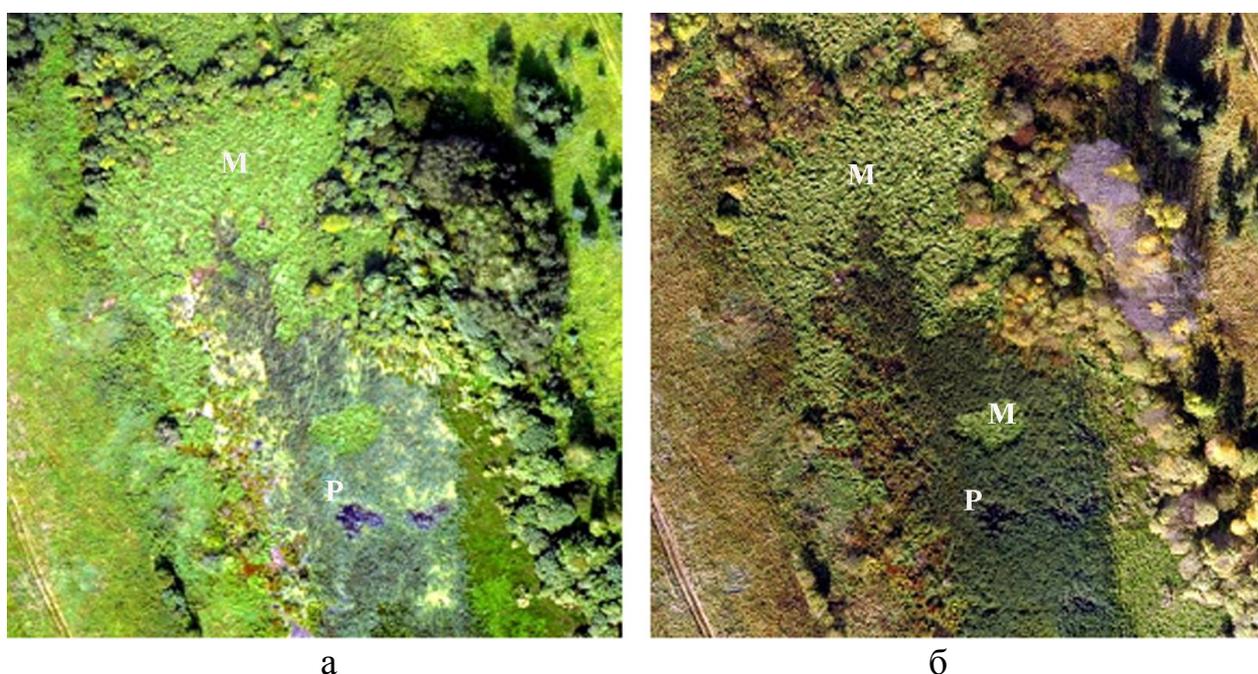


Рис. 3. Выделы рогоза (Р) и манника (М) очень слабо проявлены на августовском АФС (а) и отчетливо разделяются на октябрьском АФС (б)

В это же время проявляются и хорошо дешифрируются доминирующие виды некоторых формаций. Для картирования растительности на уровне отдельных видов необходимо определить время съемки, при котором картографические (дешифровочные) признаки будут наиболее отчетливо выражены.

Поскольку аэрофотосъемка проводилась в различных условиях освещенности (безоблачно, переменная и сплошная облачность) и при разном положении солнца относительно горизонта, была возможность оценить влияние и этих факторов на информативность полученных снимков.

При безоблачном небе снимки получаются высококонтрастные, но иногда появляются солнечные блики и резкие тени, значительно искажающие

контуры наземных объектов. При переменной облачности отдельные облака создают затененные участки, которые на снимках образуют иногда обширные темные пятна. При низком положении солнца над горизонтом возникают большие затененные участки от высоких деревьев или лесных массивов. Все это (блики и большие тени) существенно затрудняет, а порой делают невозможным выполнение качественного и однозначного распознавания (дешифрирования) растительных сообществ и проведения границ между ними.

В пасмурную погоду при высокой облачности глубокие тени и блики отсутствуют. Это делает фотоизображение ровным, а цвета близкими к естественным.

С другой стороны, при низком положении солнца над горизонтом, на участках где отсутствуют деревья, более отчетливо проявляется микротекстурный рисунок присущий отдельным видам растительности. Например, на октябрьском снимке четкое и контрастное проявление рогоза широколистного (*T. Latifolia*) и манника водного (*G. Maxima*) (рис. 3) обусловлено относительно более низким положением солнца над горизонтом, нежели при съемке в августе.

Цвет и внешний облик как отдельных растений, так и растительности в целом меняется в зависимости от фенофазы их развития. Разные растения, произрастающие в одном месте в один и тот же момент времени, могут находиться в разных фенофазах. При этом на аэрофотоснимках они могут иметь различный облик (цвет, микротекстуру), что позволяет при совместном дешифрировании снимков, сделанных в разное время при разной освещенности, выделять и картировать разные виды растений и их сообщества.

Исходя из этого, в качестве основы для детального геоботанического картирования луга необходимо использовать серию ортофотопланов, сделанных по аэрофотоснимкам, отснятым с помощью БЛПА в разные фазы развития растений. Съемку лучше проводить при сплошной высокой облачности. Крайне нежелательна съемка при переменной облачности. Низкое положение солнца при отсутствии лесных массивов позволит выделять растительность по особенностям микротекстуры.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.

Литература

1. Ерохина О. В. Опыт отражения состояния и антропогенной динамики растительного покрова на крупномасштабной геоботанической карте. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2000.
2. Юрковская Т. К. Геоботаническое картографирование и составление аналитических карт растительности // Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. Лекции. Петрозаводск. 2007. С. 43–71.
3. Вышивкин Д. Д. Геоботаническое картографирование. М.: Изд-во МГУ, 1977.

4. Домнина Е. А., Тимонов А. С., Кантор Г. Я., Кислицына А. П., Савиных В. П. Опыт составления детальной карты растительности пойменного луга // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 1. С. 42–49.

5. Кантор Г. Я., Тимонов А. С., Домнина Е. А. Применение беспилотного летательного аппарата для картирования растительности // Использование современных информационных технологий в ботанических исследованиях. Материалы междунар. науч.-практ. конф. Апатиты, 2017. С. 55–57.

6. Шенников А. П. Луговоедение. Л.: Изд-во ЛГУ. 1941.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОСИ ПОБЕГА ГРАВИЛАТА РЕЧНОГО (*GEUM RIVALE* L.)

Н. П. Савиных, М. Н. Шаклеина, Е. Н. Гвоздев

Вятский государственный университет,

savva_09@mail.ru, botany_vsu@yandex.ru, 28gvozdevgeni96@gmail.com

Различные экологические факторы среды оказывают влияние на растение в разные периоды жизни и на разных этапах онтогенеза. При чем, влияние этих факторов отражается как на внутреннем, так и на внешнем строении растения. Особенности структурной организации обеспечивают адаптированность организмов к условиям биотопа, дополняя приспособления на других уровнях – органном и организменном. Примером этого могут служить многочисленные адаптации на клеточном и тканевом уровнях у растений, произрастающих в условиях переменного увлажнения. Одним из них является гравилат речной (*Geum rivale* L.).

G. rivale – травянистое многолетнее короткокорневищное растение. Ареал охватывает Европу, Азию и Северную Америку. Обыкновенный вид во всех областях Средней России. Места произрастания – сырые слабокислые почвы, болотистые места, берега озер, рек и водохранилищ [1]. Побеговая система *G. rivale* образована двумя типами побегов: плагиотропным вегетативным, служащим для расселения растения (n-ого порядка), и боковыми ортотропными однолетними вегетативно-генеративными, выполняющими функцию семенного возобновления и ассимиляции. Плагиотропные побеги нарастают моноподиально в течение нескольких лет, образуя вегетативный побег n-ого порядка. Боковой побег – вегетативно-генеративный, n+1-ого порядка, заканчивается терминальным соцветием. В совокупности они формируют скелетную (побеговую) ось, которыми образовано растение. Модель побегообразования – розеточная моноподиальная [2].

Для изучения анатомического строения стебля побегов *G. rivale* выполняли серию срезов на уровне подземного эпигеогенного корневища (в базальной части и на его верхушке) и вегетативно-генеративного побега. Срезы готовили по общепринятым методикам [3], детализировали строение с использованием светового микроскопа Motic BA300 со встроенным видеоокуляр. Окрашивание не проводили.

Стебель *G. rivale* в своем строении имеет три анатомо-топографические зоны: покровную ткань, первичную кору и центральный цилиндр [4].

В подземном участке эпигеогенного корневища покровная ткань представлена многослойной перидермой, состоящей из клеток прямоугольной формы. Первичная кора образована пластинчатой колленхимой. У более молодых участков побега формируется стебель пучкового строения с хорошо заметными сердцевинными лучами. В ходе дальнейшего развития стебля проводящие пучки увеличиваются в размерах и благодаря деятельности пучкового и межпучкового камбия формируется почти сплошное кольцо проводящих тканей. Оно представлено ксилемой и флоэмой. Последняя включает ситовидные клетки с простыми ситовидными полями и лубяной паренхимой. Ксилема составлена трахеальными элементами и древесинной паренхимой. В результате неоднократного заложения камбия формируются годичные кольца.

Последняя составная часть центрального цилиндра – сердцевинная паренхима. Она занимает значительную часть стебля и содержит в своих клетках много крахмальных зерен, обеспечивая запасную функцию корневища (рис. 1). Таким образом, побег n-ого порядка имеет типичное для трав мезофитов строение.

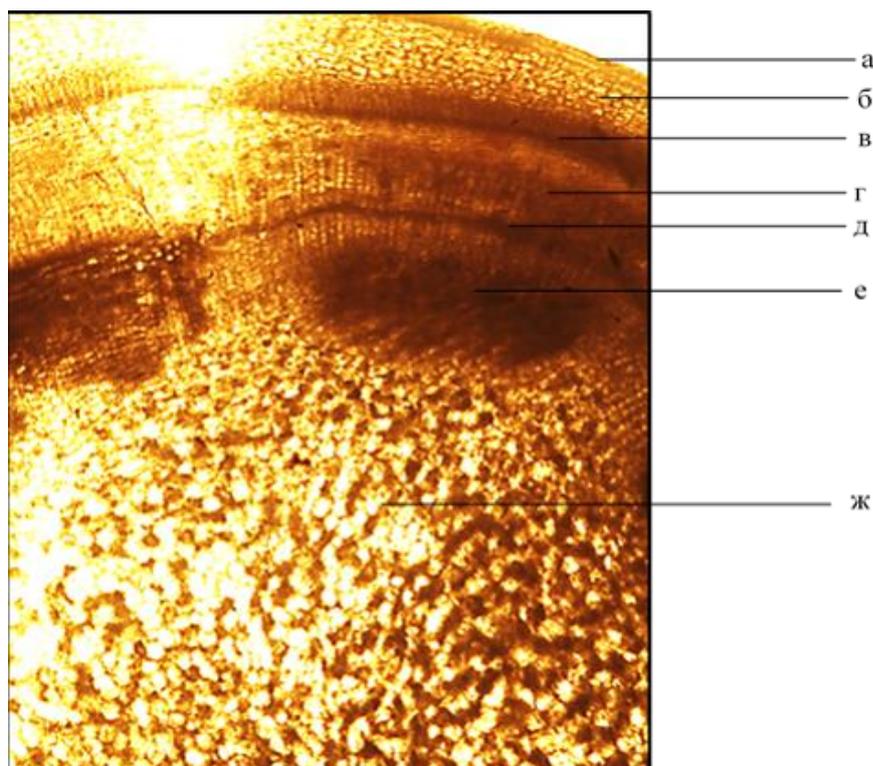


Рис. 1. Поперечный срез стебля эпигеогенного корневища *Geum rivale*: а – перидерма; б – пластинчатая колленхима; в – эндодерма; г – флоэма; д – камбий; е – ксилема; ж – сердцевина

В строении стебля бокового однолетнего вегетативно-генеративного побега покровная ткань представлена эпидермой с хорошо заметными простыми кроющими волосками. Клетки ее прямоугольной формы. Первичная кора представлена тремя типами тканей: непосредственно под эпидермой

находится колленхима из 2–3 слоев клеток; затем небольшой участок паренхимных клеток. Эндодерма выражена слабо. В периферическом слое центрального цилиндра расположено сплошное кольцо склеренхимы, по-видимому, перициклического происхождения, из 7–8 слоев клеток.

Стебель имеет пучковое строение. Пучки сосудисто-волокнистые, из-за расположенных конутри от ксилемы небольших участков склеренхимы, открытые коллатеральные. Флоэма представлена ситовидными трубками и клетками спутницами, лубяной паренхимой. Ксилема состоит из трахеальных элементов и древесинной паренхимы.

Сердцевинная паренхима развита слабее по сравнению со стеблем подземных участков, в центральной части находится небольшая воздухоносная полость, а клетки ее практически не содержат крахмальных зерен (рис. 2). Такое строение стебля побега определяет его приспособления к положению в пространстве: склеренхима перициклического и прокамбиального происхождения, кольцо проводящих пучков по периферии и внутренняя сердцевина. Внутри расположенная склеренхима у проводящих пучков стебля характерна и для некоторых других прибрежно-водных и водных видов (статьи Полубо-ярцевой и др., Коноваловой в данном сборнике).

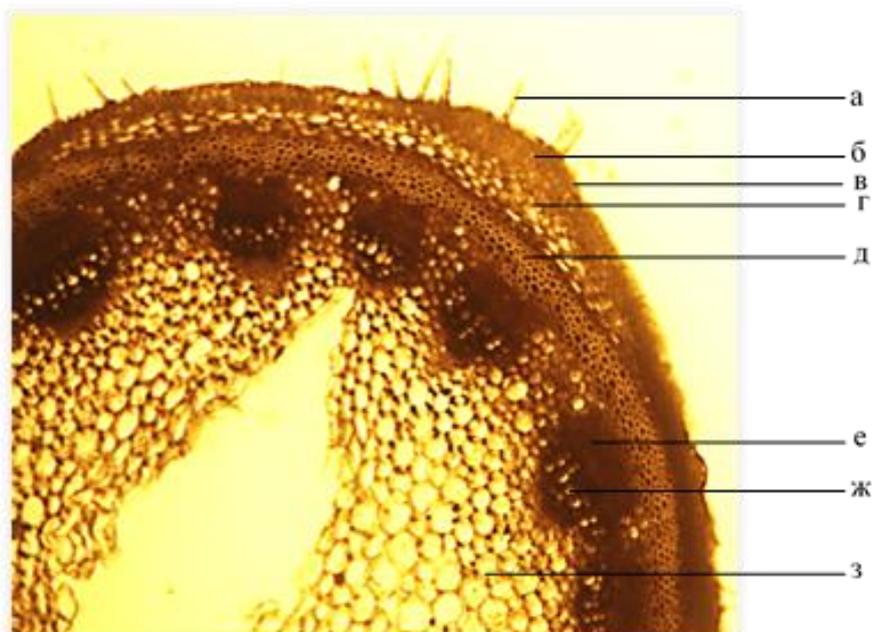


Рис. 2. Поперечный срез стебля ортотропной части побега *Geum rivale*: а – волосок; б – колленхима; в – эпидерма; г – колленхима; д – склеренхима; е – флоэма; ж – ксилема; з – сердцевинная паренхима

Таким образом, как основные адаптации *G. rivale* к условиям периодической затопляемости на клеточном и тканевом уровнях являются: содержание большого количества крахмальных зерен в сердцевинной паренхиме эпигеогенного корневища, обеспечивающее растение энергией даже в неблагоприятные периоды; большая воздухоносная полость в паренхиме вегетативно-генеративного побега обеспечивают растение запасом жизненно необхо-

димых газов сразу после схода воды и во время избыточного переувлажнения почвы; наличие колленхимы и склеренхимы в ортотропной части является адаптацией к наземным условиям и способствует поддержанию стеблем вертикального положения побега.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

1. Губанов И. А., Кисилёва К. В., Новицков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2: Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Т-во научные издания КМК, Ин-т технологических исследований, 2003. С. 373.
2. Петухова Л. В. Гравилат речной // Биол. флора Моск. обл. М.: Гриф и К, 2000. Вып. 14. С. 128–142.
3. Барыкина Р. П., Веселова Т. Д., Девятков А. Г., Джалилова Х. Х., Ильина Г. М., Чубатова Н. В. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
4. Лотова Л. И. Ботаника. Морфология и анатомия высших растений. М.: КомКнига, 2007. 512 с.

АДАПТАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИБРЕЖНОЙ ЭКОБИОМОРФЫ *SOLANUM DULCAMARA* L. НА ТКАНЕВОМ УРОВНЕ

И. А. Коновалова, Н. П. Савиных

Вятский государственный университет, S-dulcamara@yandex.ru

Познание механизмов трансформации организмов, как способов адаптации к меняющимся условиям среды, представляет собой одну из основных проблем биоморфологии и экологии в целом. Адаптивность к качественно новым условиям среды у растений проявляется в изменении как внешнего строения (габитуса), так и внутреннего. Известно, что в условиях прибрежий происходит трансформация габитуса *Solanum dulcamara* L. с образованием экобиоморф [1]. Цель данного сообщения – выявить адаптационные механизмы в анатомической структуре осевых органов, в частности стебля и корня, прибрежной экобиоморфы *S. dulcamara*. Для этого проводили серию срезов в молодых и старых участках стебля, придаточного корня и анализировали их с помощью электронного микроскопа Motic DMBA300 со встроенным видеоруляром.

Стебель *S. dulcamara* ребристый, перекрученный вокруг своей оси, желтовато-зеленоватый, снаружи покрыт однослойной эпидермой, клетки которой плотно сомкнуты между собой, имеют прямоугольную форму и мелкие многоклеточные трихомы (рис. 1А). В более старой части стебля она сдувается и заменяется перидермой (рис. 1Б).

Непосредственно под покровной тканью расположен ряд клеток хлорофиллоносной паренхимы, который на срезе имеет вид сплошного зелёного

кольца. Затем в четыре–пять рядов залегают клетки пластинчатой колленхимы с небольшим количеством хлорофилла. Ковнутри расположена паренхима коры из трёх–пяти слоёв клеток овальной формы без межклетников (рис. 1В).

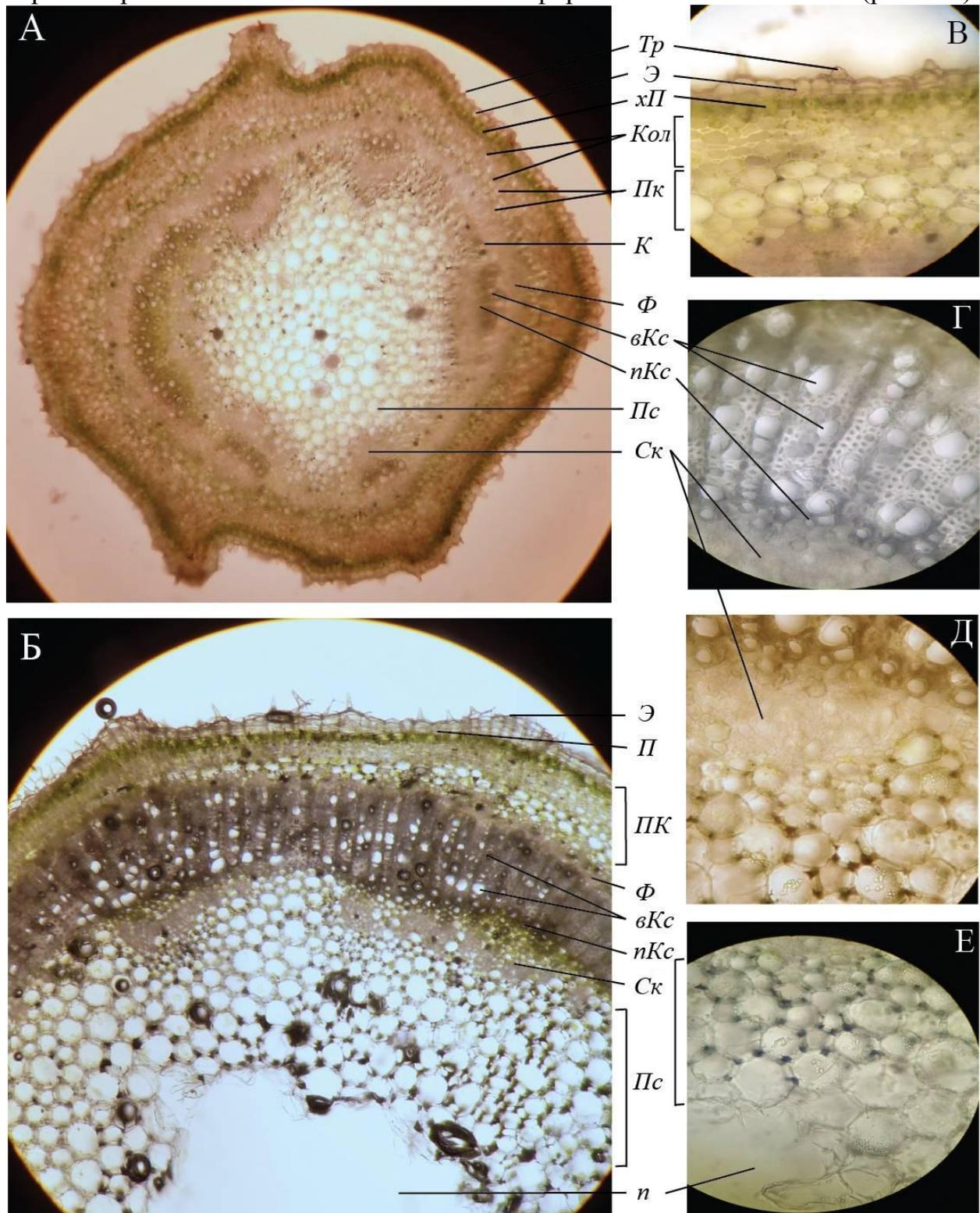


Рис. 1. Поперечный срез молодого (А) и старого (Б) участка стебля *S. dulcamara*, В – первичная кора, Г – ксилема, Д – склеренхима, Е – паренхима сердцевины и полость

Сокращения: Тр – трихомы, Э – эпидерма, П – перидерма, хП – хлорофиллоносная паренхима, ПК – первичная кора, Кол – колленхима, Пк – па-

ренхима коры, Φ – флоэма, K – камбий, nKc – первичная ксилема, $вKc$ – вторичная ксилема, $Cк$ – склеренхима, $Пс$ – паренхима сердцевины, n – полость.

Граница первичной коры и центрального цилиндра трудно различима в виду отсутствия чётко выраженной эндодермы.

У стебля взрослого растения паслёна флоэма, как и ксилема, располагается одним непрерывным слоем, что свидетельствует о его непучковом строении. На поперечном срезе стебля наблюдаем развитие сплошного кольца камбия, который в более старой части не всегда просматривается. Кнаружи развивается флоэма, которая представлена ситовидными трубками, клетками-спутницами и лубяной паренхимой. Ковнутри расположены вторичные и первичные элементы ксилемы, которые закладываются достаточно неравномерно (рис. 1А, Г).

Формирование камбием элементов ксилемы и флоэмы происходит с неодинаковой скоростью, ксилема нарастает гораздо быстрее, чем флоэма, как и у других видов цветковых растений [2]. Поэтому на срезе более старой части стебля прежде всего виден мощный слой древесины (ксилемы), гистологические элементы которого расположены правильными радиальными рядами (рис. 1Б). Это характерно для большинства древесных растений.

Под первичной ксилемой формируется склеренхимная обкладка в виде отдельно расположенных участков, наличие которой типично для прибрежно-водных растений (рис. 1Д). По-видимому, здесь она также формируется за счёт внутренних участков прокамбиальных тяжей. Оболочки отдельных клеток в перимедулярной зоне, одревесневая, отчасти заполняют пространство между клетками. Это придаёт дополнительную прочность стеблю в условиях изменения уровня воды в течение вегетационного сезона.

Сердцевину стебля паслёна слагают крупные клетки округлой формы (без межклетников), которые разрушаются с образованием полости в центре стебля (рис. 1Е).

Таким образом, стебель паслёна, как и других древесных растений, имеет непучковое строение. Дополнительная ассимилирующая функция обеспечивается субэпидермальным кольцом хлорофиллоносной паренхимы. Особенности расположения склеренхимы сближает *S. dulcamara* с другими растениями условий переменного увлажнения.

Корневая система прибрежной эковиоморфы представлена корнями двух типов. В год формирования побега развиваются зелёные стеблеродные придаточные корни длиной до 30 см в толще воды; корни второго и больших порядков ветвления незелёные, длиной до 15–20 см, развиваются весной следующего года эндогенно, обильно ветвятся. Наибольший интерес в плане анатомического строения представляют корни первого типа. На поперечном срезе корня второго года жизни наблюдаем вторичные изменения покровных тканей с образованием перидермы.

Ковнутри расположен мощный блок крупных, рыхло расположенных паренхимных клеток с большим числом хлорофилловых зёрен, которые разрушаются с образованием воздушных полостей (рис. 2А).

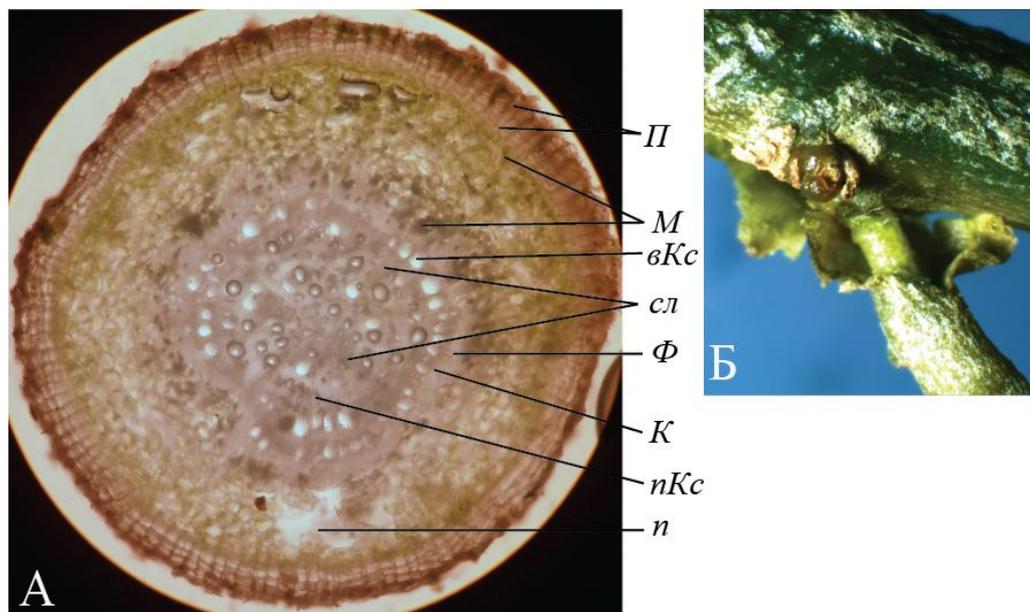


Рис. 2. Поперечный срез (А) и внешний вид с отхождением первичной коры (Б) придаточного корня *S. dulcamara*

Сокращения (см. рис. 1): *xП* – хлорофиллоносная паренхима, *сл* – сердцевинные лучи.

В центральном цилиндре чётко просматриваются четыре открытых коллатеральных проводящих пучка с хорошо выраженными сердцевинными лучами (рис. 2А). Вторичные изменения структуры корня хорошо заметны: вся флоэма – и первичная, и вторичная – отодвигается к периферии центрального цилиндра. В противоположном направлении камбий формирует участки вторичной ксилемы. У более старых корней происходит слущивание первичной коры, однако в воде этот процесс замедляется, видимо, благодаря стабильности среды (рис. 2Б).

Таким образом, адаптационными механизмами в условиях повышенного увлажнения у *S. dulcamara* можно считать развитие склеренхимной обкладки конутри от первичной ксилемы. Это создаёт дополнительную прочность стеблю на разрыв, что характерно для большинства водных и прибрежно-водных растений. У придаточных корней, расположенных в воде, размеры центрального цилиндра незначительны, большой объём занимает хлорофиллоносная паренхима, в которой образуются полости. Так придаточные корни прибрежной экобиоморфы *S. dulcamara* выполняют дополнительно функцию фотосинтеза, свободно располагаясь в водной среде. При продвижении в грунт эта функция утрачивается, корни начинают ветвиться и выполнять только функцию минерального питания. Ввиду вторичных изменений структуры происходит значительное утолщение корня.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

1. Журавлёва И. А., Савиных Н. П. Жизненная форма *Solanum dulcamara* (*Solanaceae*) в разных экологических условиях // Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология. Вып. 25. № 3. Тверь, 2012. С. 101–111.
2. Лотова Л. И. Ботаника. Морфология и анатомия высших растений. М.: «Эдиториал УРСС», 2007. 512 с.

АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТЕБЛЯ ВОДНОЙ ЭКОБИОМОРФЫ *POLYGONUM AMPHIBIUM* L.

А. Н. Полубоярцева, Н. П. Савиных, Е. В. Лелекова
Вятский государственный университет,
savva_09@mail.ru, alena.list2013@mail.ru

Внутреннее строение органов растений отражает воздействие внешней среды на организм на клеточном и тканевом уровнях. Находясь в условиях переменного обводнения, растения вырабатывают ряд адаптаций к существованию при избыточной влажности, полном затоплении во время половодья, а также достаточно сухим местам – после схода воды.

Именно в таких условиях произрастает *Polygonum amphibium* L. – горец земноводный, представленный двумя экобиоморфами: водной и наземной. Изучение адаптаций на тканевом и клеточном уровнях у подобных растений расширит представление о приспособленности организмов к условиям переменного обводнения.

Ранее мы описали анатомические особенности стебля наземной экобиоморфы этого горца [1]. Поэтому цель данного исследования – изучение анатомической структуры стебля водной экобиоморфы *P. amphibium* в сравнении с наземной.

P. amphibium – поликарпический вегетативно подвижный летнезеленый малолетник вегетативного происхождения с нормальной полной специализированной морфологической дезинтеграцией; криптофит (гидрогеофит). Растет по берегам водоемов, сырым лугам, канавам, в медленно текущих и стоячих водах, в заводях рек, озерах, прудах.

Материал для исследования собран в сентябре 2016 г. в окрестностях п. Зониха Слободского района Кировской области на дне искусственного водоема, осушаемого на осенне-зимний период. В разных участках оси (геофильных, внутриводных и надводных) монокарпических побегов лезвием делали поперечные срезы (рис. 1). Их анализ проводили с использованием микроскопа Motis BA 300 со встроенным видеоокуляром. Структуры замеряли при помощи программного обеспечения, разработанного научным сотрудником лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН,

канд. тех. наук Г. Я. Кантором. Временные препараты готовили по общепринятым методикам [2].

В анатомическом строении стеблей цветковых растений выделяют три анатомо-топографические зоны: покровная ткань, первичная кора и центральный цилиндр [3]. Стебель геофильных участков побега *P. amphibium* покрыт эпидермой (рис. 2). Ее клетки плотно сомкнуты между собой, без кутикулы, длиной до 30 мкм.

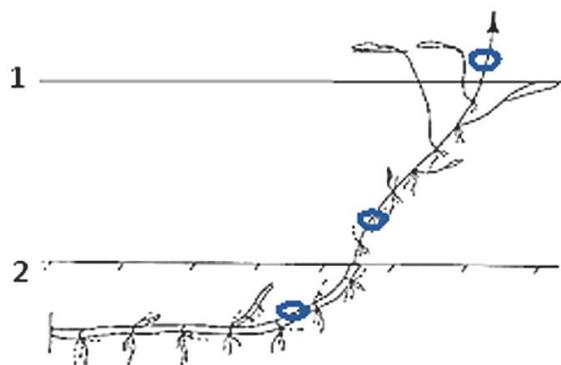


Рис. 1. Монокарпический побег *P. amphibium* (с указанием мест выполнения поперечных срезов):
1 – уровень воды; 2 – уровень грунта

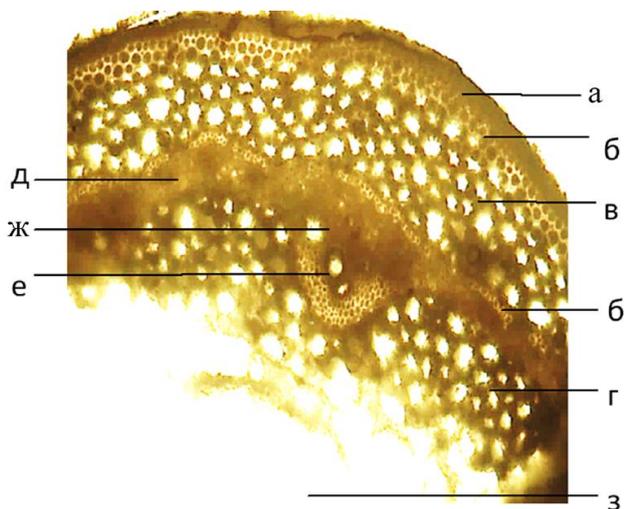


Рис. 2. Анатомическое строение оси геофильного участка побега *P. amphibium* L. (10x10): а – эпидерма; б – склеренхима; в – аэренхима; г – сердцевинная паренхима; д – добавочный коллатеральный пучок; е – ксилема; ж – флоэма; з – воздушная полость

Под покровной тканью располагается первичная кора. Она включает несколько типов тканей. Снаружи находится склеренхима. Она состоит из двух слоев клеток с сильно утолщенными клеточными стенками. В строении стебля геофильного участка побега эта ткань, дополнительно к эпидерме и при отсутствии перидермы, выполняет защитную функцию. Под ней находится толстый слой вентиляционной ткани – аэренхимы с хаотично расположенными межклетниками 10–50 мкм в диаметре. Паренхимные клетки, окружающие межклетники, округлой формы. Развитие аэренхимы в стебле – адаптация к избыточному увлажнению в отдельные периоды вегетационного сезона и во время повышения уровня воды в водоеме. Она свойственна для большинства водных и прибрежно-водных трав; служит источником газов, необходимых для жизни растения.

Стебель геофильного участка побега имеет строение переходного типа. Все пучки связаны полоской мелких клеток с более темным содержимым, где располагается межпучковый камбий. Из него дифференцируются новые проводящие пучки, находящиеся между более крупными проводящими пучками.

Последние располагаются по кругу, сосудисто-волокнистые, коллатеральные, открытые, округло-овальной формы, в среднем 280 мкм длиной. От стеблей других растений их отличает наличие склеренхимных участков как с периферии, так и изнутри. Наружная склеренхима пучка имеет перициклическое происхождение, как и склеренхима сердцевинных лучей, и образует слегка прерывающееся кольцо по периферии центрального цилиндра. Заложение склеренхимы конутри проводящего пучка происходит, вероятно, на первичных этапах дифференциации прокамбия. Такое часто встречается у тыквы [3], а также у водных и прибрежно-водных трав (статья Коноваловой И. А., Савиных Н. П. в этом сборнике).

Эта особенность анатомического строения сближает водную экобиоморфу с наземной. Проводящие ткани пучка – флоэма и ксилема. Последняя включает трахеальные элементы и клетки паренхимы. Флоэма состоит из ситовидных трубок с простыми ситовидными полями, клеток спутниц и лубяной паренхимы.

Ковнутри от кольца проводящих пучков находится сердцевинная паренхима. Клетки ее округлые, расположены рыхло, с диаметром не более 50 мкм. Центральную часть стебля занимает воздухоносная полость.

Таким образом, отличительными особенностями строения стебля геофильных участков побега водной экобиоморфы *P. amphibium* является наличие склеренхимы в составе первичной коры и двух различных по происхождению ее участков: над перициклической флоэмой и под прокамбиальной ксилемой. Адаптация к условиям переменного обводнения – наличие значительного слоя аэренхимы в составе первичной коры.

У расположенных в воде участков побега покровная ткань также представлена эпидермой (рис. 3). Размеры ее клеток меньше по сравнению с таковыми у геофильных участков (10–20 мкм). Первичная кора находится под покровной тканью. Склеренхима субэпидермального слоя включает также два слоя клеток. Под ней расположена аэренхима, слой которой значительно толще таковой у геофильного участка из-за более крупных межклетников (20–60 мкм). Именно она уменьшает вес гидрофитов, помогая им удерживаться в толще воды. В стебле внутриводных участков начинает формироваться непучковый камбий и отдельные фрагменты добавочных проводящих пучков. Перициклический слой склеренхимы слабо или вовсе не выражен, как и внутренний склеренхимы в пучках. Такое развитие, по-видимому, связано с высокой плотностью воды.

Сосудисто-волокнистые пучки открытые коллатеральные; располагаются по кругу, меньших размеров (до 260 мкм длиной). Из-за меньшего возраста стебля, флоэма представлена тонкостенными ситовидными элементами и сопровождающими клетками. Ксилема включает трахеальные элементы и паренхимные клетки. Диаметр ее сосудов 20–50 мкм. Характерно наличие крупной воздухоносной полости в центральной части стебля и некрупных межклетников в сердцевинной паренхиме.

Таким образом, в средней части внутриводного участка побега начинается заложение стебля переходного типа с образованием добавочных проводящих пучков; из механических тканей представлена склеренхима субэпидермального слоя и крупные межклетники в паренхиме, а также крупная воздухоносная полость, занимающая практически весь объем стебля.

Анатомическое строение стебля *P. amphibium* в верхней части (надводной) идентично по анатомо-топографическим зонам выше описанных структур. Покровная ткань также представлена эпидермой (рис. 4). Ее клетки покрыты хорошо развитой кутикулой. Механической ткани в составе первичной коры нет, но она присутствует по периметру центрального цилиндра. Межклетники аэренхимы меньше по сравнению с таковыми у геофильного участка (10–30 мкм). Стебель пучкового строения; пучки открытые коллатеральные.

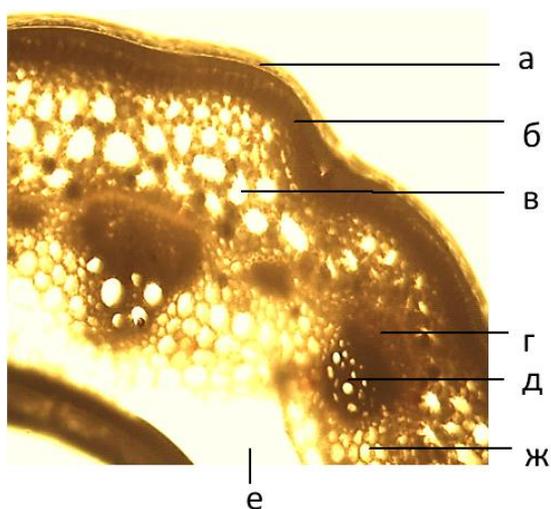


Рис. 3. Анатомическое строение средней части стебля внутриводного участка побега *P. amphibium* (10x10): а – эпидерма; б – склеренхима; в – аэренхима; г – флоэма; д – ксилема; е – воздухоносная полость; ж – паренхима

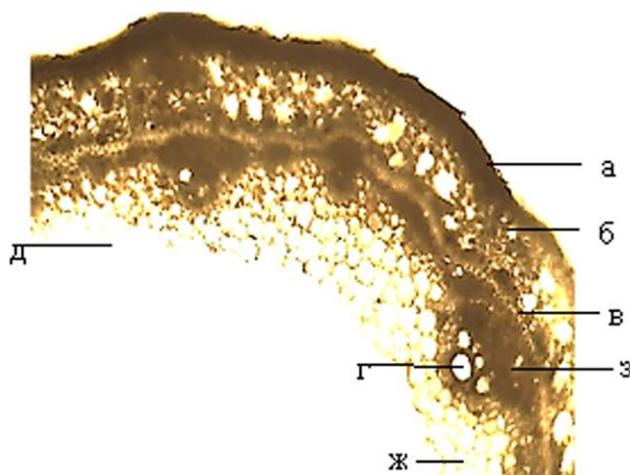


Рис. 4. Анатомическое строение верхней части надводного участка побега *P. amphibium* (10x10): а – эпидерма; б – аэренхима; в – склеренхима; г – ксилема; д – воздухоносная полость; ж – сердцевинная паренхима; з – флоэма

В них нет внутренних участков склеренхимы. Флоэма представлена ситовидными трубками и клетками-спутницами. Диаметр сосудов ксилемы соответствует размерам клеток внутриводного участка (20–40 мкм). Сердцевинная паренхима располагается конутри от проводящих элементов. Характерно наличие воздухоносной полости.

Таким образом, в верхней части надводного участка побега присутствует хорошо развитая кутикула на эпидерме, пучковый тип строения стебля. Все это приближает строение побега *P. amphibium* к строению стеблей трав мезофитов.

Исходя из вышеизложенного, очевидно, что для побегов *P. amphibium* характерен переходный тип строения стебля. При этом, в более молодой надводной и внутриводной части уже формируются дополнительные проводящие пучки. В более старой части стебля появляются сплошные участки проводящих элементов ксилемы и флоэмы, что характерно для непучкового строения.

Во внутреннем строении стебля морфологически различных участков целостного монокарпического побега *P. amphibium* выделяется ряд особенностей, отражающих приспособленность особей данного вида к условиям переменного обводнения. Во всех изученных участках развита аэренхима, содержащая жизненно необходимые в водных условиях газы. Склеренхима обеспечивает вертикальное положение побегов в пространстве и закрепление особей в субстрате, препятствуя вымыванию их потоками воды. Она наиболее развита в геофильных участках побегов, менее всего – во внутриводных участках (из-за выталкивающей силы воды и ее большой плотности). В надводных участках склеренхима обеспечивает вертикальное положение осей в воздушной среде. Все это является ответной реакцией организма на действие окружающей среды: генетически обусловленная возможность заложения механических тканей регламентирует степень ее выраженности во внутриводной, внутриводной и надводной средах, где располагается побег *P. amphibium*. Крупная центральная воздухоносная полость, размеры которой увеличиваются от геофильного участка до верхушки побега, снабжает растение, с одной стороны, необходимыми газами, а с другой – обуславливает положение побега в пространстве из-за расположения всех тканей по периферии органов. Все это обеспечивает существование данного вида в местах, разных по степени увлажнения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

1. Савиных Н. П., Полубоярцева А. Н. Анатомическое строение стеблей наземной экобиоморфы горца земноводного // Экология родного края: проблемы и пути решения. Материалы Всерос. науч. практ. конф. (г. Киров, 13–14 апреля 2017 г.). Киров, 2017. С. 125–130.
2. Барыкина Р. П. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
3. Лотова Л. И. Ботаника. Морфология и анатомия высших растений. М.: «Эдиториал УРСС», 2007. 512 с.

РОСТОВЫЕ РЕАКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Э. Ш. Шаркаева, С. В. Апарин

Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева, elsharkaeva@yandex.ru

Загрязнение городской среды приводит к неблагоприятным изменениям экологических условий и ухудшению параметров обитания живых организмов. Городская среда представляет собой систему, аккумулирующую вредные вещества [1]. Создание благоприятной экологической среды в городах является важной проблемой современности. Зеленые насаждения способствуют оздоровлению урбанизированных территорий и поддерживают в них благоприятную экологическую обстановку [2]. Однако древесные растения чаще всего не выдерживают существующей техногенной нагрузки, может происходить ухудшение их состояния, ослабление и гибель [3]. В условиях урбанизированной среды трансформации подвержены в первую очередь физиологические процессы и, как следствие, морфоструктура растений [4, 5].

В связи с этим необходимы исследования состояния городских древесных растений, что позволяет выявить пути и средства минимизации негативного воздействия урбоэкосистемы. В нашей работе изучали влияние условий городской среды на рост древесных растений.

Объектами исследования являлись липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), береза повислая (*Betula pendula* Ehrh.) и клен остролистный (*Acer platanoides* L.), часто используемые в озеленении города.

Для исследования были выбраны пробные площадки на следующих участках:

1. Северная промзона – зона 1.
2. Химмаш – зона 2.
3. Центр (автомагистраль по улице Пролетарская) – зона 3.
4. Лямбирский район (Совхоз Коммунар) – загородная зона.

При отборе опытных участков учитывали состояние загрязнения и интенсивность движения автотранспорта. Северная, Центральная зоны и Химмаш (зоны 1, 2, 3) являются зонами интенсивного загрязнения атмосферного воздуха [6]. Контрольные деревья произрастали на фоновых участках, расположенных в 20 километровой зоне от городской черты.

У исследуемых растений изучали динамику ростовых параметров – площадь листьев, показатели годичных побегов (длина и масса), накопление сырой и сухой массы листьев [7]. Для этого было выбрано по 3 растения изучаемых видов, с каждого срезали по 10 листьев. Образцы отбирали на нижних ветках взрослых деревьев с указанием места сбора и вида. Так же с исследуемых видов растений срезали по 10 побегов одного возраста первого яруса для определения длины годичных побегов и их массы, сырой и сухой массы листьев.

Определения площади листовой поверхности показали уменьшение значений данного показателя у растений, произрастающих в условиях города, по сравнению с загородной зоной (табл. 1).

Минимальная площадь листьев отмечена у древесных растений, произрастающих в промышленной зоне. Так, у растений клена остролистного и березы повислой, произрастающих в зоне 1, площадь листьев уменьшилась примерно в 1,5 раза, у липы сердцевидной – на 60% относительно контрольных растений.

Таблица 1

Площадь листьев растений в различных функциональных зонах г. Саранск

Опытная зона	Площадь листьев, см ²		
	Береза повислая	Липа сердцевидная	Клен остролистный
Загородная зона	21,1±1,2	49,9±2,6	76,4±3,2
Зона 1	14,2±1,0	29,9±2,4	43,8±2,4
Зона 2	17,2±1,6	39,6±2,0	59,5±3,1
Зона 3	15,7±1,3	35,9±2,3	51,3±2,3

Исследование ростовых показателей годичных побегов растений показало, что они изменялись в зависимости от условий произрастания (табл. 2).

Таблица 2

Морфометрические характеристики прироста годичных побегов древесных растений в различных зонах г. Саранск

Опытная зона	Береза повислая		Липа сердцевидная		Клен остролистный	
	Длина, см	Масса, г	Длина, см	Масса, г	Длина, см	Масса, г
Загородная зона	27,50±1,12	7,65±0,40	34,03±1,10	13,56±0,78	16,71±0,72	19,33±0,85
Зона 1	19,72±1,30	5,34±0,40	26,64±0,92	10,56±0,89	12,03±0,85	13,88±0,81
Зона 2	22,06±1,12	6,01±0,75	29,52±1,51	11,12±0,73	14,54±1,23	16,44±0,79
Зона 3	24,62±0,54	7,14±0,66	31,25±1,32	10,82±0,85	13,74±1,51	15,64±1,14

Максимальную длину и массу имели побеги растений, растущих на пробных площадках в загородной зоне. В зонах с интенсивной техногенной нагрузкой морфометрические показатели годичных побегов у исследуемых растений были снижены. Наибольшее отрицательное воздействие урбоэкосистемы на растения отмечено в функциональной зоне 1. Так, на пробных площадках этой зоны у березы и клена длина и масса побегов уменьшалась примерно на 30%, у липы – на 20% относительно контрольных растений (загородная зона).

Изменение накопления биомассы отражает ассимиляционную деятельность растений. Исследование показало, что в условиях урбанизированной среды наблюдали уменьшение накопления биомассы в листьях исследуемых растений. У растений, произрастающих на пробных площадках загородной зоны, отмечен самый высокий прирост биомассы (табл. 3).

**Сырая и сухая масса листьев растений, произрастающих
в различных функциональных зонах г. Саранск, мг**

Опытная зона	Береза повислая	Липа сердцевидная	Клен остролистный
Загородная зона	$33,15 \pm 0,03$	$33,05 \pm 0,11$	$34,18 \pm 0,03$
	$25,07 \pm 0,04$	$26,12 \pm 0,04$	$26,73 \pm 0,05$
Зона 1	$28,34 \pm 0,05$	$30,45 \pm 0,05$	$29,07 \pm 0,03$
	$20,13 \pm 0,04$	$22,62 \pm 0,02$	$20,82 \pm 0,04$
Зона 2	$30,02 \pm 0,05$	$31,39 \pm 0,03$	$30,26 \pm 0,07$
	$23,67 \pm 0,04$	$24,08 \pm 0,06$	$22,18 \pm 0,04$
Зона 3	$29,28 \pm 0,04$	$31,34 \pm 0,03$	$31,75 \pm 0,03$
	$22,43 \pm 0,07$	$23,53 \pm 0,08$	$22,67 \pm 0,12$

Примечание: в числителе – сырая масса, в знаменателе – сухая масса.

Для растений березы и клена, растущих на пробных площадках Северной промышленной зоны, сырая масса уменьшалась примерно на 15%, сухая масса – на 20% по сравнению с контролем. У липы сердцевидной эти показатели снижались соответственно на 10% и 14%. В функциональных зонах 2 и 3 наблюдали менее выраженное уменьшение накопления биомассы листьев исследуемых растений, чем в зоне 1.

Таким образом, изменение ростовых параметров указывает на негативное влияние условий городской среды, что в конечном итоге ведет к снижению интенсивности обмена веществ и продуктивности растений.

Литература

1. Алябышева Е. Н., Сарбаева Е. В., Копылова Т. И., Воскресенская О. Л. Промышленная экология. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2010. 140 с.
2. Авдеева Е. В. Рост и индикаторная роль древесных растений в урбанизированной среде. Красноярск: СибГТУ, 2007. 361 с.
3. Рунова Е. М., Алпатов Ю. Н., Гаврилин И. И. Некоторые особенности накопления загрязняющих веществ древесными насаждениями в урбоэкосистеме г. Братска // Системы Методы Технологии. 2011. № 2(10). С. 144–148.
4. Бухарина И. Л., Двоглазова А. А. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях: монография. Ижевск: Удмуртский ун-т, 2010. 184 с.
5. Шаркаева Э. Ш., Лукаткин А. С. Влияние урбанизированной среды на морфологические показатели и содержание хлорофилла в хвое сосны обыкновенной // Проблемы озеленения крупных городов. XVII Междунар. науч.-практ. конф. М.: ВДНХ, 2016. С. 137–139.
6. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Республике Мордовия в 2014 году / Министерство лесного, охотничьего хозяйства и природопользования Республики Мордовия; редкол.: В. Т. Шумкин, В. М. Максимкин, А. Н. Макейчев [и др.]. Саранск, 2015. 196 с.
7. Практикум по общей и экологической физиологии растений / А. С. Лукаткин, О. А. Зауралов, Е. В. Мокшин [и др.]; под общ.ред. А. С. Лукаткина. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. 30 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ У РАСТЕНИЙ ПРИ РАЗНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ БИОТОПА

И. В. Выродов

*Российский государственный аграрный заочный университет,
vyrodov86@mail.ru*

Последние 200 лет деятельность человека на экосистемы Земли существенно возросла, что связано с ростом городов и численности населения, увеличением количества промышленных объектов. Это сопряжено с интенсификацией использования природных ресурсов и соответственно с загрязнением природной среды. В результате происходит деградация экосистем, вымирание растений и животных и, как следствие, разрушение пищевых связей в экосистемах. К специфическим формам загрязнений относятся тяжелые металлы (ТМ).

Основным источником загрязнения свинца на урбанизированных территориях является автотранспорт. Свинец в виде тетраэтилсвинца входит в состав этиловой жидкости, используемой в качестве антидетонатора. В 1 л бензина высших сортов содержится 0,4 г свинца, из которого 0,3 г попадает в воздух с выхлопными газами. Ежедневное выделение свинца при интенсивном движении составляет 500–750 г/км [1].

Свинец и кадмий, обладающие высокой токсичностью, накапливаясь в почве и растительности, распространяясь по трофическим цепям, представляют угрозу жизни пчелам и другим животным [2–4].

Целью нашей работы явилось изучение методом атомно-абсорбционной спектроскопии накопления ТМ медоносными растениями. При этом изучали эффективность биологических барьеров, предотвращающих проникновение и поступление в клетки и ткани растений ТМ.

В работе проанализировано накопление ТМ вегетативными и генеративными органами одуванчика лекарственного и ветреницы лютичной, произрастающих на разном расстоянии от автомагистрали Москва – Н. Новгород.

Отбор проб растений проводился на расстоянии 5 м от автомагистрали и 1500 м весной в период их цветения. Вегетативные органы и генеративные органы растений высушивали при 100 °С в сушильном шкафу. Затем пробы минерализовали в герметических емкостях УВЧ прибора. ТМ анализировали методом атомно-абсорбционной спектроскопии прибором «ZETA КВАНТ» фирмы Кортек.

Установлено, что содержание ТМ в вегетативных и генеративных органах сильно различалось. Наибольшее содержание ТМ обнаружено в образцах почв и корнях растений вблизи автомагистрали. В 5 м от дороги корни одуванчика накапливали свинца кадмия в 2 раза больше (табл. 1), чем ветреница (табл. 2). По мере удаления от автомагистрали накопление ТМ растениями уменьшается.

Таблица 1

**ТМ в вегетативных и генеративных органах одуванчика лекарственного
(*Taraxacum officinale* L.)**

Объекты	Элементы, мг/кг	
	Pb	Cd
Расстояние от автомагистрали 5–10 м		
Почва	33,0±0,06	0,13 ±0,02
Корень	13,7±1,85	0,40±0,04
Стебель	15,6±2,55	0,18±0,02
Лист	48,9±0,01	0,02±0,004
Цветок	78,9 ±0,11	0,09±0,02
Расстояние от автомагистрали 1300–1500 м		
Почва	18,2±0,03	0,11±0,01±
Корень	10,3±0,01	0,09±0,01
Стебель	4,31±1,6	2,7±0,11
Лист	2,8902±0,40	9,0871±3,5
Цветок	37,6±0,05	0,03 ±0,005

Подобно этому, но на разную величину, уменьшалось содержание свинца в одуванчике при переходе от почв к вегетативным органам: в стебле его доля в 2 раза меньше, чем в корне, а в листе свинца в 3 раза больше, что, вероятно, связано с близостью автомагистрали. Содержание свинца в растениях на удалении от магистрали заметно снижалось, хотя цветки одуванчика свинца накапливали в 2 раза больше, чем почва и корни.

Таблица 2

**ТМ в вегетативных и генеративных органах ветреницы лютичной
(*Anemone ranunculoides* L.)**

Объекты	Элементы, мг/кг	
	Pb	Cd
Расстояние от автомагистрали 5–10 м		
Почва	43,9±0,06	0,24±0,03
Корень	8,49±0,04	0,06±0,01
Стебель	4,36±0,01	0,18±0,03
Лист	7,22±0,01	0,06±0,008
Цветок	8,59±0,004	0,34±0,06
Расстояние от автомагистрали 1300–1500 м		
Почва	36,2±0,06	0,17±0,01
Корень	3,66±0,01	0,22±0,04
Стебель	4,75±0,01	0,57±0,05
Лист	4,39±0,01	0,09±0,02
Цветок	5,68±0,02	0,50±0,07

Количество свинца, преодолевающего биологические барьеры и переходящего из почвы в цветки, существенно различалось у травянистых растений. Наименьшим коэффициентом биологического поглощения (КБП) отличался свинец у цветков ветреницы, произрастающих у автомагистрали, со-

ставляя в среднем 0,05 у автомагистрали и 0,02 – на расстоянии около 1 км от нее. У одуванчика в таких условиях КБП свинца составлял 2,36 и 2,05.

От корней к генеративным органам биологические барьеры в наибольшей мере препятствуют миграции свинца, на что указывают его самые низкие КБП у изучаемых медоносных растений.

Следовательно, на границе корневой и побеговой систем растений имеются клеточные, тканевые механизмы, являющиеся барьерами на пути проникновения ТМ и регулирующие их поступление в генеративные органы.

Литература

1. Елшин И. М. Строителю об охране окружающей природной среды. М.: Стройиздат, 1986. С.16.
2. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва–растения. Новосибирск: Наука, 1991. 191 с.
3. Еськов Е. Е., Еськова М. Д. Накопление свинца и кадмия в разных органах растений в зависимости от удаленности от автомагистрали // Агрехимия. 2013. № 5. С. 91–95.
4. Еськов Е. К., Выродов И. В. Накопление тяжелых металлов в вегетативных органах, нектаре и пыльце клена в условиях урбанизированной территории // Агрехимия. 2015. № 10. С. 71–74.

СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЯХ РАСТЕНИЙ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП НА ТЕРРИТОРИИ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «ЯСНАЯ ПОЛЯНА»

В. Д. Потапова, Е. М. Волкова

Тульский государственный университет, chem@tsu.tula.ru

Одним из важных показателей, влияющих на рост и продуктивность растений, а также на их участие в формировании структуры сообществ, является фотосинтетическая активность. Для характеристики этого параметра использовали содержание фотосинтетических пигментов – хлорофилла-а, хлорофилла-в и каротиноидов.

Объектом исследования являлись растения, произрастающие в разных экосистемах и растительных сообществах (лесные, луговые, болотные – табл. 1) на территории музея-заповедника «Ясная Поляна». Данная территория располагается в зоне широколиственных лесов и характеризуется представленностью как зональных, так и аazonальных экосистем. В составе экосистем произрастают редкие и охраняемые растения региона [1].

Характеристика модельных растений и условий их произрастания

Экосистемы / растительные сообщества		
Мелколиственные и хвойно-широколиственные посадки	Луга	Болота
Любка двулистная (<i>Platanthera bifolia</i>) / березняк злаково-манжетково-гравилатовый	Купальница европейская (<i>Trollius europaeus</i>) / пойменный луг р. Воронка, гераниево-васильковое сообщество	Очеретник белый (<i>Rhynchospora alba</i>), клюква болотная (<i>Oxycoccus palustris</i>), болотный мирт обыкновенный (<i>Chamaedaphne calyculata</i>) / осоково-очеретниково-сфагновые сообщества на болотах Кочаки-1 и Кочаки-2
Печеночница благородная (<i>Hepatica nobilis</i>) / еловолиственная посадка с доминированием сныти огородной, пролесника многолетнего, медуницы неясной	Пальчатокоренник мясокрасный (<i>Dactylorhiza incarnata</i>) / склон водораздела, осоково-рогозовое и рогозово-камышовое сообщество по берегу пруда	

Для определения содержания пигментов были отобраны образцы листьев модельных растений в середине вегетационного сезона 2017 г. Материал хранили при температуре +3+6 °С не менее суток. В лабораторных условиях из растительного материала отбирали среднюю пробу для получения навески 0,1 г. Полученную навеску растирали в ступке с добавлением 25 мл 95% этилового спирта и фильтровали вытяжку через обеззоленный фильтр. В полученной спиртовой вытяжке измеряли оптическую плотность на спектрофотометре СФ-104 при длинах волн 665 нм (хлорофилл-*a*), 649 нм (хлорофилл-*b*) и 470 нм (каротиноиды). Расчет содержания хлорофилла-*a*, хлорофилла-*b* и каротиноидов проводили по формулам Лихтенталлера [2]:

$$C_a = 13,95 \times A_{665} - 6,88 \times A_{649};$$

$$C_b = 24,96 \times A_{649} - 7,32 \times A_{665};$$

$$C_k = \frac{(1000 \times A_{470} - 2,05 \times A_{665} - 114,8 \times A_{649})}{245},$$

где C_a – содержание хлорофилла-*a*;

C_b – содержание хлорофилла-*b*;

C_k – содержание каротиноидов;

A_{665} , A_{649} , A_{470} – оптическая плотность при длинах волн 665, 649 и 470 нм.

Содержание фотосинтетических пигментов специфично для листьев каждого вида растений и существенно изменяется в зависимости от освещения, минерального питания, возраста листьев и других внешних и внутренних условий.

**Содержание фотосинтетических пигментов в листьях
модельных растений**

Вид	C_a (мг/л)	C_b (мг/л)	C_k (мг/л)
Любка двулистная	1,54	0,56	0,62
Печеночница благородная	2,04	0,76	0,71
Купальница европейская	2,04	0,58	0,86
Пальчатокоренник мясо-красный	1,20	0,48	0,53
Очеретник белый (популяция болота 1)	0,95	0,27	0,38
Очеретник белый (популяция болота 2)	0,51	0,42	0,23
Клюква болотная (популяция болота 1)	2,40	0,81	0,88
Клюква болотная (популяция болота 2)	0,98	0,34	0,35
Болотный мирт обыкновенный (популяция болота 1)	2,54	0,79	0,95
Болотный мирт обыкновенный (популяция болота 2)	1,33	0,33	0,47

Полученные результаты свидетельствуют о том, что максимальные показатели свойственны многолетним листьям клюквы и болотного мирта, произрастающим на болоте Кочаки-1 (табл. 2). Следует отметить, что популяции указанных видов характеризуются более высокой жизненностью на данном болоте. Более низкие значения у растений на болоте Кочаки-2 обусловлены интенсивной антропогенной нагрузкой.

Среди лесных растений высокое содержание пигментов отмечено у печеночницы благородной, произрастающей в условиях наиболее высокого затенения посадки с участием ели. Из луговых растений максимальная фотосинтетическая активность отмечена у купальницы европейской. Снижение значений фотосинтетической активности у пальчатокоренника обусловлено условиями произрастания, а именно – более высокой влажностью биотопа.

Таким образом, содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений является важным индикатором, отражающим особенности экологических условий (освещенность, влажность), а также состояние ценопопуляций.

Литература

1. Красная книга Тул. обл: раст. и грибы: официальное издание / Администрация Тул. обл; Департамент Тул. Обл. по экологии и природным ресурсам; центр охраны дикой природы; под ред. А. В. Щербакова. Тула: Гриф и К, 2010. 393 с.
2. Lichtenthaler Н. К. Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes / Н. К. Lichtenthaler // J. Met. Enzym. 1987. Vol. 148. P. 350–382.

ХЛОРОФИЛЛЬНЫЕ МУТАЦИИ ЯЧМЕНЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ ФУНГИЦИДАМИ, ПРИМЕНЯЕМЫМИ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ

Г. П. Дудин, М. В. Черемисинов, А. В. Помелов
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
cheremisinov.mv@yandex.ru

Защита сельскохозяйственных растений, основанная сначала на практических наблюдениях, практикуется примерно с 1880 года. Тогда применяли только неорганические соединения мышьяка, фтора, селена, таллия, бора, сурьмы и меди. Использовали также неорганические природные вещества, такие как криолит и серу [1].

В настоящее время применяются химические системные протравители, фунгициды в период вегетации, которые обладают широким спектром действия, длительно защищающие семена и растения от инфекции.

Проведенные исследования на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА показали, что многие протравители семян и микробиологические препараты обладают мутагенным действием.

Имеются отдельные работы кафедры, в которых показано, что такие протравители семян как винцит, колфуго-супер, агат-25 К, фиторегулятор роста эпин способны вызывать нарушения в генетическом аппарате клетки [2, 3, 4, 5].

Цель работы: изучить мутагенное действие фунгицидов, применяемых в период вегетации на яровом ячмене.

В связи с этим были поставлены следующие задачи:

- выявить хлорофилльные мутации во втором поколении у растений ячменя;
- определить частоту и спектр хлорофилльных мутаций у растений ячменя.

Для проведения опыта были выбраны препараты: амистар-экстра, фалькон, колосаль, широко применяемые для защиты растений в период вегетации от грибных болезней. Их объединяет то, что в состав входят химические вещества из одной группы – стробилурины.

Посевы ячменя нулевого поколения сорта Биос-1 обрабатывали препаратами в фазу кущения с расходом рабочей жидкости 300 литров на гектар (30 мл рабочего раствора на 1 м²).

В первом поколении в каждом варианте высевали по 500 семян, полученных из нулевого поколения (125 зерен на делянку при 4-х кратной повторности). Посев проводили вручную, расстояние между рядками 15 см, между семенами в рядке 4 см, площадь делянки 1 м².

Особенностью действия фунгицидов и синтетических регуляторов роста является четко выраженная зависимость их кластогенной активности от концентрации. Для проявления кластогенного действия вещества необходимо

создание в клетке его критической концентрации. Пороговая концентрация кластогенного действия химических мутагенов такая, ниже которой не регистрируется эффект. Важным моментом является соотношение пороговой и физиологической концентрации. Поэтому важно проследить является ли рекомендованная (физиологическая) норма расхода препарата больше, чем пороговая доза кластогенного действия. В связи с этим были выбраны концентрации в 10 раз меньше и в 5 раз больше рекомендованных.

По данным кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА микробиологический препарат агат-25К 40 г/т, фенорам-супер 2 л/т вызывал в Мз как хлорофилльные, так и морфофизиологические изменения у растений ячменя сорта Биос-1 [6].

Для изучения фунгицидов амистар-экстра, фалькон и колосаль, схема опыта включала следующие варианты: контроль (опрыскивание водой 300 л/га); амистар-экстра 0,1 л/га; амистар-экстра 1 л/га; амистар-экстра 5 л/га; фалькон 0,06 л/га; фалькон 0,6 л/га; фалькон 3 л/га; колосаль 0,1 л/га; колосаль 1 л/га; колосаль 5 л/га.

В первом поколении проводили учет полевой всхожести семян, пораженности растений, выживаемости растений и динамику их развития в течение вегетации.

После уборки у растений анализировали элементы структуры продуктивности (общая и продуктивная кустистость, длина стебля и колоса, количество колосков и зерен в колосе, масса зерна с главного колоса).

Во втором поколении посемейно высевали семена с главного колоса растений первого поколения. На протяжении всего периода вегетации велась работа по отбору изменённых растений по признакам, отличающимся от исходного сорта контроля. Выделяли семьи с хлорофилльными мутациями, которые являются своеобразным тестом оценки генетического действия мутантных факторов. Типы хлорофилльных мутаций определяли по классификатору. Растения с изменениями этикетировали и убирали отдельно.

Во втором поколении проводили группировку выделенных растений по изменённым признакам, определяли частоту изменений ячменя как отношение количества семей с отклонениями к общему количеству проанализированных в варианте семей.

Данные, полученные в опыте, варианты, которые связаны с количеством повторений, обрабатывали с помощью дисперсионного анализа для однофакторных экспериментов. По критерию Фишера устанавливали наличие вариантов, существенно отличающихся от относительных, а критерий наименьшей существенной разницы показывал предельную ошибку разницы двух выборочных средних.

Во втором поколении проводили отбор изменённых растений и семей по признакам, отличающим их от исходного сорта-контроля.

Хлорофилльные мутации позволяют судить о наследственных изменениях растений уже во втором поколении, в то время как по другим видимым

изменениям говорить о мутагенном действии факторов можно лишь в третьем поколении.

Во втором поколении хлорофилльные мутации были выделены во всех вариантах опыта, кроме контроля (табл.).

Таблица

Частота хлорофилльных мутаций ячменя во втором поколении

Вариант	Число семей		
	проанализировано	с хлорофилльными мутациями	частота хлорофилльных мутаций, %
1. Контроль (опрыскивание водой 300 л/га)	181	–	–
2. Амистар-экстра 0,1 л/га	212	5	2,3±1,03
3. Амистар-экстра 1 л/га	204	7	3,4±1,27**
4. Амистар-экстра 5 л/га	177	–	–
5. Фалькон 0,06 л/га	176	4	2,3±1,1
6. Фалькон 0,6 л/га	141	2	1,4±0,9
7. Фалькон 3 л/га	180	3	1,6±0,9
8. Колосаль 0,1 л/га	174	–	–
9. Колосаль 1 л/га	181	5	2,7±1,2*
10. Колосаль 5 л/га	127	2	1,6±1,1

Примечание: * – различия достоверны ($P < 0,05$) по сравнению с контролем, ** – различия достоверны ($P < 0,01$) по сравнению с контролем.

Максимальная частота мутаций установлена в вариантах: амистар-экстра 1 л/га – 3,4%; колосаль 1 л/га – 2,7%. В остальных изучаемых вариантах этот показатель колеблется от 1,4 – фалькон 0,6 л/г до 2,3 – амистар-экстра 0,1 л/га, фалькон 0,06 л/га.

При изменении нормы расхода препарата амистар-экстра с 0,1 л/га до 1 л/га отслеживается резкое увеличение абсолютного выхода семей с хлорофилльными изменениями с 2,3 до 3,4%.

В спектре хлорофилльных нарушений отмечены мутации типа: *albina* – белые растения; *claroviridis* – светло-зеленые; *xantoviridis* – пластинка зеленая, верхушка желтая; *viridoalboterminalis* – первые листья зеленые, начиная со второго или третьего – белые. Максимальное проявление хлорофилльных мутаций наблюдалось в 3 варианте – амистар-экстра 1 л/га. Хлорофилльные нарушения одного вида – *claroviridis* выделены в вариантах: амистар-экстра 0,1 л/га – 5 семей; амистар-экстра 1 л/га – 7 семей; фалькон 0,6 л/г – 2 семьи; колосаль 5 л/га – 2 семьи. В 5 варианте – фалькон 0,06 л/га – 4 семьи с хлорофилльными мутациями 3 типов: 1 – *xantoviridis*, 2 – *albina*, 1 – *claroviridis*. В варианте фалькон 3 л/га 3 семьи и 2 вида хлорофилльных мутаций: 1 – *viridoalboterminalis*, 2 – *claroviridis*. При обработке препаратом колосаль 1 л/га 5 семей и 2 вида хлорофилльных мутаций: 1 – *albina*, 4 – *claroviridis*.

Таким образом, хлорофилльные мутации служат лишь первой ступенью к изучению действия мутагена и дают лишь предварительную характеристику.

Литература

1. Куринный А. И., Пилинская М. А. Исследование пестицидов как мутагенов внешней среды. Киев: Наукова Думка, 1976. 114 с.
2. Дудин Г. П., Лысиков В. Н. Индуцированный мутагенез и использование его в селекции растений: Монография. Киров: Вятская ГСХА, 2009. 208 с.
3. Помелов А. В. Эффективность протравителей семян яровых зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2009. № 5. С. 21–26.
4. Черемисинов М. В., Помелов А. В., Дудин Г. П. Влияние химических и биологических препаратов на рост и развитие растений ячменя в М1 // Наука нового века – знания молодых: Тезисы докладов 2-ой науч. конф. аспирантов и соискателей. 2002. С. 34–36.
5. Черемисинов М. В., Помелов А. В. Выявление мутагенного эффекта фунгицидов при обработке семян ячменя методом протравливания // Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2016. С. 324–328.
6. Дудин Г. П., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Емелев С. А. Оценка мутагенной активности химических факторов на яровом ячмене // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 6. С. 32–37.

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ КАДМИЕМ

Г. Я. Елькина

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

Кадмий относится к наиболее сильным токсикантам для растительных организмов. Негативное действие элемента приводит к активации защитных ферментов, синтезу металлсвязывающих соединений и стрессовых белков, повышающих устойчивость растений. Значительно изменяется содержание свободных аминокислот [1, 2, 3, 4].

Мы изучали действие возрастающего содержания кадмия в почве на содержание азота и аминокислотный состав однолетних трав. Растения были культивированы в микрополевым опыте на легкосуглинистой пахотной подзолистой почве в условиях искусственного загрязнения. Азот определяли методом газовой хроматографии на элементном анализаторе EA 1110 (CHNS-0). Содержание аминокислот, входящих в состав белков растений, определяли методом жидкостной хроматографии на аминокислотном анализаторе ААА Т 339 М после гидролиза в концентрированном растворе серной кислоты в запаянной ампуле при $t = 110^{\circ}$.

Кадмий обладал высокой токсичностью по отношению к однолетним травам, особенно бобовым. При максимальном его содержании в почве (5,4 мг/кг) надземная биомасса гороха составила 28,4%, овса – 43,7% от уровня контроля (табл. 1).

**Биомасса растений при возрастающем содержании
кадмия в почве**

Варианты	Содержание кадмия, мг/кг (1М HCl)	Масса одного растения (воздушно-сухая, г)	
		Горох	Овес
Контроль*	0,02	0,36±0,05	0,40±0,04
1	0,56	0,32±0,04	0,36±0,03
2	0,80	0,26±0,03	0,33±0,03
3	1,16	0,23±0,02	0,30±0,04
4	1,46	0,21±0,03	0,29±0,03
5	1,92	0,18±0,03	0,26±0,03
6	2,66	0,15±0,02	0,24±0,02
7	3,16	0,12±0,02	0,23±0,03
8	3,92	0,11±0,02	0,21±0,03
9	4,72	0,10±0,02	0,18±0,04
10	5,36	0,10±0,02	0,18±0,03

*Нумерация вариантов та же, что в таблицах 2 и 3.

Под влиянием кадмия в растениях активизировался процесс накопления азота. Содержание его в наземной массе гороха увеличилось с 2,50 до 3,30% (табл. 2), овса – с 1,40 до 2,68% (табл. 3). Изменения в содержании азота являются ответной реакцией растений на стресс и результатом адаптации к сложившейся ситуации [4].

С ростом количества азота в растениях изменилось содержание практически всех аминокислот. Суммарное их количество в горохе повысилось с 4,28 до 11,27 (табл. 2), в овсе – с 5,55 до 9,15 г/100 г (табл. 3). Значимое повышение содержания большинства аминокислот в горохе началось при содержании кадмия в почве 0,56, пролина – 3,92 мг/кг. В злаковом растении изменения происходили при более высоком содержании кадмия в почве. Содержание кадмия в обоих растениях при этом составляло 37 мг/кг. Количество лизина в овсе превысило статистическую погрешность анализа при содержании кадмия в почве 1,16, а аргинина – 1,46 мг/кг. Транслокация кадмия в овес при этом достигла 44 мг/кг. В отличие от гороха абсолютное содержание пролина в овсе увеличилось при меньшем содержании кадмия в почве (2,66 мг/кг) и растениях (67 мг/кг).

Количественные изменения в содержании преобладающей части аминокислот были пропорциональны увеличившейся их сумме. Анализ относительного количества аминокислот (в %% от их суммы) в большей мере, чем абсолютное содержание, позволяет судить об участии отдельных из них в синтезе белков и других соединений, связанных с адаптацией растений к изменившимся экологическим условиям.

Таблица 2

Влияние кадмия на аминокислотный состав биомассы гороха*

Аминокислоты	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Погрешность, %
Аспарагиновая	0,48/11,3	0,69/11,6	0,64/11,2	0,88/11,2	0,87/11,2	0,98/11,4	1,06/11,1	1,02/10,8	1,12/11,2	1,13/11,0	1,25/11,1	16
Треонин	0,21/4,9	0,29/4,9	0,29/5,1	0,39/5,0	0,41/5,3	0,43/5,0	0,51/5,3	0,51/5,4	0,53/5,3	0,52/5,1	0,60/5,3	16
Серин	0,24/5,7	0,34/5,6	0,32/5,6	0,44/5,6	0,47/6,0	0,48/5,6	0,57/5,9	0,59/6,2	0,61/6,1	0,60/5,8	0,65/5,8	14
Глутаминовая	0,52/12,2	0,76/12,8	0,79/13,8	1,06/13,5	1,09/13,9	1,20/14,0	1,35/14,1	1,43/15,1	1,44/14,4	1,48/14,4	1,53/13,5	13
Пролин	0,35/8,8	0,40/6,8	0,37/6,5	0,48/6,1	0,48/6,2	0,50/5,8	0,44/4,6	0,47/5,0	0,53/5,3	0,50/4,9	0,54/4,8	31
Глицин	0,26/6,1	0,36/6,1	0,37/6,5	0,49/6,2	0,49/6,4	0,53/6,2	0,63/6,6	0,64/6,7	0,65/6,5	0,65/6,3	0,72/6,4	16
Аланин	0,29/6,8	0,38/6,4	0,37/6,4	0,47/6,0	0,54/7,0	0,52/6,0	0,61/6,3	0,59/6,2	0,62/6,2	0,61/5,9	0,68/6,1	19
Цистин	0,002/0,0	0,01/0,1	0,04/0,6	0,06/0,8	0,05/0,7	0,07/0,8	0,06/0,6	0,05/0,5	0,07/0,7	0,09/0,9	0,09/0,8	
Валин	0,27/6,2	0,38/6,4	0,43/7,5	0,49/6,2	0,49/6,3	0,54/6,3	0,65/6,7	0,57/6,0	0,62/6,2	0,64/6,2	0,70/6,2	14
Метионин	0,01/0,2	0,01/0,2	0,01/0,1	0,01/0,2	0,01/0,2	0,01/0,1	0,02/0,3	0,02/0,2	0,01/0,1	0,01/0,1	0,01/0,1	
Изолейцин	0,21/4,9	0,29/4,8	0,22/3,8	0,37/4,8	0,29/3,8	0,41/4,8	0,47/4,9	0,47/4,9	0,47/4,7	0,49/4,7	0,54/4,7	12
Лейцин	0,36/8,5	0,50/8,4	0,49/8,6	0,64/8,2	0,62/8,0	0,71/8,4	0,86/9,0	0,83/8,7	0,84/8,4	0,86/8,4	0,99/8,8	13
Тирозин	0,22/5,2	0,34/5,6	0,30/5,2	0,42/5,4	0,39/5,0	0,46/5,4	0,51/5,4	0,49/5,1	0,55/5,5	0,58/5,6	0,63/5,6	20
Фенилаланин	0,19/4,3	0,28/4,8	0,27/4,6	0,37/4,8	0,32/4,2	0,42/4,9	0,44/4,6	0,43/4,6	0,47/4,7	0,50/4,9	0,58/5,2	16
Гистидин	0,09/2,0	0,13/2,1	0,11/2,0	0,18/2,3	0,16/2,1	0,17/2,0	0,19/2,0	0,19/2,0	0,18/1,8	0,23/2,3	0,26/2,3	19
Лизин	0,34/7,9	0,47/7,9	0,44/7,8	0,70/8,9	0,71/9,1	0,72/8,4	0,72/7,5	0,73/7,7	0,84/8,4	0,88/8,6	0,98/8,7	16
Аргинин	0,22/5,1	0,32/5,4	0,28/4,8	0,39/5,0	0,38/4,9	0,42/4,9	0,48/5,0	0,46/4,8	0,45/4,5	0,50/4,9	0,54/4,7	19
Сумма	4,28	5,95	5,72	7,85	7,78	8,55	9,56	9,49	9,99	10,25	11,27	
Содержание азота, %	2,50	2,51	2,69	2,85	2,94	2,95	2,91	3,00	3,28	3,24	3,30	6,7
Содержание кадмия, мг/кг	0,8	37	69	73	74	98	104	136	106	111	99	20

Примечания. *Над чертой содержание в г/100 г воздушно-сухой массы, под чертой относительное содержание в %%, в табл.3 то же.

Достаточно близкие показатели относительного содержания преобладающей части аминокислот (табл. 2, 3) обусловлены генетической стабильностью аминокислотного состава белков. Непропорциональные изменения в содержании отдельных аминокислот, которые мы наблюдали, свидетельствуют о вызванных кадмием нарушениях в белковом обмене. Дестабилизация аминокислотного состава связана с экспрессией генов в ответ на стресс, в результате которой в растениях активизируется синтез стрессовых белков и металл-связывающих соединений [4].

В горохе с ростом уровня загрязнения и транслокации кадмия в растения наиболее значительно (с 12,2 до 15,1%) увеличилось относительное количество глутаминовой кислоты (табл. 2). Также отмечена тенденция к активному синтезу цистина. Относительное его количество увеличилось с 0,02 до 0,8%. Возрастание синтеза аминокислоты обусловлено тем, что кадмий в тканях растений может связываться с соединениями, содержащими тиоловые группы, в т.ч. и с замещенным цистеином [5].

Под действием ионов кадмия произошло снижение относительного количества пролина (табл. 2). Значимые изменения в горохе наблюдались при содержании кадмия в почве, начиная с 2,66, в растениях – с 104 мг/кг. В составе белков овса снижение происходило при более низком содержании кадмия в почве (начиная с 1,16 мг/кг), в растениях – с 44 мг/кг (табл. 3). Содержание пролина на этом уровне загрязнения составило 10,9–13,8%, что значительно ниже, чем на контроле (16%). В ответ на разные стрессовые воздействия (засоление, засуху, холод и др.), в т.ч. и загрязнение тяжелыми металлами, в клетках растений активно синтезируется свободный пролин, который играет роль одного из компонентов общих (неспециализированных) клеточных защитных систем [1, 2, 4].

Нарушения баланса между свободным пролином и пролином в составе белков, между синтезом и деструкцией аминокислоты в результате ответных реакций на загрязнение почвы кадмием и обусловило на наш взгляд непропорциональное снижение количества пролина в составе растительных белков трав при высоких концентрациях кадмия в нашем эксперименте.

В злаковом растении в ответ на загрязнение наблюдался рост и абсолютного и относительного содержания аспарагиновой кислоты (табл. 2). Повышенное содержание аспарагиновой кислоты в овсе, так же как и глутаминовой кислоты в горохе, в результате загрязнения кадмием связано с их ролью в реакциях переаминирования. Эти аминокислоты являются источником азота для синтеза новых аминокислот [6], входящих в состав белков и соединений, способствующих интоксикации кадмием.

Помимо нестабильности синтеза аминокислот и белков вследствие защитно-приспособительных реакций в ответ на загрязнение кадмием на аминокислотный состав растений могли повлиять изменения в фенологическом развитии и морфологии растений при избытке элемента. Значительных изменений в содержании незаменимых кислот, определяющих качество сельскохозяйственной продукции, нами не установлено.

Таким образом, анализ аминокислотного состава белков трав позволил оценить результаты сложных процессов метаболизма азота, выявить эффект воздействия токсичного элемента на синтез аминокислот с учетом изменений в развитии растений.

Литература

1. Кузнецов В. В., Шевякова Н. И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений, 1999. Т. 46. № 2. С. 321–336.
2. Серёгин И. В., Иванов В. Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. 2001. Т. 48. № 4. С. 606–630.
3. Черных Н. А., Милащенко Н. З., Ладонин В. Ф. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 5. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. 148 с.
4. Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2007. 172 с.
5. Дубинина Ю. Ю., Дульцева Г. Г., Палесский С. В., Скубневская Г. И. Изучение химической природы защитной реакции растений на избыточное содержание кадмия в почве // Экологическая химия. 2003. № 12. С. 41–46.
6. Власюк П. А., Шкварук Н. М., Сапатый С. Е., Шамотиенко Г. Д. Химические элементы и аминокислоты в жизни растений и человека. Киев: Наукова думка, 1974. 220 с.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СВИНЦА В РАСТЕНИЯХ ЯЧМЕНЯ ПОЛЕВОГО АГРОЦЕНОЗА В ПРИДОРОЖНОЙ ЗОНЕ

*Е. В. Товстик^{1,2}, Н. В. Полушкина¹, О. Н. Шуплецова^{1,2},
И. Н. Щенникова^{2,3}*

¹ *Вятский государственный университет, tovstik2006@inbox.ru*

² *Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,*

³ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

В условиях возрастающей антропогенной нагрузки на окружающую среду одной из наиболее значимых задач становится производство экологически безопасной растениеводческой продукции. Особое внимание в связи с этим уделяется негативным показателям ее качества, в том числе содержанию в ней тяжелых металлов.

Одним из наиболее распространенных и вредных для здоровья человека тяжелых металлов является свинец. Потенциальным источником его поступления в окружающую среду считают выхлопные газы автотранспорта [1]. Так отмечается, что при расходе бензина 0,1 л/км, каждой автомашиной на 1 км магистрали выделяется до 40–60 г свинца в час, при этом 80% от этого количества расслаивается в полосе автомагистрали [2]. Данный факт подтверждают исследования содержания свинца в образцах почв, вблизи (до 50 м) автодорог, где обнаруживают превышение его предельно допустимой концентрации (ПДК).

Согласно расчетному коэффициенту биологического поглощения свинца растениями установлено его максимальное значение для корней и листьев и минимальное – для стеблей и цветков. При этом в некоторых случаях отмечают отсутствие зависимости содержания свинца в растениях от его содержания в почвах и техноземах [3].

Целью работы являлась оценка содержания свинца в зерновых культурах на примере ячменя полевого агроценоза. Для проведения исследований был выбран полевой агроценоз, расположенный в придорожной зоне в черте г. Кирова. Объектами исследования явились растения ячменя сортов с различным уровнем кислотоустойчивости: Белгородский 100 (неустойчивый), Форвард (устойчивый), Новичок (среднеустойчивый). Отбор растений ячменя для исследования проводили в конце августа. Растения делили на части: корни, стебли, листья, зерно. После предварительной подготовки проб растений путем сухой минерализации проводили определение в них валового содержания свинца методом инверсионной вольтамперометрии [4].

Исследование содержания свинца в зерне данных сортов растений ячменя не выявило превышения его ПДК (0,3 мг/кг), что свидетельствует о безопасности выращиваемой вблизи автодорог сельскохозяйственной продукции (табл.). Уровень обнаруживаемой концентрации свинца в зерне варьировал в среднем от 0,017 до 0,027 мг/кг.

Таблица

Содержание свинца в зерне растений ячменя

Сорт ячменя	Белгородский 100	Форвард	Новичок
Содержание Pb, мг/кг	0,021±0,008	0,017±0,007	0,027±0,011

Известно, что важную роль в защите растений от избытка поступающих из почвы металлов выполняет корневая система. Задерживая избыточные ионы, корни тем самым способствуют сохранению в надземных органах благоприятных концентраций химических элементов [5]. По результатам наших исследований содержание свинца в корнях растений ячменя в среднем варьировало от 0,304 до 0,393 мг/кг и существенно превышало содержание его в зерне (рис. 1).

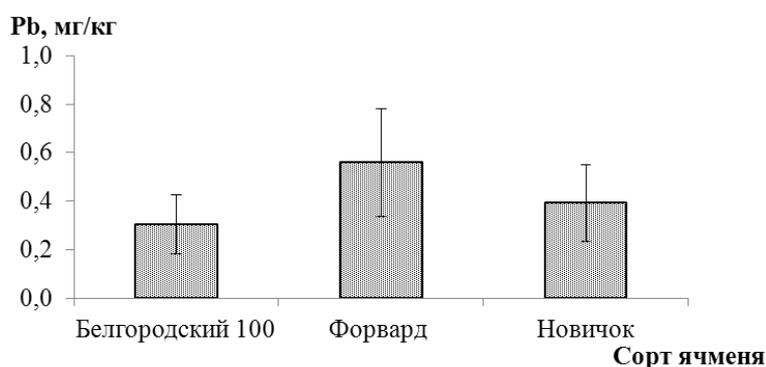


Рис. 1. Содержание свинца в корнях растений ячменя

Содержание свинца в листьях растений ячменя, как в случае с корнями, было выше содержания его в зерне и варьировало в среднем от 0,060 до 0,139 мг/кг (рис. 2). При этом достоверных отличий содержания свинца в листьях в зависимости от сорта растений не выявлено.

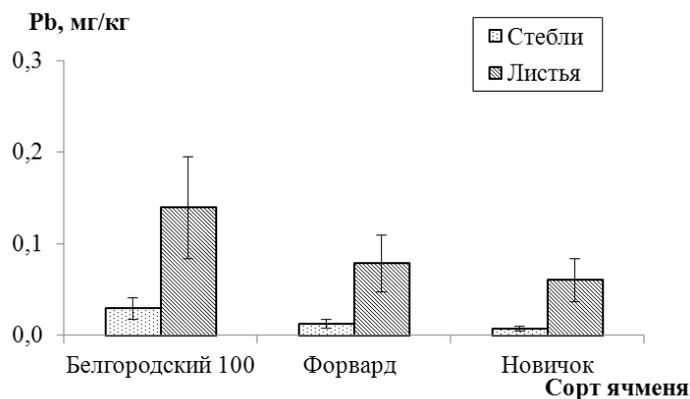


Рис. 2. Содержание свинца в листьях и стеблях растений ячменя

Наименьшим содержанием свинца характеризовались стебли растений. Так, его содержание в зависимости от сорта варьировало в среднем от 0,007 до 0,029 мг/кг. Достоверно более низким значением содержания свинца в стеблях растений отличались сорта ячменя Форвард и Новичок от сорта Белгородский 100.

Таким образом, в результате проведённого исследования содержания свинца в зерне ячменя полевого агроценоза, расположенного вблизи автодорог, не выявлено превышения его предельно допустимой концентрации. Выращиваемый в условиях полевого агроценоза ячмень экологически безопасен с точки зрения содержания в нем свинца.

Наибольшее содержание свинца отмечали в корнях и листьях ячменя, наименьшее – в стеблях и зерне. Однако следует отметить, различную реакцию сортов на присутствие свинца в почве. Несмотря на наибольшую интенсивность накопления металла в корнях сорта Форвард, концентрация свинца в зерне этого сорта – минимальная, что говорит об активном функционировании его механизмов устойчивости к ионной токсичности. Тогда как у двух других сортов адаптивный потенциал проявлен в меньшей степени.

Литература

1. Парфенова Е. А. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в результате влияния выбросов автотранспорта // Известия ПГУ им. В. Г. Белинского. 2011. № 25. С. 590–592.
2. Абрамова Н. А., Берестова Е. Г., Шеметов А. И. Влияние автотранспорта на атмосферный воздух в г. Шахты // Наука в современном мире: Материалы Междунар. (заочной) науч.-практ. конф. Научное (непериодическое) электронное издание / Под общей ред. А. И. Вострецова. Кишинев: «Мир науки», 2015. С. 107–111.
3. Горбань Д. Н., Юргенсон Г. А. Свинец в системе почва – растение в ландшафте Шерловогорского горнорудного района на примере *Polygonum angustifolium* Pallas (Poiygonaseae) // Успехи современного естествознания. 2016. 2–12. С. 375–379.

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

5. Гиниятуллин Р. Х., Кулагин А. Ю. Оценка содержания металлов в надземных органах березы повислой в условиях полиметаллического загрязнения окружающей среды // Аграрная Россия. 2010. № 6. С. 21–25.

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ К ДЕЙСТВИЮ КАДМИЯ

*Е. В. Товстик^{1,2}, О. Н. Шуплецова^{1,2}, С. Ю. Огородникова^{1,3},
Г. А. Солкина¹*

¹ *Вятский государственный университет, tovstik2006@inbox.ru*

² *Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,*

³ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Известно, что факторы, действующие на живые организмы, постоянно изменяются в естественной или природной среде. Величина этого изменения определяет уровень воздействия на живые организмы. Так, если изменения превышают величину текущей акклиматизационной нормы, то такой параметр считают стрессором [1].

Реакция растений на стрессовые факторы включает изменения как биохимических, так и физиологических процессов, которые в свою очередь могут влиять на продуктивность растений [2]. Одним из примеров такой реакции служит интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ), которую оценивают по накоплению конечного продукта липопероксидации – малонового диальдегида (МДА) [3].

Целью настоящей работы явилось исследование чувствительности растений ячменя к действию кадмия, как одному из наиболее токсичных тяжелых металлов. Оценивали уровень перекисного окисления липидов в листьях и продуктивные признаки растений ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Челябинский × Андрей.

Исследование проводили в модельном опыте в вегетационных сосудах, наполненных дерново-подзолистой почвой в равных объемах. Схема опыта включала внесение в почву кадмия в виде ацетата $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ в дозах, соответствующих 0, 1, 5 ОДК (0; 0,5; 2,5 мг/кг). После внесения соли кадмия почва перемешивалась, увлажнялась до состояния полной влагоемкости. Уровень влажности в сосудах поддерживался на постоянном уровне путем их взвешивания. По истечении 1 месяца предварительной подготовки, в вегетационные сосуды с почвой высаживали по 3 растения. Повторность опыта трехкратная. Выращивание растений осуществляли в условиях искусственного климата в климатической камере «Шка» (Германия) с фотопериодом 16/8 день/ночь часов. На стадии выхода растений в трубку проводили биохимический анализ молодых листьев (2 и 3 подфлаговый) растений.

Перед высадкой растений в вегетационные сосуды, проводили химический анализ почвы, в ходе которого определяли кислотность солевой вытяжки потенциометрическим методом [4], содержание подвижного фосфора методом Кирсанова в модификации ЦИНАО [5] и нитратного азота методом ЦИНАО [6]. Содержание подвижной формы кадмия в почве определяли на атомно-абсорбционном спектрометре «СПЕКТР-5-4», предварительно экстрагируя воздушно-сухие почвенные образцы аммонийно-ацетатным буфером (рН 4,8) [7].

Интенсивность ПОЛ определяли по накоплению в листьях ячменя МДА, образующего окрашенный комплекс с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [8].

Установленная в результате химического анализа почвы, величина обменной кислотности составила 6,18, что соответствовало нейтральной реакции среды. Содержание подвижного фосфора в почве соответствовало среднему уровню (51–100 мг/кг), тогда как содержание нитратного азота – очень низкому уровню обеспеченности (< 10 мг/кг) (табл.1).

Таблица 1

Показатель кислотности, содержание подвижного фосфора и нитратов в почве

	рН _{KCl}	P ₂ O ₅ , мг/кг	N-NO ₃ , мг/кг
Модельная почва	6,18	87,3±17,5	4,7±1,4

Содержание подвижной формы кадмия в почве контрольного варианта составило 0,13 мг/кг; для варианта 1 ОДК в 2 раза выше, чем в контроле – 0,34 мг/кг; для варианта 5 ОДК – в 8 раз выше контрольного значения – 1,07 мг/кг (табл. 2).

Таблица 2

Содержание подвижной формы кадмия в почве, мг/кг

Вариант опыта	0 ОДК	1 ОДК	5 ОДК
	0,13±0,04	0,34±0,08	1,07±0,27

Анализ физиологических и продуктивных показателей растений ячменя в зависимости от содержания в почве кадмия не выявил их значительной реакции.

Уровень перекисного окисления липидов, определяемый по содержанию МДА, в зависимости от концентрации кадмия в почве варьировал незначительно – 28,78 до 33,64 нмоль/г (рис. 1).

На уровне тенденции отмечали противоположную реакцию, проявляющуюся повышением уровня МДА при 0,34 и ее снижением – при 1,07 мг/кг подвижной формы кадмия в почве.

Сравнительный анализ продуктивных признаков растений показал легкий стимулирующий эффект кадмия на высоту растений и массу зерен с растения (рис. 2 А, Г, Е). Отмечали незначительное ингибирование продуктив-

ной кустистости и длины главного колоса при содержании 1,07 мг/кг подвижной формы кадмия в почве (рис. 2 Б и В).

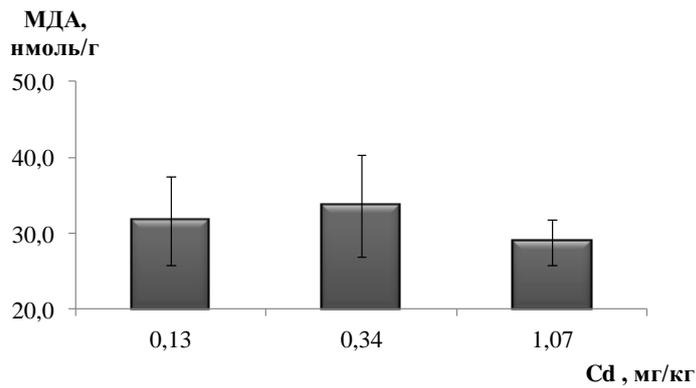


Рис. 1. Содержание малонового диальдегида в листьях ячменя в зависимости от содержания подвижной формы кадмия в почве

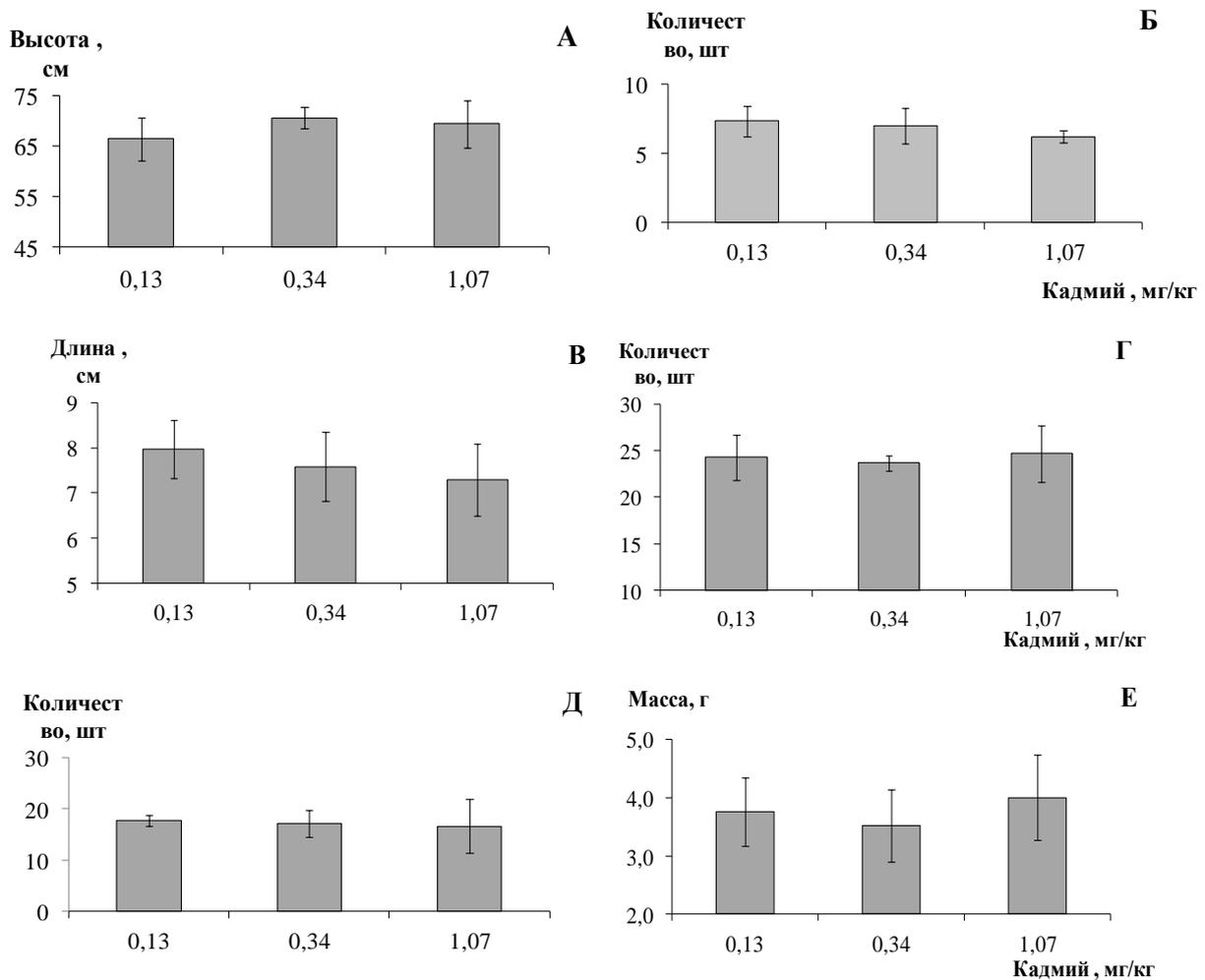


Рис. 2. Продуктивные показатели исследуемых растений на различных почвенных фонах с кадмием: А – высота растения; Б – продуктивная кустистость; В – длина главного колоса; Г – количество колосков в главном колосе; Д – количество зерен в главном колосе; Е – масса зерна с растения

В целом, результаты проведенных исследований указывали на отсутствие стрессовых проявлений в растительных тканях и снижения продуктивных показателей растений ячменя изученного сорта в диапазоне 0,13–1,07 мг/кг подвижной формы кадмия в почве. По-видимому, для более глубокого понимания ответной реакции растений на присутствие кадмия в почве, необходима оценка растений на более жестком почвенном фоне (увеличение концентрации металла при снижении уровня рН) с привлечением широкого круга генотипов с различным уровнем стрессоустойчивости.

Литература

1. Michael LiebthalKarl-Josef Dietz. The Fundamental Role of Reactive Oxygen Species in Plant Stress Response // Plant Stress Tolerance. 2017. P. 23–39.
2. Полесская О. Г. Растительная клетка и активные формы кислорода / Под ред. И. П. Ермакова. М.: КДУ, 2007. 140 с.
3. Лукаткин А. С. О развитии повреждений у растений кукурузы при внезапном и постепенном охлаждении Лукаткин // Сельскохозяйственная биология. 2003. № 5. С. 63–68.
4. ГОСТ 26483-85. Приготовление солевой вытяжки и определение её рН по методу ЦИНАО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 5 с.
5. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 2013. 7 с.
6. ГОСТ 26488-85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. М.: Госстандарт, 1985. С. 34-37.
7. ФР.1.31.2007.03683. Методика выполнения измерений массовых долей токсичных металлов в пробах природных, питьевых и сточных вод атомно-абсорбционным методом. М., 2007. 13 с.
8. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСТГЕНОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ

А. В. Бакулина¹, И. Г. Широких^{1,2}

¹ *Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, drugaeann1@rambler.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Во многих странах мира для создания генотипов сельскохозяйственных растений с новыми хозяйственно ценными признаками, наряду с методами традиционной селекции, успешно используются постгеномные технологии: геновая инженерия (ГИ), геномная и маркер-опосредованная селекция (marker-assisted selection – MAS). Данные подходы позволяют заменить отбор по фенотипу отбором по генотипу, что способствует ускорению процесса создания сорта, а также, в значительной степени, сокращает количество скрещиваний и объем анализируемого материала. Однако широкому внедрению современных методов селекции препятствует негативное отношение общественности к созданным таким путем сортам, в особенности, генетически-модифицирован-

ным (ГМ). Это связано с наличием реальных и потенциальных рисков использования ГМ-культур, среди которых особое место занимают экологические риски.

Экологические последствия внедрения в селекцию растений ДНК-технологий обусловлены не только используемым методом, но также зависят от биологических особенностей вида растения. В отличие от других зерновых злаков, ячмень имеет стабильный диплоидный геном с небольшим числом хромосом (только 14). Благодаря относительно простому цитологическому статусу данная культура служит привлекательным объектом для ГИ. Гетерологичный ген, введенный в растение, может способствовать формированию у него устойчивости к болезням, абиотическим стрессам, гербицидам, повышению урожайности, качества зерна, наработке промышленно ценных соединений [1]. Анализ доступной нам литературы показывает, что к настоящему времени, с целью улучшения хозяйственно ценных признаков культуры, в геном ячменя перенесено около 30 различных гетерологичных генов, среди которых не только гены растений (кукурузы, риса, пшеницы, винограда, канареечника, арабидопсиса), но также – гены дрожжей, вирусов, бактерий, грибов и даже плодовой мушки дрозофилы.

Использование в качестве источников трансгенов удаленных видов вызывает беспокойство, с точки зрения загрязнения генома традиционных сортов, которое может грозить их безвозвратной потерей. Для ячменя эта проблема стоит не так остро, поскольку он относится к числу самоопылителей, хотя в редких случаях у ячменя может происходить перекрестное опыление, как правило, при неполноценности собственной пыльцы [2]. Европейским агентством по безопасности продуктов питания (EFSA, European Food Safety Authority) ячмень признан безопасной, с точки зрения экологических последствий, для трансформации культурой [3].

Перспективным направлением ГИ является цисгенез, при котором трансформацию растений проводят эндогенным генетическим материалом [4]. Суперэкспрессия собственных генов ячменя используется для повышения устойчивости культуры к биотическим и абиотическим стрессам, а также для улучшения качества зерна. Преимущество данного подхода состоит в том, что он не вызывает опасений относительно «загрязнения» исходного генотипа, т.к. такое растение вполне может возникнуть в природе самостоятельно.

Другой стратегией улучшения ценных признаков сельскохозяйственных культур является подавление экспрессии собственных генов растения, основанное на механизме РНК-интерференции. Так, с целью увеличения продуктивности созданы трансгенные растения ячменя с инактивированным геном фермента цитокинин оксидазы/дегидрогеназы (СКХ). Полученные таким способом трансформанты характеризовались увеличением количества семян с растения и массы 1000 зерен [5].

Важно отметить, что часть экологических рисков, связанных с переносом трансгенов к другим организмам, обусловлена не только целевым геном, кодирующим хозяйственно-ценный признак, но и маркерным геном, который

также переносится в растение-реципиент и необходим для отбора трансгенных растений в процессе их получения. В связи с тем, что маркерными генами, чаще всего, служат гены устойчивости к антибиотикам или гербицидам, риски неконтролируемого горизонтального переноса трансгенов в микрофлору ризосферы представляются обоснованными, как и появление «суперсорняков» при передаче гена устойчивости к гербициду родственными дикорастущим видам. Исключение маркерных генов из трансформированных растений после прохождения ими этапа отбора (создание безмаркерных трансгенных растений), является одним из способов снижения экологических рисков использования ГМ культур. Имеется широкий спектр векторов различной конструкции (например, PROGMO, pORE) для получения трансгенных растений, лишенных «генетического мусора» [6].

Известно, что встраивание чужеродной ДНК может влиять на экспрессию собственных генов растения, а также вызывать инсерционные (вставочные) мутации, что сопровождается каскадом изменений, непредсказуемо затрагивающих какие-либо события в жизни трансгенного растения, причем на разных уровнях организации [7]. Подтверждение этим фактам мы получили в работе по созданию трансгенных линий ячменя с гетерологичным геном Fe-супероксиддисмутазы (*Fe-SOD1*) из арабидопсиса (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh) для повышения антиоксидантной защиты растения и увеличения его неспецифической стрессоустойчивости. Оценка первичных трансформантов (T_0) и их потомства (T_1) выявила у ячменя некоторые нежелательные последствия, возникшие, очевидно, в результате встраивания гетерологичного гена. Так, у линии Б100, полученной на основе сорта Белгородский 100, отмечалось падение уровня активности общей супероксиддисмутазы (СОД) ($0,34 \pm 0,01$ отн. ед.) в сравнении с исходным растением того же сорта ($2,81 \pm 0,29$ отн. ед.). Тогда как, предполагалось, что встраивание гена *Fe-SOD1* будет стимулировать активность СОД. Линии ячменя К11 и К14, полученные нами на основе сорта Купец, характеризовались низкой завязываемостью семян и сформировали семенное потомство в количестве 28 и 35 зерен/растение соответственно. Генетическая трансформация негативно сказалась также на показателе всхожести семян у всех полученных линий (рис.).

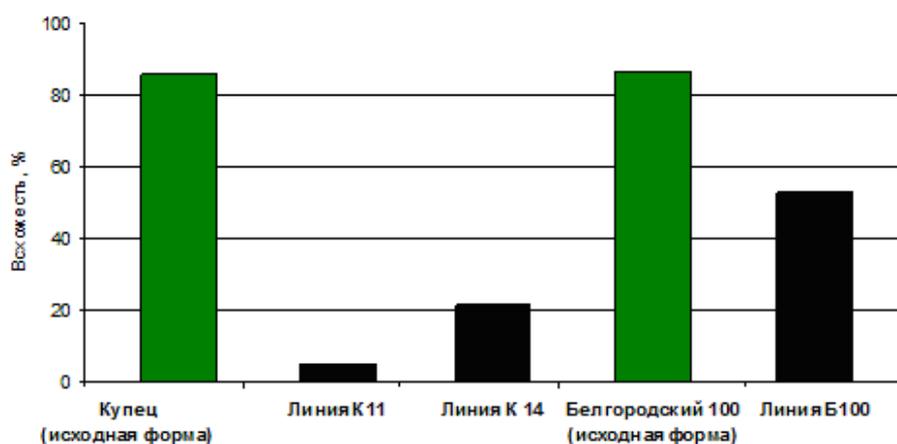


Рис. Всхожесть семян трансгенных линий ячменя с геном *Fe-SOD1* и исходных сортов

Таким образом, сочетание реальных преимуществ использования достижений агробиотехнологии с возможными рисками, связанными с созданием и применением трансгенных культур, обуславливает актуальность выбора правильных методических подходов к технологиям получения новых форм растений с улучшенными хозяйственными признаками. Необходима оценка экологической безопасности таких технологических составляющих, как взвешенный выбор целевых и маркерных генов, метода трансформации, а также детальная оценка получаемых растений как в плане доказательства встраивания целевого гена, так и его влияния на собственный геном растения. Именно риски, связанные с недостаточной оценкой безопасности трансгенных растений пугают потребителя, хотя методики трансформации и векторные конструкции для ГИ постоянно совершенствуются. В странах, где выращивание трансгенных культур разрешено законодательством, работы по трансгенезу растений заканчиваются не просто получением трансгенной линии со стабильной экспрессией встроенного гена, а обязательно связаны с оценкой нескольких поколений трансформантов не только в лабораторных, но и в полевых условиях.

Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на большой прогресс в технологии создания трансгенных растений ячменя, использование методов ГИ для улучшения сельскохозяйственных признаков данной культуры до сих пор далеко от коммерциализации, хотя работы в этом направлении активно ведутся в лабораториях многих стран мира. Снижение или исключение реальных и потенциальных рисков использования ГМ культур требует совершенствования их технологии получения, создания трансгенных растений нового поколения, не содержащих вирусных промоторов и генов устойчивости к антибиотикам [8]. Неоспоримым является положение о том, что доказательства биологической и экологической безопасности ГМ организмов и полученных из них продуктов должны опережать их коммерческое использование.

Литература

1. Mrízová K., Holasková E., Öz M.T., Jiskrová E., Frébort I., Galuszka P. Transgenic barley: A prospective tool for biotechnology and agriculture // *Biotechnology advances*. 2013. V. 32. № 1. P. 137–157.
2. Родина Н. А. Селекция ячменя на Северо-Востоке Нечерноземья. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. 488 с.
3. Hensel G. Genetic transformation of Triticeae cereals for molecular farming // *Genetic transformation*. In M. Alvarez (Ed.). P. 171–190.
4. Holme I. B., Dionisio G., Brinch-Pedersen H., Wendt T., Madsen C. K., Vincze E., Holm P. B. Cisgenic barley with improved phytase activity // *Plant Biotechnology Journal*. 2012. V. 10. № 2. P. 237–247.
5. Zalewski W., Galuszka P., Gasparis S., Orczyk W., Nadolska-Orczyk A. Silencing of the HvCKX1 gene decreases the cytokinin oxidase/dehydrogenase level in barley and leads to higher plant productivity // *Journal of Experimental Botany*. 2010. V. 61. № 6. P. 1839–1851.
6. Пермякова Н. В., Шумный В. К., Дейнеко Е. В. Агробактериальная трансформация растений: перенос фрагментов векторной ДНК в растительный геном // *Генетика*. 2009. Т. 45. № 3. С. 305–317.

7. Shrivat A. K., Lorz H. Agrobacterium-mediated transformation of cereals: a promising approach crossing barriers // Plant Biotechnology Journal. 2006. V. 4. P. 575–603.

8. Закревский В. В. Генетически модифицированные организмы растительного происхождения: проблемы и перспективы их использования в питании населения России // Вопросы здорового и диетического питания. 2011. № 1. С. 49–58.

АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ДЛЯ РЫБОВОДСТВА

А. А. Лапин, М. Л. Калайда, И. И. Идрисова
Казанский государственный энергетический университет,
lapinanatol@mail.ru

Интенсивное рыбоводство невозможно без прочной кормовой базы и полноценных кормов. Использование несбалансированных рационов приводит к снижению продуктивности рыб, перерасходу кормов на производство единицы продукции, повышению ее себестоимости и, в результате, к снижению эффективности отрасли.

Кормовые добавки растительного происхождения обладают антиоксидантным и антимикробным эффектом, повышают поедаемость кормов за счет улучшения вкусовых качеств, благоприятно влияют на работу желудочно-кишечного тракта, приводят к ускорению роста и снижают заболеваемость [1]. Антиоксиданты имеют очень большое значение при внедрении новых технологий производства кормов для рыбоводства с различными добавками [2, 3].

Исследования по изучению антиоксидантной активности амарантовой муки показали более трехкратное превышение ее суммарной антиоксидантной активности (САОА) по сравнению с пшеничной мукой. Для пшеничной муки высшего сорта САОА не зависит от дисперсности муки и находятся в пределах 2460–2910 мг рутина на 100 г абсолютно сухого образца (а.с.о.) образца. Для муки амарантовой независимо от производителя наблюдается ярко выраженная тенденция повышения САОА в зависимости от увеличения степени помола [4].

Общее содержание протеина в семенах разных видов амаранта зависит от вида, сорта, фазы развития, качества и уровня азотных удобрений, климатических условий выращивания и находится в пределах от 11 до 23%. Такие параметры сырого протеина в зерне амаранта превышают соответствующие показатели зерновых культур, возделываемых в республике Татарстан. Для примера: содержание протеина в ячмене составляет 13–17%, в кукурузе – 14–17%, в пшенице – 9,4–14,2%, во ржи – 9,4–14%, в рисе – 7,5% [5].

По содержанию незаменимых аминокислот в семенах амаранта, таких как лизин, треонин, аргинин, фенилаланин и ряда других, он является лидером среди всех растений, а баланс незаменимых аминокислот в белке амаранта близок к эталону, рекомендованному Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (FAO – (ФАО)) [6].

Семена амаранта по своим биохимическим свойствам занимают промежуточное положение между масличными и зерновыми культурами. В зерне амаранта содержание жира достигает 5–6% [7].

Углеводы семян амаранта, которые занимают 60 % от массы семени, состоят из моносахаридов, представленных глюкозой и фруктозой, олигосахаридов, состоящих из сахарозы, стахиозы, раффинозы и полисахаридов [8].

Для продолжения начатых нами научных исследований по применению растительных добавок в кормах, для ограничения применения в них синтетических стимуляторов роста и антибиотиков [2, 3, 9], следует изучить суммарную антиоксидантную активность образцов растительных ингредиентов для рыбоводства.

Измельченные образцы растительных ингредиентов заваривались кипящей дистиллированной водой из расчета 2 г образца на 100 дм³ кипятка, экстракция проводилась при перемешивании на магнитной мешалке в течение 15 минут, экстракты перед анализом фильтровались. Исследования САОА образцов, адсорбированной структурированной воды были проведены с помощью метода кулонометрического титрования в гальваностатическом режиме по сертифицированной методике МВИ-01-00669068-13 в пересчете на стандартный образец рутин [10] через модальное значение (моду) [11]. Относительная ошибка определения САОА (Е отн.) находилась в пределах 1,64–4,55% отн.

САОА определяли в г рутина (Ru) в пересчете на 100 г а.с.о. образцов, САОА структурированной воды определялась в г Ru на 1 дм³. Досушивание исследуемых образцов проводили с помощью анализатора влажности МХ-50, А&D Company (Япония) при 105° С (до постоянного веса) параллельно с определением влажности. Свойства и описания образца корма К-111 для испытаний приведены в работе [9], а ингредиентов в таблице 1.

Таблица 1

Показатели образцов растительных ингредиентов

№ образца	Растительные ингредиенты	Белок, % масс.	Жир, % масс.	Углеводы, % масс.
1	Амарант (семена)	9,72±0,58	5,6	60
2	Пшеница	11,84±0,67	1,5	60
3	Кукуруза	15,37±0,96	1,0	70
4	Горох	23,09±0,97	1,6	44

Содержание белка и жира определяли стандартными методами [12, 13], а содержание углеводов в семенах амаранта взято из работы [5], в остальных образцах из справочных данных [14]. Образцы для испытаний закуплены в торговой сети. В качестве измельченных семян амаранта использовали муку амарантовую «Масляный король» по ТУ 9146-007-70834238 компании «Здоровое питание», г. Краснодар. При испытаниях использовали комбикорм для прудовых рыб К-111 по рецепту № К-8973-354, ГОСТ Р – 52246 [15].

Определена САОА пяти образцов растительных ингредиентов (семян амаранта, пшеницы, кукурузы, гороха и нуга) для рыбоводства и адсорбиро-

ванной в них структурированной воды. Для растительных ингредиентов максимальное значение САОА определено для гороха 2,098 г Ру, а минимальная 0,624 г Ру для кукурузы (табл. 2). САОА адсорбированной воды изменялась в пределах от 0,05 (семена нуга, амаранта) до 8997 г Ру на 1 дм³ воды (семена гороха).

Таблица 2

Суммарная антиоксидантная активность измельченных образцов растительных ингредиентов и удаленной из них воды при 105 °С

№ образца	Название растения	Удаленная вода % масс.	САОА г рутина	
			на 100 г а.с.о.	на 1 дм ³ воды
1	Горох	7,58	2,098±0,066	89,97
		После сушки	1,257±0,030	–
2	Амарант (семена)	4,14	1,041±0,031	6,98
		После сушки	0,969±0,030	–
3	Пшеница	13,19	0,739±0,018	5,88
		После сушки	0,564±0,015	–
4	Кукуруза	9,71	0,624±0,017	8,08
		После сушки	0,485±0,015	–
5	Вода дистиллированная		–	7,15·10 ⁻³

Изменения САОА при 105 °С можно использовать в качестве параметра, характеризующего термостабильность кормовых ингредиентов для рыбоводства (рис. 1). Параметры термостабильность необходимо учитывать при отработке тепловых режимов гранулирования и экструдирования компонентов комбикормов [16]. По данному параметру лучшую стабильность САОА показали семена амаранта – 4% (потери), максимальные потери САОА определены у гороха – 40% (рис. 1).



Рис. 1. Изменения суммарной антиоксидантной активности (САОА) образцов растительных ингредиентов для рыбоводства при температуре 105 °С

Для выявления эффектов синергизма – увеличения значений САОА и антагонизма – уменьшения значений САОА смесей корма К-111 и муки из семян амаранта, использовались приведенные значения САОА^{excess}, САОА^{excess} = САОА экспериментальная – САОА расчетная (рис. 2).

Все значения $CAOA^{excess}$ на графике имеют отрицательные значения величин (антагонизм) минимальный при содержании муки амаранта 80% масс. и максимальный – 35% масс.



Рис. 2. Зависимость приведенной суммарной антиоксидантной активности ($CAOA^{excess}$) корма К-111 от содержания амарантовой муки

Проведены исследования по применению растительных добавок в кормах, для ограничения применения в них синтетических стимуляторов роста и антибиотиков, что приводит не только к повышению качества продукции, но и к минимизации риска снижения резистентности к патогенным микроорганизмам как животных, так и человека.

Исследован суммарный показатель антиоксидантной активности (CAOA) пяти образцов растительных ингредиентов кормов для рыбоводства (семян амаранта, пшеницы, кукурузы, гороха) и адсорбированной в них структурированной воды при досушивании образцов при температуре 105 °С. Максимальная CAOА у молотого гороха 2,098 г, минимальная – у кукурузы 0,624 г рутина на 100 г абсолютно сухого образца. CAOА адсорбированной в образцах воды изменялась в пределах от 0,05 г рутина на 1 дм³ (семена нуга) до 89,97 г рутина на 1 дм³ (семена гороха). Самая высокая термостабильность при 105 °С у семян амаранта – 4% (потери), низкая у гороха – 40% (потери). Выявлены эффекты антагонизма при изучении CAOА смесей корма и муки из семян амаранта – минимальный при 80% масс. и максимальный при 35% масс муки.

Литература

1. European Commission. Regulation (EC) No. 1831/2003 of the European Parliament and of the council of 22 Septembre 2003 on additives for use in animal nutrition // Off. J. Eur. Union L. 2003. V. 268. P. 29–43.
2. Лапин А. А., Гречухина Л. Г., Зеленков В. Н. Добавки к кормам из амаранта для выращивания рыбы. Ч. 1. Антиоксидантные свойства семян // Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 32. № 13. С. 110–117.
3. Лапин А. А., Ал-Садун Р. А., Зеленков В. Н. Растительные добавки к кормам из амаранта для животных, птицы и рыбы // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: Сб. науч. трудов. Вып. 23. М.: РАЕН, 2016. С. 117–121.
4. Зеленков В. Н., Лапин А. А., Мирошниченко Л. А. Антиоксидантная активность амарантовой муки и перспективы получения с ее использованием кондитерских продуктов

с повышенной биологической ценностью // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: Сб. науч. трудов. Вып. 19. М.: РАЕН, 2011 С. 38–42.

5. Шилов Е. Н. Научное обоснование и технологические основы повышения продуктивности животных при использовании амаранта в качестве корма и биологически активной добавки: Дис. ... д-ра с/х наук. Казань, 2015. 381 с.

6. Мирошниченко Л. А., Белоусов В. И., Шаталов Е. П. Пища должна быть лекарством, а лекарство пищей // Аграрная тема. 2012. № 9 (38). С. 28–30.

7. Железнов А. В. Амарант – хлеб, зрелище и лекарство // Химия и жизнь. 2005. № 6. С. 56–61.

8. Офицеров Е. Н., Костин В. И. Углеводы амаранта и их практическое использование. Ульяновск, 2001. 179 с.

9. Лапин А. А., Калайда М. Л., Зеленков В. Н., Ал-Садун Р. А., Альхамадани А. Ш. Антиоксидантные свойства образцов кормов и растительных добавок для рыбоводства // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: Сб. науч. трудов. Вып. 25. М.: РАЕН, 2017. С. 5–10.

10. Лапин А. А., Романова Н. Г., Зеленков В. Н. Применение метода гальваностатической кулонометрии в определении антиоксидантной активности различных видов биологического сырья и продуктов их переработки. М.: МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. 197 с.

11. Езепов Д. Мода в статистике. [Электронный ресурс]. URL: <http://statanaliz.info/metody/opisanie-dannyh/56-moda> (дата обращения 26.01.2017).

12. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: Изд-во Стандартиформ. 2011. 15 с.

13. ГОСТ 13496.15-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира. М.: Изд-во Стандартиформ, 2005. 19 с.

14. Химический состав различных зерновых культур. [Электронный ресурс]. URL: http://mealberry.vlx9.ru/nauchnaya_bibliotek/32 (дата обращения 27.03.2017).

15. ГОСТ Р 5236- 2005. Комбикорма для рыб. Номенклатура показателей. М.: Изд-во «Стандартиформ», 10 с.

16. Калайда М. Л. Биологические основы рыбоводства. Краткая теория и практикум: учеб. пособие. СПб.: Проспект Науки, 2014. С. 152–153.

СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРУДА СУХОГО В Г. САМАРА ПО КОЛОВРАТКАМ

Ю. Л. Герасимов

Самарский университет, yuger55@list.ru

Пруд Сухой расположен в Советском районе г. Самары возле перекрёстка улиц Антонова-Овсеенко и Карбышева на территории Самарского государственного социально-гуманитарного университета (СГСГУ). Пруд был выкопан в конце XIX века, включён в список памятников природы районного значения [1]. В 1990-е г. его состояние ухудшилось, пруд обмелел и начал пересыхать в конце лета.

Последнее обследование экосистемы пруда проводилось в 1997 г., с тех пор её состояние значительно изменилось и мы в 2014 г. провели новое изучение зоопланктона данного пруда.

Форма водоёма исходно прямоугольная, длина до 50 м, ширина до 20 м, глубина воды весной не превышала 1,5 м, а в сентябре менее 0,15 м, но пруд не высох. Питание осуществлялось подземными водами и атмосферными осадками.

Берега пруда покрыты травой, много больших деревьев, с которых падают листья и ветки. Грунт берегов – суглинистый чернозем [2]. Дно илистое, вязкое, с большим количеством листьев и веток. Территория вокруг пруда периодически убирается, но на берегах и мелководьях есть мусор.

В воде пруда АПАВ 0,01 мг/л, нефтепродуктов 0,14 мг/л, железа 1,841 мг/л, азота нитратного 3,35 мг/л, азота нитритного 0,010 мг/л, азота аммонийного 0,08 мг/л, хлоридов 3,55 мг/л, сульфатов 8,26 мг/л. Перманганатная окисляемость воды 13,0 мг/л, жёсткость 2,5 (карбонатная 0,16), минерализация 239,93 мг/л, щёлочность 2,96 [3].

До ближайших зданий от пруда менее 50 м. В 85 м проходит улица Антонова-Овсеенко с интенсивным движением автотранспорта.

Материал для исследования собирали стандартными методами [4], до середины лета – планктонной сетью и 2-литровым батометром, после понижения уровня воды – батометром и кружкой. Выявляли видовой состав и численность коловраток. По общепринятым формулам для сравнения сообщества коловраток с другими прудами рассчитывали индекс видového сходства Серенсена, был также рассчитан индекс видového разнообразия Шеннона [5].

В пруду в 2014 г. обнаружено 29 видов коловраток из 20 родов и 13 семейств. (табл. 1). Только в 4 семействах из 13 более двух родов. Больше всего видов в сем. Brachionidae (9 видов), в 11 семействах один – два вида, что свидетельствует о несбалансированности сообщества [6].

Шесть видов встречены в 2014 г. менее чем в 10% всех проб, 12 видов – менее чем в 25% всех проб. *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*. *Brachionus calyciflorus* и *Platylas quadricornis* были более чем в 50% проб.

Таблица 1

Коловратки пруда Сухого в 2014 г. и их сапробные характеристики*

Название таксона	Сапробность	Название таксона	Сапробность
Сем. Asplanchnidae		Сем. Lecanidae	
<i>Asplanchna girodi guerne</i> , 1888	о-β	<i>Lecane luna</i> (Muller, 1776)	о-β
Сем. Brachionidae		<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	β
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1776	β, β-α	Сем. Notommatidae	
<i>Brachionus quadritentatus</i> Hermann, 1783	β-о	<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1834)	α
<i>Brachionus plicatilis</i> (Muller, 1786)		<i>Eosphora najas</i> (Ehrenberg, 1830)	о-β
<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg, 1832	α	Сем. Phylodinidae	
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	β	<i>Habrotricha bidens</i> (Gosse, 1851)	-
<i>Keratella quadrata</i> (Muller, 1786)	β-о	<i>Philodina roseola</i> (Ehrenberg, 1832)	о-β
<i>Keratella testudo</i> (Ehrenberg, 1832)	-	<i>Rotaria neptunua</i> (Ehrenberg, 1832)	poly
<i>Keratella valga</i> (Ehrenberg, 1834)	-	<i>Rotaria tardigrada</i> (Ehrenberg, 1832)	β
<i>Notholca imiles e</i> (Ehrenberg, 1834)	о-β	Сем. Synchaetidae	
<i>Platylas quadricornis</i> Ehrenberg, 1832	β	<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	о
Сем. Colurellidae		<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	β-о
<i>Colurella adriatica</i> (Ehrenberg, 1831)	-	Сем. Testudinellidae	
Сем. Euchlanidae		<i>Testudinella patina</i> Hermann, 1783	β-α
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	о-β	<i>Testudinella reflexa</i> (Gosse, 1886)	-
<i>Euchlanis triquerta</i> Ehrenberg, 1838	-	Сем. Trichocercidae	
Сем. Filinidae		<i>Trichocerca capucina</i> (Weirzejski et Zacharias, 1893)	о-β
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	β-α	<i>Trichocerca imiles</i> (Weirzejski, 1893)	о
Сем. Hexarthridae		Сем. Trichotriidae	
<i>Hexarthra intermedia</i> (Wiszniewski, 1929)	-	<i>Trichotria pocillum</i> (Muller, 1786)	β-о

Примечание. * – по [8].

Представители родов *Brachionus*, *Euchlanis*, *Keratella* и *Philodina* встречались в пробах 5 месяцев, родов *Platyias*, *Lecane* и *Testudinella* – 4 месяца, остальные коловратки присутствовали в пробах 1–3 месяца.

Количество видов коловраток в пруду Сухом гораздо меньше, чем в прудах парков и скверов г. Самары, скорее всего потому, что он меньше по размерам и глубине, в нём мало водных растений. В то же время в пруду Сухом больше видов коловраток, чем в других сильно мелеющих и высыхающих самарских прудах.

В таблице 2 показаны изменения численности сообщества коловраток. Подобная динамика численности отмечена в самарских городских прудах [7], и в природных водоёмах Волжского бассейна [8]. Поскольку пруд в августе сильно обмелел, в нём не произошло второго подъёма численности, который нередко наблюдается в непересыхающих прудах.

Таблица 2

Сезонная динамика численности (экз./л) коловраток в пруду Сухом

Месяц					
апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
1,346	57,334	34,325	6,532	2,610	0,212

Наибольшей численности (до 25 экз./л) достигла популяция *Keratella quadrata*. Численность *Polyarthra dolichoptera* до 20 экз./л; *Asplanchna girodi* до 19 экз./л. Численность популяций *Synchaeta pectinata*, *Brachionus quadritentatus*, *Brachionus rubens* и *Cephalodella gibba* не превышала 10 экз./л. У остальных 22 видов численность ни разу не превысила 1 экз./л.

Наибольший вклад в общую численность сообщества внесли семейства *Brachionidae* (44,6%), *Synchaetidae* (30,4%) и *Asplanchnidae* (16,6%). Доля *Notommatidae*, *Euchlanidae* и *Philodinidae* от 1% до 3%. У остальных 7-ми семейств численность была менее 1% общей. Получается, что всего 3 семейства обеспечили более 90% общей численности коловраток.

Среди выявленных в пруду Сухом коловраток есть индикаторы органического загрязнения (табл. 1). По численности доминируют виды-индикаторы слабого загрязнения. Видов-индикаторов сильного загрязнения мало, и численность их невелика, но их наличие показывает рост трофности.

Мы сравнили сообщество коловраток пруда Сухого с двумя наиболее близко (500–700 м) расположенными прудами. Выяснилось, что число видов сопоставимо, но коэффициент видового сходства невелик (1,41 и 2,12), а вот численность коловраток в пруду Сухом намного (в 5–10 раз) меньше.

Средняя за сезон величина индекса видового разнообразия Шеннона для пруда Сухого – 2,90 бит. Это меньше, чем в соседних прудах (3,22 бит и 3,05 бит) и объясняется, скорее всего, меньшей численностью коловраток.

Низкую численность коловраток можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, это пресс хищников. В пруду Сухом 28% общей численности приходится на хищных коловраток родов *Asplanchna* и *Synchaeta*, это в 7–10 раз больше, чем в соседних прудах. Кроме того, здесь обитало намного

больше личинок *Chaoborus cristallinus* de Geer, 1776 – их численность доходила до 1 экз./л.

Во-вторых, из литературы известно, что крупные кладоцеры, особенно дафнии, повреждают мелких коловраток в процессе фильтрации, вызывая их гибель [9]. В пруду Сухом дафний всегда было много [2]. В 2014 г. их средняя численность составляла около 20 экз./л, а максимальная превысила 50 экз./л, так что негативное воздействие дафний на коловраток вполне возможно.

В-третьих, эвтрофикация водоёмов стимулирует рост популяций кладоцер [10], уменьшая долю коловраток в зоопланктоне. Наличие индикаторов органического загрязнения показывает постепенный рост трофности пруда Сухого.

Антропогенное воздействие на пруд Сухой после огораживания территории университета значительно уменьшилось, т.к. вечером и ночью местные жители уже не имели доступа к берегам.

Состояние пруда Сухого можно считать достаточно удовлетворительным, значительное число видов показывает сохранение потенциала самоочищения. По видам-индикаторам пруд можно отнести к β -мезосапробной зоне. Загрязнение воды невелико [3]. Для улучшения состояния водоёма мы рекомендуем удалить накопившийся на дне ил и растительные остатки, укрепить берега и расчистить ранее функционировавший [2] в пруду родник. Эти меры могут значительно повысить устойчивость экосистемы пруда.

Литература

1. Голубая книга Самарской области. Самара: СамНЦ РАН, 2007. 199 с.
2. Матвеев В. И., Гейхман Т. В., Соловьева В. В. Самарские пруды как объект ботанических экскурсий. Самара, 1995. 44 с.
3. Белозерова Р. Х., Шабанова А. В. Разработка методики оценки и сравнения уровня загрязненности городских водоемов с использованием шкалы Харрингтона // Изв. вузов. Прикл. хим. и биотехнол. 2011. № 1. С. 142–144.
4. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 246 с.
5. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
6. Мухортова О. В. Таксономический состав зоопланктона в прудах г. Самары // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19. № 1. С. 88–102.
7. Синицкий А. В. Особенности структурной организации зоопланктоценозов малых водоемов урбанизированных территорий: Дис. ... канд. биол. наук. Самара, 2004. 167 с.
8. Чуйков Ю. С. Материалы к кадастру планктонных беспозвоночных бассейна Волги и Северного Каспия. Коловратки (Rotatoria). Тольятти, 2000. 195 с.
9. Dieguez M. C., Gilbert J. J. Daphnia – rotifer interactions in Patagonian communities // Hydrobiologia. 2011. V. 662. P. 189–195.
10. Adamczuk M. et.al. Rotatoria–Cladocera–Copepoda relations in the long-term monitoring of water quality in lakes with trophic variation (E. Poland) // Environ. Earth Sci. 2015. V. 73. P. 8189–8196.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ *MELARAPHE NERITOIDES* LINNAEUS, 1758 (MOLLUSCA: GASTROPODA) У ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

М. В. Макаров

*Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН,
mihaliksevast@inbox.ru*

Брюхоногий моллюск, литорина *Melaraphe neritoides*, является единственным типичным супралиторальным моллюском в Черном море. Он обитает в щелях и различных углублениях крупных камней (валунов) и скал выше уреза воды, в зоне заплеска, прячась от палящих солнечных лучей. Это эвритермный многолетний моллюск продолжительностью жизни более 2 лет с периодом размножения с января по март. По типу питания относится к фитофагам – питается мелкими прикрепленными водорослями и лишайниками на скалах. Питается и ползает, когда поверхность скал увлажняется, в другое время сидит неподвижно [1]. Вид распространен и у других берегов Черного моря, в частности, у побережья Турции [2]. Однако ранее не было сведений о сезонной динамике численности литорины у черноморских, в том числе крымских берегов.

Цель данной работы – изучить сезонную динамику численности моллюска *M. neritoides* у черноморского побережья Крыма.

Материал и методика. Материал собирали с декабря 2000 по ноябрь 2001 гг. в районе Севастополя (юго-западный Крым) и с мая 2016 по октябрь 2017 гг. у берегов Алупки (Южный берег Крыма) на каменистом известняковом субстрате – валунах (рис 1).

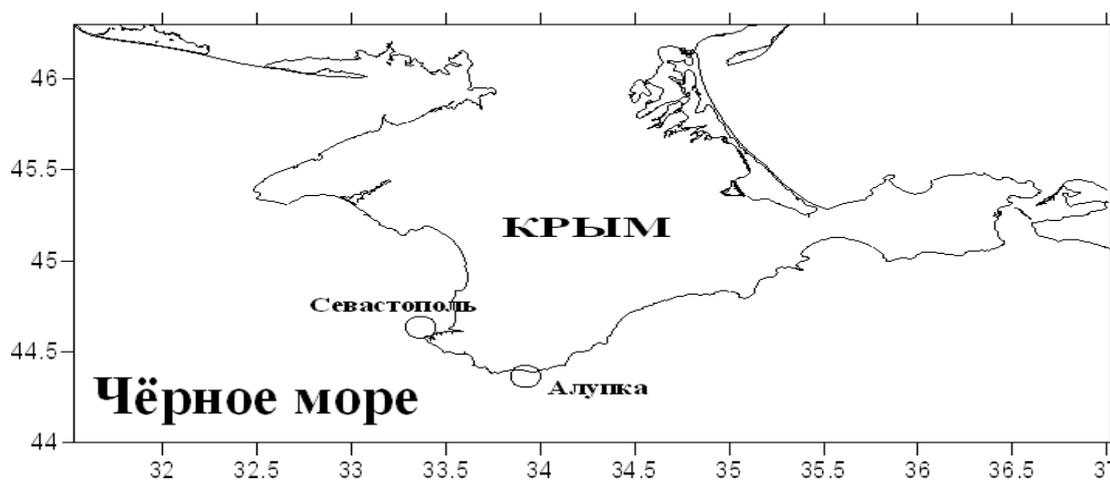


Рис. 1. Схема районов отбора проб *M. neritoides* вдоль побережья Крыма

Пробы отбирали с помощью рамки площадью 0,04 м² на двух горизонтах: 0–20 см выше уреза воды (в. у. в.) и 20–40 см в. у. в. Моллюсков подсчитывали, некоторые экземпляры взвешивали на торсионных весах и измеряли

высоту раковины (мм) с помощью штангенц-циркуля. Затем рассчитывали численность (экз./кг) и в ряде месяцы биомассу (г/кг).

Результаты и обсуждение. Сезонные изменения плотности *M. neritoides* в районе Севастополя не дают представления о чёткой зависимости обилия данного вида от сезона. Это можно объяснить большой нестабильностью условий обитания данного вида (рис. 2).

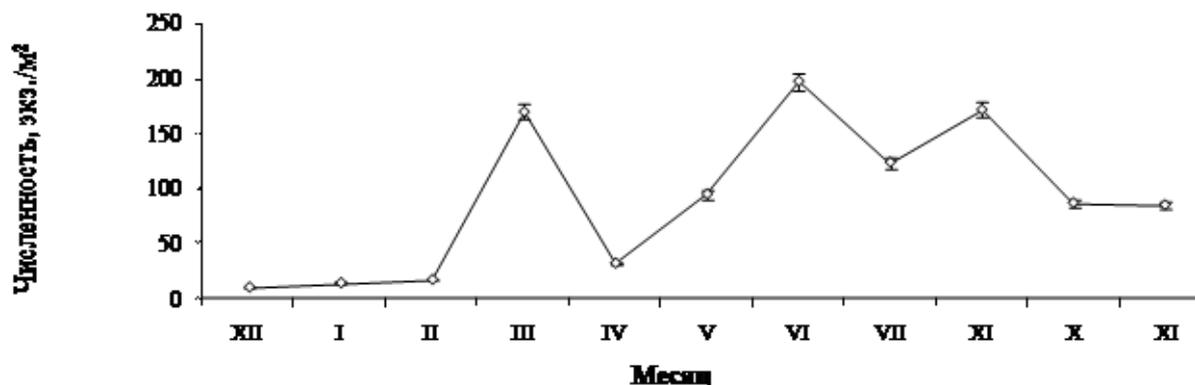


Рис. 2. Сезонная динамика численности *M. neritoides* в супралиторали в районе Севастополя в 2000–2001 гг.

Пик плотности литорины в марте объясняется ее размножением в этот период. В апреле, вероятно, падение численности связано со штормом. Летом вследствие относительно благоприятных условий (мало штормов, много пищи – диатомового оброста), обилие *M. neritoides* увеличивается. Но, в июле плотность вида несколько меньше, чем в июне и сентябре, возможно, из-за высокой температуры воды на глубине 0 м и воздуха (+ 28°C и + 34°C соответственно) и иссушения, поэтому особи вида, вероятно, мигрируют из зоны заплеска непосредственно в воду.

Средняя численность *M. neritoides* у берегов Алупки на каменистом субстрате в период с мая 2016 по октябрь 2017 гг. составила 90 экз./м² в нижнем вертикальном диапазоне (0–20 см выше уреза воды) и 271 экз./м² в верхнем диапазоне (20–40 см в. у. в.). Такую разницу можно объяснить высоким уровнем прибойности в нижнем диапазоне в данном районе, так как он находится у открытого побережья. Максимальные показатели численности и биомассы моллюска отмечены в мае 2016 г. на 20–40 см и в июле 2016 г. на 0–20 см выше уровня моря (рис. 3).

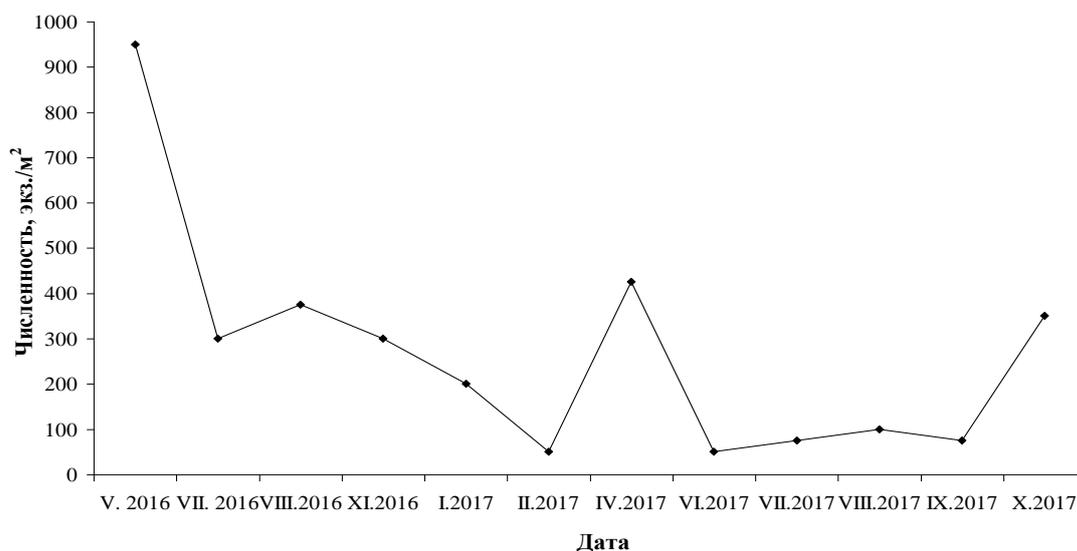


Рис. 3. Сезонная динамика численности *M. neritoides* в супралиторали в районе Алупки на горизонте 20–40 см в. в. в 2016–2017 гг.

Максимум численности литторин в мае вероятно связан с окончанием сезона размножения, уже отсутствием сильных штормов в этот период и в тоже время еще нежаркой погодой. Потом, по мере сначала увеличения температуры воды (до + 26 °С в августе) и воздуха, а затем и периода штормов, численность вида снижается и повышается снова лишь в апреле – после сезона размножения.

Высота раковины моллюсков колебалась от 2,6 до 7,9 мм, в среднем составляя 3,5 мм.

Таким образом, сезонная динамика численности супралиторального вида *M. neritoides* очень нестабильная, что связано со сложными условиями существования вида в зоне заплеска – воздействием штормов, высоких температур воздуха, солнечных лучей и иссушением. Тем не менее, можно выделить некоторые тенденции – повышение численности в период размножения и благоприятной погоды (весной), ее снижение в периоды максимальных температур (летом) и штормов (осенью и зимой).

Литература

1. Чухчин В. Д. Экология брюхоногих моллюсков Черного моря. К.: Наукова думка, 1984. 176 с.
2. Çulha M., Bat L., TürkÇulha S. On the presence of *Melarhaphe neritoides* (Linnaeus, 1758) (Prosobranchia, Gastropoda, Mollusca) in the Sinop peninsula (Central Black Sea, Turkey) // Journal of Applied Biological Sciences. 2007. 1 (2). P. 41–43.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ КАК БИОИНДИКАТОРОВ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

*М. М. Долгин, Е. Н. Мелехина, А. А. Колесникова, Т. Н. Конакова,
А. А. Кудрин, А. А. Таскаева
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, mdolgin@ib.komisc.ru*

Почвенные беспозвоночные широко применяются в качестве индикаторной группы при определении степени негативного воздействия на окружающую среду промышленных загрязнений и нарушений различного характера как в отечественных, так и в зарубежных исследованиях [1–4]. Они быстро реагируют на нарушение условий окружающей среды изменением таксономического состава, численности, структуры населения. По измененным параметрам структурной организации модельных групп почвенной фауны (нематод, орибатид, коллембол, жужелиц, стафилинид, дождевых червей) и комплексов микро- и мезофауны в целом можно судить о степени антропогенной нагрузки на природные экосистемы.

Планомерное и интенсивное изучение почвенных беспозвоночных на европейском северо-востоке России началось лишь после того, как в 1996 г. в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН была организована Лаборатория экологии наземных и почвенных беспозвоночных и подготовлены специалисты по различным таксономическим группам: щелкунам, стафилинидам, жужелицам, дождевым червям, паукам, орибатидам, коллемболам и нематодам. На первом этапе необходимо было провести инвентаризацию фауны почвенных беспозвоночных на огромной территории, включая таежную и тундровую зоны в равнинной части, а также Северный, Приполярный и Полярный Урал. Не сегодняшний день на европейском северо-востоке России зарегистрировано щелкунов – 56 видов [5], стафилинид – 344 [6], жужелиц – 225 [7], дождевых червей – 12, пауков – 416 [8], орибатид – 210, коллембол – 229 видов и 72 рода нематод. Эти исследования будут продолжаться и в дальнейшем.

Проведён многолетний мониторинг (2002–2015 гг.) экосистем, трансформированных в результате нефтяного загрязнения [9–13]. Объекты наблюдения расположены в подзоне крайнесеверной тайги, в Усинском районе Республики Коми, в зоне деятельности нефтедобывающих компаний. Исследовано влияние различных технологий рекультивации на восстановление комплексов почвенных беспозвоночных.

Установлено, что восстановление почвенного зооценоза подчиняется определённым закономерностям. На ранних стадиях восстановления группировки беспозвоночных представлены небольшим числом таксономических групп с доминированием личинок двукрылых и мезостигматических клещей. В ходе сукцессии происходит снижение плотности личинок двукрылых, мезостигматических и акаридиевых клещей и, напротив, повышение плотности

коллембол и панцирных клещей (орибатид). По мере развития фитоценоза и снижения концентрации нефти в почве происходит усложнение группировок беспозвоночных, повышение их численности.

На основании выявленной последовательности восстановления разработана схема демутационной сукцессии почвенной микрофауны [9, 11, 14]. В сукцессии выделяется три этапа, каждый из которых характеризует присутствие и высокое относительное обилие определённой группы микроартропод. Биомаркерами первого этапа являются двукрылые на личиночной стадии жизненного цикла и мезостигматические клещи, второго – коллемболы, третьего – панцирные клещи (орибатиды). Данная схема использована нами для биодиагностики состояния экосистем с нефтяным загрязнением и определения успешности методов их рекультивации [13]. Было показано, что в условиях крайнесеверной тайги рекультивация с использованием биопрепаратов «Универсал» и «Родер» способствует наиболее быстрому восстановлению разнообразия почвенных сообществ, чем агрохимические методы и техническая рекультивация.

В градиенте хронического воздействия выбросами лесопромышленного комплекса (Сыктывкарский ЛПК) исследованы особенности состава и структуры группировок нематод, коллембол, орибатид и почвенной мезофауны [15]. Для коллембол не выявлено существенных изменений видового состава, но отмечена смена доминантных видов и спектра жизненных форм. Так, в почве еловых лесов при среднем уровне загрязнения отмечено увеличение разнообразия группировок коллембол и доли поверхностно-обитающих форм. Это подтверждает гипотезу промежуточного нарушения, согласно которой максимальное разнообразие наблюдается при средней интенсивности воздействия нарушающих факторов. В почве сосновых лесов при сильном уровне загрязнения выявлено уменьшение видового разнообразия ногохвосток, снижение числа почвенных форм, что, по-видимому, связано с изменениями растительного покрова и сокращением мощности подстилки. В ельниках и сосняках черничных по мере приближения к источнику загрязнения происходит существенное уменьшение видового разнообразия и численности панцирных клещей, снижение таксономического разнообразия на уровне видов, родов и семейств и изменение структуры доминирования. Снижается индекс обилия индикаторной жизненной формы – обитателей поверхности почвы и верхних горизонтов подстилки.

Для крупных почвенных беспозвоночных отмечено уменьшение видового разнообразия как в сосняках, так и в ельниках по среднему градиенту загрязнения. Однако на импактных участках елового и соснового леса разнообразие мезофауны возрастает и соответствует таковому на фоновых участках. Это происходит за счет появления здесь представителей кальцефильных групп беспозвоночных (*Gastropoda*, *Lumbricidae*, *Diplopoda*).

Изучено влияние повышенного содержания в почве радионуклидов литогенного происхождения на отдельные группы почвенных беспозвоночных. Исследования проведены в окрестностях посёлка Водный (Ухтинский р-н

Республики Коми). В группировках нематод существенных изменений не выявлено: отмечено снижение численности только для лесных участков, различия по числу родов и вовсе незначительны. Наиболее сильные отличия между фоновыми и импактными участками характерны для коллембол, несмотря на то, что они относительно устойчивы к радиоактивному загрязнению. Так, на загрязненных участках снижается не только численность и видовое богатство коллембол, но происходит и элиминация видов с переходом их группировок к супердоминированию. На импактных участках исчезают поверхностно-обитающие формы коллембол и повышается обилие эуэдафических форм. Определён индикаторный вид коллембол – *Isotomiella minor*, который демонстрирует снижение численности и относительного обилия, как реакцию на различные виды загрязнений. Для мезофауны характерны перестройки трофической структуры сообществ, проявляющиеся в увеличении относительного обилия фитофагов на импактных участках. В импактных сосняках выявлено уменьшение общей численности мезофауны, а на лугах, напротив, увеличение этого показателя [16].

Отличающиеся реакции рассмотренных групп беспозвоночных объясняются их биологическими особенностями и устойчивостью к радиации. Даже в пределах одного участка могут оказаться беспозвоночные, в разной степени контактирующие с ионизирующим излучением [1]. В то же время известно, что и нематоды, и дождевые черви, и насекомые, особенно на личиночной стадии, обладают высокой радиорезистентностью.

Можно заключить, что при воздействии антропогенных нарушений различного характера зарегистрировано изменение разнообразия, численности, состава и структуры группировок почвенной микро- и мезофауны. Выявлены специфические реакции отдельных групп беспозвоночных (нематод, коллембол, панцирных клещей, представителей мезофауны) на определённые виды загрязнений, что позволяет использовать этих животных в биодиагностике состояния нарушенных экосистем.

Литература

1. Криволицкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука, 1994. 268 с.
2. Lebrun Ph., van Straalen N.M. Oribatid mites: prospects for their use in ecotoxicology // *Experimental & Applied Acarology*. 1995. Vol. 19. P. 361–379.
3. Behan-Pelletier V. M. Ceratozetoidea (Acari: Oribatida) of lowland tropical rainforest, La Selva, Costa Rica // *Acarologia*. 1999. Vol. 39. P. 349–381.
4. Zaitsev A. S., van Straalen N. M. Species diversity and metal accumulation in oribatid mites (Acari, Oribatida) of forests affected by a metallurgical plant // *Pedobiologia*. 2001. Vol. 45. P. 466–475.
5. Медведев А. А. Фауна и экология жуков-щелкунов (Coleoptera, Elateridae) европейского северо-востока России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2001. 17 с.
6. Колесникова А. А. Жуки-стафилиниды (Coleoptera, Staphylinidae) европейского северо-востока России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж, 2002. 21 с.

7. Колесникова А. А., Долгин М. М., Конакова Т. Н. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) / Отв. ред. М. М. Долгин. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2017. 346 с. (Фауна европейского северо-востока России. Жужелицы. Т. VIII, ч. 4).
8. Мазура Н. С. Фауна и экология пауков северо-восточной части Русской равнины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2000. 21 с.
9. Мелехина Е. Н. Влияние нефтяных загрязнений на почвенную микрофауну тундровых сообществ крайнесеверной тайги // Экология человека. 2007. № 1. С. 16–23.
10. Мелехина Е. Н. Трофическая структура населения микроартропод в диагностике состояния загрязненных нефтью почв // Питание и пищевые связи в сообществах животных на европейском Севере. Сыктывкар. 2009. (Труды Коми научного центра УрО РАН, № 185). С. 39–50.
11. Мелехина Е. Н. Сукцессии почвенной микрофауны после нефтяного загрязнения // Проблемы почвенной зоологии: Материалы XVII Всерос. совещания по почвенной зоологии. Москва – Сыктывкар, 2014. С. 155–157.
12. Мелехина Е. Н., Маркарова М. Ю., Щемелинина Т. Н., Анчугова Е. М., Канев В. А. Восстановительные сукцессии биоты в торфяной почве с нефтяным загрязнением при различных методах биологической рекультивации // Почвоведение. 2015. № 6. С. 740–750.
13. Мелехина Е. Н., Маркарова М. Ю., Анчугова Е. М., Щемелинина Т. Н., Канев В. А. Определение эффективности методов рекультивации загрязненных нефтью почв // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2016. Вып. 3(27). С. 61–70.
14. Мелехина Е. Н. Восстановительные сукцессии микроартропод в почвах с нефтяным загрязнением // Животные: экология, биология и охрана: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2012. С. 250–251.
15. Долгин М. М., Колесникова А. А., Конакова Т. Н., Таскаева А. А., Мелехина Е. Н. Почвенные беспозвоночные в индикации состояния хвойных лесов в районе выбросов Сыктывкарского лесопромышленного комплекса // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 3. С. 24–35.
16. Колесникова А. А., Кудрин А. А., Конакова Т. Н., Таскаева А. А. Состав и численность почвенной фауны в районе с повышенным уровнем радиоактивности (Республика Коми, пос. Водный) // Радиационная биология. Радиозоология. 2015. Т. 55. № 3. С. 282–292.

СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ГОЛЬЯНЕ ИЗ БАССЕЙНОВ РЕК ПЕЧОРА И ВЫЧЕГДА

Г. Н. Доровских, В. В. Мазур

*Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина,
dorovskg@mail.ru*

Проблема накопления металлов, прежде всего тяжелых (ТМ), в организме рыб является актуальной в связи с продолжающимся загрязнением водоемов этой группой химических элементов во многих странах, включая Россию. В водных экосистемах ТМ существуют неопределенно долго, переходя из ионной формы в связанную с тем или иным лигандом. Рыбы, являясь более чувствительными к ТМ, чем высшие позвоночные [1], завершают трофические цепи гидробиоценоза и концентрируют металлы, содержащиеся в воде, донных осадках, планктоне и бентосе, отражая гидрогеохимические условия и степень загрязнения водоема [2]. Наибольший повреждающий ущерб ме-

таллами наносится водным экосистемам северных широт, имеющих слабую минерализацию воды [3].

Эта работа проведена на водотоках Печоро-Илычского природного государственного биосферного заповедника. Для сравнения взят голян *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) (Cypriniformes, Cyprinidae) из участка р. Човью, левого притока среднего течения р. Вычегды, лежащего в черте г. Сыктывкара (микрорайон В. Чов). Выбор голяна в качестве объекта исследования обусловлен широким его распространением, многочисленностью, малыми размерами и относительной легкостью отлова.

Учитывая наличие указаний на половые различия в содержании микроэлементов в тканях рыб [4], выборки формировали из равного числа самок и самцов. Каждая анализируемая навеска состояла из смеси 10–20 экз. голяна. Его пробы высушивали в полевых условиях и помещали в пластиковые емкости без использования консервантов. В лаборатории образцы обугливали минимальным количеством концентрированной серной кислоты, с последующим высушиванием минерализата при 1200°–1500° С. Далее их подвергали озолению в муфельной печи при постепенном нагреве от 0° до 400°–450° С до достижения образцом постоянной массы. Далее пробы измельчали до однородной порошкообразной массы. Содержание металлов (Mg, Al, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Pb, Ti, Tl, Mo, Hg, Co, Ni) в них определяли методом рентгеноспектрального микроанализа при помощи низковакуумного сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6380 LV (Япония), оснащенного энергодисперсионной рентгеновской приставкой Oxford INCA Energy 250 (Великобритания). Относительная ошибка измерения составила 0,1–3,0 %. Результаты получены в виде весового процента элемента в образце. Пересчет в мкг/г произведен по формуле:

$$C_{\text{мкг/г}} = C_{\text{вес, \%}} \times 104,$$

где $C_{\text{мкг/г}}$ – массовая концентрация металла в пробе (мкг/г), $C_{\text{вес, \%}}$ – весовое процентное содержание элемента в пробе.

В пробах, результаты определения содержания металлов в которых использованы для этой публикации, отмечены только Ca, Zn, Cu, Mg, Al, Cd, Pb. По каждому металлу проведено по 10 измерений.

Материал каждый год собирали в течение недели из одних и тех же точек, при температуре воды 9,1–16,3° С, рН 8,1–8,9. Рыбу для проб брали одного размера и возраста. С целью обоснования такого подхода к формированию проб проведены работы по выяснению различий в содержании металлов в рыбе разного возраста, физиологического состояния (с опухольями и без таковых), отловленной в разные периоды одного года и в один и тот же сезон разных лет.

Голян разного возраста. В ряде работ указано на накопление металлов организмами с возрастом или увеличением размера тела, в других – это отрицается [5], в 3-х доказывают отсутствие каких-либо закономерностей в кумуляции металлов гидробионтами разного возраста [4].

Учитывая отсутствие однозначности в этом вопросе, проведены соответствующие исследования на гольяне 1+ и 2+ из р. Б. Шайтановка. Рыбу отловили в один день из одного и того же участка русла (табл. 1). Разница в содержании металлов в рыбе 1+ и 2+ статистически значима ($F=297,7$; $P<0,001$). Наибольшие отличия отмечены в концентрации Ca ($t_{st}=9,714$; $P<0,001$), Zn ($t_{st}=6,478$; $P<0,01$) и Cu ($t_{st}=4,036$; $P<0,01$). Содержание Mg в организме гольяна разного возраста статистически одинаково ($t_{st}=2,043$; $P>0,05$).

Исходя из полученных данных, для работы выбран гольян возраста 2+, который встречен во всех пунктах сбора материала. Рыба 1+ из р. Б. Шайтановки из дальнейшего рассмотрения убрана.

Гольян с опухолями. Известно, что микроэлементный состав и распределение химических элементов в тканях рыб определяется физиологическим состоянием их организма в данный момент [4]. Особенно интенсивно накапливаются в организме микроэлементы необходимые для его жизнедеятельности и активно участвующие в физиолого-биохимических процессах дыхания, кроветворения, депонирования, выделения и других, т.е. в тех процессах, в которых металлы выполняют свои биокаталитические функции как необходимые компоненты сложных белковых молекул и, прежде всего, ферментов, дыхательных пигментов, витаминов и других биологически активных соединений [6].

В исследуемых водотоках обнаружены экземпляры гольяна с опухолями, в отдельных пунктах они составляли до 41% от числа исследованных его особей. Рыба с опухолями имеет более мелкие размеры, меньший вес тела, темп роста, отличается она и своим поведением от таковой без опухолей. Возник вопрос о возможном влиянии этих особей, в случае их попадания в выборку, на показатели содержания металлов в теле гольяна.

Анализ показал, что статистически значимых различий в содержании металлов в организме рыбы с опухолями и без таковых нет ($F=1,043$; $P>>0,05$), как нет их и в содержании по отдельности Ca ($t_{st} 2,0$; $P>0,05$), Zn ($t_{st}=1,8$; $P>>0,05$) и прочих металлов (табл. 1). Тем не менее, при формировании пробы особей гольяна с опухолями отбраковывали.

Таблица 1

Содержание металлов (мкг/г сух. массы) в тушке гольяна из русла р. Б. Шайтановки (приток р. Печоры)

Участок водоема и возраст гольяна	Металлы			
	Ca	Zn	Cu	Mg
3-й км русла (1+)	870,0±17,9	80,0±9,4	90,0±20,0	30,0±11,2
3-й км русла (2+)	660,0±10,3	190,0±14,1	180,0±9,8	70,0±16,1
Стоянка лодок (2009 г.)	670,0±12,6	220,0±10,5	190,0±11,3	90,0±13,4
Стоянка лодок (2010 г.)	680,0±18,5	280,0±11,7	230,0±14,3	90,0±13,6
Гольян с опухолями				
Стоянка лодок (2010 г.)	620,0±23,6	240,0±18,1	260,0±19,8	80,0±10,6

Гольян в разные месяцы одного года. Имеются указания на несходство в содержании металлов в организме рыбы в разные периоды года, что, как

предполагают, связано со спецификой обменных процессов, протекающих в организме рыбы в различные сезоны, спектром питания, а также абиотическими факторами среды обитания [4, 5].

В связи с этим возникла необходимость выбора наиболее оптимального времени для сбора материала. Для этого проверили наличие разницы в содержании металлов в организме гольяна 2+ в разные месяцы одного года, отловленного в одном и том же участке водотока. Сравнительный анализ содержания металлов в организме гольяна из р. Човью (табл. 2) в мае, июле и октябре 2010 г. показал, что наблюдаемые различия статистически незначимы ($F=2,632$; $P \gg 0,05$). Однако концентрация в организме рыбы в разные месяцы Ca ($t_{st}=3,836-5,627$; $P \ll 0,05$) и Zn ($t_{st}=7,647$; $P \ll 0,01$) различна. Отклонения в содержании прочих металлов статистически незначительны ($t_{st}=0,253-2,650$; $P > 0,05$).

Исходя из полученных результатов сбор материала во всех случаях осуществлен в последней 5-ти дневке июня – 1-й декаде июля.

Таблица 2

**Содержание ТМ и макроэлементов в гольяне из р. Човью
в зависимости от времени сбора материала, мкг/г сух. массы**

Месяц сбора ма- териала	Металлы					
	Ca	Zn	Cu	Mg	Al	Cd
Май	950,0±22,8	60,0±11,9	155,0±16,1	170,0±10,4	90,0±12,4	2,0±1,0
Июль	1160,0±49,8	80,0±9,3	140,0±10,2	160,0±16,7	-	-
Октябрь	810,0±36,7	190,0±12,3	100,0±11,1	100,0±13,0	70,0±17,6	9,0±3,5

Гольян в разные годы. Поскольку имеются данные, указывающие на различия в содержании металлов в организме рыб в один и тот же сезон разных лет [5], то при формировании выборок было решено сравнить концентрацию металлов в тушках гольяна возраста 2+ собранного в начале июля разных лет из одних и тех же мест рек Б. Шайтановка и Човью. Материал подготовлен и обработан одними методами.

Влияние особенностей 2009 и 2010 гг. на содержание металлов в организме рыбы (табл. 1) из р. Б. Шайтановка в р-не стоянки лодок ($F=5,51$; $P > 0,05$), как и на содержание каждого элемента в отдельности ($t_{st} = 0,247-0,488$; $P \gg 0,05$), статистически незначимо.

В 2009–2011 гг. такие же исследования проведены на примере гольяна из р. Човью (табл. 3). Из года в год содержание металлов в организме рыбы оставалось статистически одинаково ($F=4,687$; $P > 0,05$), а концентрация каждого элемента в отдельности практически не отличалась.

**Содержание металлов (мкг/г сух. массы) в гольяне из р. Човью
в начале июля 2009–2011 гг.**

Год сбора материала	Металлы					
	Ca	Zn	Cu	Mg	Al	Cd
2009	1150,0±65,4	70,0±13,7	120,0±19,8	160,0±17,4	-	2,5±1,4
2010	1160,0±49,8	80,0±9,3	140,0±10,2	160,0±16,7	-	-
2011	1100,0±59,8	90,0±14,5	150,0±14,9	180,0±15,9	10,0±4,7	-

Итак, содержание металлов в рыбе возраста 1+ и 2+ различно, особенно оно существенно в отношении Ca, Zn и Cu; в мае, июле и октябре кумуляция металлов в организме гольяна статистически одинакова, но концентрация Ca и Zn в эти периоды различна; влияние особенностей разных лет на накопление металлов в организме рыбы, как и каждого из них в отдельности, статистически незначимо; различий в количестве металлов, приходящихся на единицу веса тела рыбы с опухолями и без таковых, не обнаружено.

Литература

1. Детлофф Г. М., Бейли Г. К., Майер К. Дж. Эффекты растворенной меди на некоторые гематологические, биохимические и иммунологические показатели радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) // Архивы загрязнения окружающей среды и токсикологии. 2001. С. 371–380.
2. Курамшина Н. Г., Курамшин Э. М., Николаева С. В. Биоаккумуляция ТМ в рыбе водных объектов РБ // Экологическая безопасность и охрана природной среды. Сб. науч. трудов международной НПК в рамках экологического форума и специализированной выставки «Уралэкология. Промышленная безопасность – 2012». Уфа, 2012. С. 91–94.
3. Виноградов Г. А. Процессы ионной регуляции у пресноводных рыб и беспозвоночных. М.: Наука, 2000. 216 с.
4. Андреев В. В. Микроэлементный состав органов и тканей белуги на различных стадиях жизненного цикла // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. 2009. № 1. С. 108–114.
5. Бичарева О. Н. Особенности содержания меди, цинка и марганца в органах и тканях белого амура // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2009. № 1. С. 115–118.
6. Брень Н. В. Использование беспозвоночных для мониторинга загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами (Обзор) // Гидробиологический журнал. 1999. Т. 35. № 4. С. 75–88.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ РИСУНКА ПЕРЕДНЕСПИНКИ КЛОПА-СОЛДАТИКА (*PYRRHOCORIS APTERUS*) В РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ БИОИНДИКАЦИИ

А. Р. Ильясова¹, А. В. Мельникова²

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Lie4ka_101@mail.ru

² Институт проблем экологии и недропользования Академии наук РТ,
d.bugensis@mail.ru

Изучение экологической ситуации в регионе требует применения эффективных методов контроля состояния среды. Индикационные исследования заняли важное место среди методов и способов изучению окружающей среды. Перспективным подходом в данном направлении является оценка качества среды с использованием показателей стабильности-нестабильности индивидуального развития видов-индикаторов наземных экосистем. Среди быстрых и эффективных методов мониторинга наиболее доступным и информативным является фенетический подход [1, 2]. Объектом для проведения фенетических исследований, отвечающий указанным критериям, считается клоп-солдатик *Pyrrhocoris apterus* (Linnaeus, 1758). Существенным моментом взаимодействия клопа-солдатика со средой является формирование определенных вариаций элементов рисунка. Так же важным индикационным признаком является степень асимметрии рисунка покровов и/или процент асимметричных особей [3–5].

Исследования характера изменчивости меланизированного рисунка покровов *P. apterus* для оценки качества среды проводились в Малмыжском районе Кировской области в 2016 г. Малмыжский район расположен в зоне лесостепи по правой стороне р. Вятки на юго-востоке Кировской области. Лидирующими отраслями района являются животноводство и сельское хозяйство. По территории исследуемого района проходят автотрассы регионального значения: Казань – Пермь и Киров – Малмыж – Вятские Поляны. Данный район испытывает антропогенное влияние, что указывает на актуальность исследования его современного экологического состояния.

Проведены популяционные выборки клопа-солдатика *P. apterus* из 6 экосистем с различным уровнем антропогенного воздействия: удаленность автодорог (более 30–60 м), интенсивность движения автотранспорта и наличие застроек, зеленых насаждений и лесных массивов. В результате были выбраны 6 станций отбора: станция № 1 – лесопосадка, № 2 – лесополоса у трассы Вятские Поляны – Киров (Р-169; удаленность > 60 м), № 3 – береговая зона р. Вятка, № 4 – центр г. Малмыж, № 5 – участок вблизи Малмыжского маслозавода в с. Калинино и № 6 – у асфальтового завода. Объем выборки в каждой популяции составил 100 особей (всего проанализировано 600 половозрелых особей клопа. При выполнении исследований использован комплекс общепринятых методик, включающих полевые исследования, сбор и камеральную обработку материала [6–8].

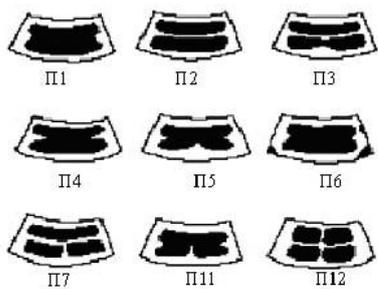


Рис. Выявленные фенотипические вариаций рисунка (*П*) клопа-солдатика *P. apterus* в Малмыжском районе в 2016 г. по [4]

Для исследования фенетического разнообразия группировок особей *P. apterus* использовали изменчивость рисунка переднеспинки (*П*). Математическая обработка материала исследуемых территорий позволила выявить варибельность фенотипов клопа-солдатика. В результате проведенных исследований было выделено 8 фенотипических вариаций рисунка переднеспинки (*П*) клопа-солдатика – *П1*, *П2*, *П3*, *П4*, *П5*, *П6*, *П7*, *П11* и *П12* (рис.).

Анализ данных выявил, что во всех выборках встречались особи с вариацией

П1 (44–89%). По литературным данным данная морфа является исходным типом для ненарушенных экологических систем, и имеет, возможно, наибольшее адаптационное значение [3, 4].

Наименьшее разнообразие по встречаемости морф было зафиксировано на участке № 1, в остальных же популяциях этот показатель колебался в пределах 5 вариаций. На всех участках также было отмечено доминирование особей с вариацией переднеспинки *П5*, частота встречаемости их составила 4–28%. Таким образом, обнаруженные во всех популяциях вариация *П1* и *П5* можно считать наиболее информационно-значимыми при биоиндикации исследуемых нами биот. Тогда как особи с морфами *П2*, *П3*, *П7* и *П11* были отмечены в незначительном количестве [9].

Для определения уровня антропогенного воздействия на местах обитания анализируемых популяций нами был проведен анализ вариации (*П1*) меланизированного рисунка переднеспинки клопа, за основу которой была использована шкала по И. В. Батлуцкой [3]. Учет анализируемых выборок позволил выявить две группы популяций в зависимости от степени воздействия факторов среды.

Первая группа – испытывает слабое антропогенное влияние, и исследуемый участок относят к первому классу качества (частоты встречаемости вариации $П1 \geq 70\%$). К данной группе была отнесена популяции со станции № 1, где частота выборки вариации *П1* составила 89%. Данная станция характеризуется удаленностью от крупных дорог, городских застроек (более 60 м) и от промышленных предприятий, а также наличием лесополосы (смешанный лес).

Вторая группа – принимает на себя средний уровень антропогенное влияния и, соответственно, участок относят ко второму классу качества (частоты встречаемости вариации *П1* там составляет 50–70%). К данной группе были отнесены популяции со станций № 2, 3, 4, 5 и 6. Эти участки обусловленным высоким уровнем транспортного движения, наличием автотрасс и хозяйственных и промышленных застроек, также условиями систематического

применения химических агентов сопутствующих сельскохозяйственному производству. Предполагаем, что популяции подвергаются единичным или повторяющимся кратковременным антропогенным стрессам, приводящим к незначительным обратимым нарушениям стабильности развития.

Анализ средней частоты асимметричного проявления вариаций показал, что на станции № 1 этот показатель составил 0,0511, что позволил отнести данный участок ко 2 классу, характеризующийся слабым уровнем антропогенного влияния. Показателем слабого антропогенного влияния может выступать полное отсутствие вариации *П2*, *П3*, *П4*, *П6*, *П11* и *П12*. В остальных популяциях клопов наблюдается увеличение значений средней частоты асимметричного проявления, что характеризует усиление уровня антропогенного воздействия. Так встречаемость эталонной вариации (*П1*) на станции № 6 составила лишь 44%, а частота асимметрии – 0,1561, что указывает на средний уровень антропогенного влияния.

Математическая обработка материала позволила выявить вариабельность морф *P. apterus*, обитающего в наземных экосистемах, отличающихся совокупностью экологических факторов и степенью антропогенного вмешательства. Проведенный анализ частоты встречаемости вариаций меланизированного рисунка переднеспинки (*П*) в обозначенных популяционных группах позволил подтвердить справедливость предположения о возможности группировки популяций со слабым и средним антропогенным воздействием.

Согласно полученным данным, состояние качества среды на исследуемых территориях по данным частоты асимметричного проявления неоднородно. Наибольший показатель среднего значения частоты асимметричного проявления наблюдается на станции № 1, а наименьший – на № 4.

Таким образом, при возрастающих естественном и антропогенном воздействиях на развитие особей в популяциях клопа-солдатика наблюдается увеличение числа насекомых с асимметрией в меланизированном рисунке покрова. Распространенность отдельных морф рисунка в исследованных популяциях различались территориально. По данным анализа изменчивости рисунка покровов *P. apterus* оценка качества среды исследуемых территорий варьировал от «слабой» до «средней» степени антропогенного воздействия, что соответствует 2 и 3 баллам, т.е. район характеризуется средним уровнем антропогенного воздействия. В дальнейших исследованиях необходимо накопление материала, что позволит более полно интерпретировать полученные результаты для дальнейшего мониторинга данной среды.

Литература

1. Яблоков А. В. Фенетика: Эволюция, популяция, признак. М.: Просвещение, 1981. 159 с.
2. Мелехова О. П. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование. М.: Академия, 2008. 287 с.
3. Батлуцкая И. В. Изменчивость фенетической структуры природных популяций клопа-солдатика в различных экологических условиях // Экологическая безопасность и здоровье людей в XXI в. Белгород, 2000. С. 14–17.

4. Батлуцкая И. В. Изменчивость меланизированного рисунка насекомых в условиях антропогенного воздействия: Монография. Белгород, 2003. 168 с.
5. Батлуцкая И. В. Экологический и морфологический анализ изменчивости меланизированного рисунка покрова насекомых: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Ульяновск, 2004. 32 с.
6. Захаров В. М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). М.: «Наука», 1987. 216 с.
7. Захаров В. М. Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. М.: Московское отделение международного фонда «Биотест», 1993. 68 с.
8. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур)» (распоряжение Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р).
9. Ильясова А. Р., Утямышева Ю. С. Биоиндикация среды Малмыжского района Кировской области по характеру изменчивости рисунка переднеспинки клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus* L.) // Трешниковские чтения – 2017: Материалы Всерос. науч. практ. конф. Ульяновск: ФГБОУ «УлГПУ им. И. Н. Ульянова». 2017. С. 138–140.

РЕДКИЕ И ИСЧЕЗАЮЩИЕ ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ (LEPIDOPTERA) РЕСПУБЛИКИ КОМИ: 20 ЛЕТ НАБЛЮДЕНИЙ

О. И. Кулакова, А. Г. Татарин

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

Чешуекрылые – один из самых многочисленных отрядов насекомых, объединяющая более 160000 видов [1], распространенных от экваториальных лесов до арктических тундр на севере и субантарктических широт в Южном полушарии. Они являются важным компонентом большинства наземных биогеоценозов, выполняя функции опылителей цветковых растений, играют значительную роль в питании животных-энтомофагов. Благодаря короткому жизненному циклу, трофической специализации гусениц, крылатой стадии имаго, бабочки быстро реагируют на изменение условий окружающей среды колебанием границ видовых ареалов, численности популяций, структуры фаун и населения. Это обуславливает их высокие биоиндикационные свойства и возможность использования в экологическом мониторинге. В результате антропогенного преобразования природных ландшафтов и сообществ многие виды чешуекрылых в настоящее время стали редкими или оказались на грани исчезновения, поэтому включены в большинство национальных и региональных Красных книг (далее КК). В основном списке КК Российской Федерации [2] насчитывается 33 вида, еще 54 вида внесены в «Аннотированный перечень таксонов и популяций животных, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде» (Приложение 3).

Первый список редких и исчезающих видов чешуекрылых, распространенных на территории Республики Коми, был составлен в 1997 г. и включен в первое издание региональной КК [3]. Он содержал 20 видов из восьми семейств (табл.), которым в зависимости от численности и встречаемости был присвоено четыре статуса редкости и уязвимости по системе категорий, при-

нятой в КК РСФСР [4]. К категории 1(E) – «находящиеся под угрозой исчезновения» были отнесены шесть видов, к категории 2(V) – «сокращающиеся в численности» – три вида, к категории 3(R) – «редкие» – девять видов и к категории 4(I) – (неопределенные по статусу) – два вида.

Таблица

Состав и категории редкости видов Красной книги Республики Коми

Название семейства, вида		Категория редкости			
латинское	русское	в КК		в списке 2018 г.	по критериям МСОП
		1 изд. 1998 г.	2 изд. 2009 г.		
1	2	3	4	5	6
Рарilionidae – Парусники					
<i>Papilio machaon</i> L.	<i>Хвостоносец махаон</i>	1(E)	бн	бн	LC
<i>Parnassius phoebus</i> (F.)	<i>Парусник феб</i>	1(E)	3(R)	3(R)	NT
<i>Driopa mnemosyne</i> (L.)	<i>Парусник мнемозина</i>	1(E)	2(V)	2(V)	NT
Pieridae – Белянки					
<i>Pontia callidice</i> (Hbn.)	<i>Белянка каллидика</i>	–	–	бн	LC
<i>Colias hecla</i> Lfb.	<i>Желтушка гекла</i>	–	бн	бн	LC
<i>C. tyche</i> (Böb.)	<i>Ж. тиха</i>	–	–	бн	DD
Lycaenidae – Голубянки					
<i>Thecla betulae</i> (L.)	<i>Хвостатка березовая</i>	–	–	бн	DD
<i>Lycaena phlaeas</i> (L.)	<i>Червонец пятнистый</i>	–	–	бн	DD
<i>Cupido minimus</i> (Fsl.)	<i>Голубянка карликовая</i>	–	–	бн	DD
<i>C. alcetas</i> (Hoff.)	<i>Короткохвостка альцет</i>	–	–	бн	DD
<i>Agriades glandon</i> (Prun.)	<i>Г. гландон</i>	–	бн	3(R)	NT
<i>Glaucopsyche alexis</i> (Poda)	<i>Г. алексис</i>	–	–	бн	LC
<i>Polyommatus eros</i> (Oesh.)	<i>Г. эрос</i>	–	бн	3(R)	NT
Nymphalidae – Нимфалиды					
<i>Limenitis populi</i> (L.)	<i>Ленточник тополе- вый</i>	3(R)	бн	бн	LC
<i>Neptis rivularis</i> (Scop.)	<i>Пеструшка таволго- вая</i>	–	бн	бн	DD
<i>N. sappho</i> (Pall.)	<i>П. сапфо</i>	–	–	бн	DD
<i>Vanessa atalanta</i> (L.)	<i>Адмирал</i>	3(R)	–	–	LC
<i>Euphydryas iduna</i> (Dalm.)	<i>Шашечница идуна</i>	–	3(R)	3(R)	NT
<i>E. ichnea</i> (Bsd.)	<i>Ш. промежуточная</i>	–	–	бн	DD
<i>Argynnis paphia</i> (L.)	<i>Перламутровка па- фия</i>	3(R)	бн	–	LC
<i>Issoria eugenia</i> (Ev.)	<i>П. евгения</i>	3(R)	3(R)	бн	LC
<i>Clossiana polaris</i> (Bsd.)	<i>П. полярная</i>	–	бн	бн	DD
<i>C. chariclea</i> (Schn.)	<i>П. харикло</i>	–	бн	бн	DD
<i>C. improba</i> (Butl.)	<i>П. арктическая</i>	–	бн	бн	DD
<i>C. selenis</i> (Ev.)	<i>П. селена восточная</i>	–	–	бн	DD

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
<i>Clossiana tritonia</i> (Vöb.)	<i>П. тритония</i>	–	3(R)	2(V)	VU
Satyridae – Сатириды					
<i>Pararge aegeria</i> (L.)	<i>Краеглазка эгерия</i>	–	–	бн	DD
<i>Lopinga achine</i> (Scop.)	<i>К. печальная</i>	–	–	бн	DD
<i>L. deidamia</i> (Ev.)	<i>К. дейдамия</i>	–	–	бн	DD
<i>Lasionmata maera</i> (L.)	<i>Буроглазка большая</i>	–	–	бн	DD
<i>Erebia discoidalis</i> Kirb.	<i>Чернушка мраморная</i>	3(R)	бн	бн	DD
<i>E. fasciata</i> (Butl.)	<i>Ч. перевязанная</i>	3(R)	бн	бн	LC
<i>E. jeniseiensis</i> Tryb.	<i>Ч. енисейская</i>	–	бн	бн	DD
<i>Oeneis magna</i> Gr.	<i>Энеис большой</i>	–	–	3(R)	NT
<i>Oe. polixenes</i> (F.)	<i>Э. поликсена</i>	–	–	бн	DD
Hesperiidae – Толстоголовки					
<i>Pyrgus alveus</i> (Hbn.)	<i>Толстоголовка пестрая</i>	–	–	бн	DD
<i>P. andromedae</i> (Wall.)	<i>Т. подбеловая</i>	–	бн	3(R)	NT
Saturniidae – Павлиноглазки					
<i>Aglia tau</i> (L.)	<i>Павлиноглазка рыжая</i>	2(V)	бн	бн	LC
<i>Eudia pavonia</i> (L.)	<i>П. малая</i>	1(E)	3(R)	3(R)	NT
Lemoniidae – Осенние шелкопряды					
<i>Lemonia taraxaci</i> ([Den. et Shiff.])	<i>Шелкопряд одувачиковый</i>	–	–	бн	DD
Endromidae – Березовые шелкопряды					
<i>Endromis versicolora</i> (L.)	<i>Ш. березовый</i>	4(I)	бн	бн	LC
Lasiocampidae – Коконопряды					
<i>Eriogaster lanestris</i> (L.)	<i>Коконопряд пушистый</i>	–	–	бн	DD
<i>Lasiocampa quercus</i> (L.)	<i>К. дубовый</i>	–	–	бн	DD
<i>Gastropacha quercifolia</i> (L.)	<i>К. дуболистный</i>	–	–	бн	DD
Sphingidae – Бразники					
<i>Hemaris fuciformis</i> (L.)	<i>Шмелевидка жимолостевая</i>	3(R)	бн	бн	LC
<i>Laothoe populi</i> (L.)	<i>Бразник тополевый</i>	3(R)	бн	–	LC
<i>L. amurensis</i> (F. Wald.)	<i>Б. осиновый</i>	1(E)	3(R)	3(R)	LC
<i>Smerinthus ocellatus</i> (L.)	<i>Б. глазчатый</i>	2(V)	бн	бн	LC
<i>S. caecus</i> (Mén.)	<i>Б. слепой</i>	1(E)	бн	бн	LC
Arctiidae – Медведицы					
<i>Arctia caja</i> (L.)	<i>Медведица кайя</i>	3(R)	бн	–	LC
<i>Pararctia tundra</i> Tshist.	<i>М. тундровая</i>	–	бн	бн	DD
<i>P. lappona</i> (Thnb.)	<i>М. лапландская</i>	–	–	бн	DD
<i>Acerbia alpina</i> (Quen.)	<i>М. альпийская</i>	–	бн	бн	DD
<i>Grammia quenseli</i> (Payk.)	<i>М. Квензеля</i>	–	бн	бн	DD
Noctuidae – Совки					

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
<i>Catocala fraxini</i> (L.)	Ленточница голубая	2(V)	3(R)	3(R)	DD
<i>C. adultera</i> Mén.	Л. неверная	4(I)	бн	бн	DD
<i>C. fulminea</i> (Scop.)	Л. желтая	–	–	бн	DD

Примечание: бн – перечень объектов растительного и животного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде и рекомендуемых для бионадзора.

Мероприятия по ведению КК Республики Коми в течение следующего десятилетия позволили существенно скорректировать состав, статус редкости и уязвимости охраняемых видов чешуекрылых. Во 2-е издание [5] в основной список было включено восемь видов. Видов, находящихся под угрозой исчезновения (категория 1(E)), выявлено не было, один вид – парусник *Driopa mnemosyne* (L.) был отнесен к категории 2(V), остальные определены как редкие на территории Республики Коми. Еще 25 видов вошло в Приложение 1 «Перечень (Список) объектов растительного и животного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде и рекомендуемых для бионадзора». Для поддержания численности популяций этих видов в регионе не требуется специальных мер охраны, но необходимы постоянные наблюдения специалистов за их состоянием.

Выход третьего издания КК Республики Коми запланирован на 2018–2019 гг. В настоящее время составлен предварительный перечень краснокнижных чешуекрылых, включающий 53 вида из 12 семейств чешуекрылых. Основной список содержит 10 видов. Поддержание и восстановление их численности требует специальных мероприятий по охране самих насекомых и их местообитаний *in situ*, применения штрафных санкций к физическим и юридическим лицам в случае нанесения прямого или опосредованного ущерба состоянию природных популяций. Остальные виды вошли в список бионадзора.

В России запущен процесс оценки состояния численности редких объектов с использованием системы категорий и критериев МСОП версии 2016-3 (IUCN, 2016), результаты которой должны будут учитываться при подготовке новых изданий национальной и региональных КК. В ходе ведения КК Республики Коми была сделана такая оценка, для чешуекрылых, запланированных для включения в основной список и список бионадзора третьего издания. Среди них не оказалось исчезнувших видов (категории EX, EW) и не выделено на данном этапе исследований видов, находящихся в критическом (CR) или опасном (EN) состоянии. Единственным видом, попавшим в категорию «Уязвимые» (VU) из блока «Находящиеся под угрозой исчезновения», является перламутровка *Clossiana tritonia*. Основным и постоянно действующим лимитирующим фактором численности двух выявленных на Полярном Урале локальных популяций является относительно легкий доступ к локальным популяциям и непосредственный вылов бабочек этого вида коллекционерами и

с коммерческими целями. К категории NT «Находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому» отнесены восемь чешуекрылых краснокнижного списка. Существующие угрозы обуславливают высокую вероятность отнесения этих видов к категории VU в ближайшем будущем. Данных о состоянии и динамике численности 30 видов пока совершенно недостаточно, чтобы оценить риск их исчезновения (категория DD). В третьем издании КК Республики Коми их планируется включить в список бионадзора. Наконец, численность и встречаемость 13 видов чешуекрылых по критериям МСОП не вызывает опасений на данном этапе наблюдений, поэтому они отнесены к категории LC, но оставлены в списке видов, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде и рекомендуемых для бионадзора.

Литература

1. Van Nieuwerkerken et al. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758 Animal diversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness // Zootaxa. 2011. № 3148. P. 212–221.
2. Красная книга Российской Федерации (Животные). М.: АСТ Астрель, 2001. 860 с.
3. Красная книга Республики Коми / Под ред. А. И. Таскаева. М. – Сыктывкар: Изд-во ДИК, 1998. 527 с.
4. Красная книга РСФСР. Животные. М.: Россельхозиздат, 1983. 458 с.
5. Красная книга Республики Коми. 2-е изд. / Под ред. А. И. Таскаева. Сыктывкар, 2009. 791 с.
6. Категории и критерии Красного списка МСОП. Версия 3.1. Подготовлено Комиссией по выживанию видов МСОП. М.: Chinot ENK, 2002. 46 с.

ДУКРЫЛЫЕ СУХОДОЛЬНЫХ ЛУГОВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Пестов

*Вятский государственный университет,
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, atylotus@mail.ru*

Луговые экосистемы представляют собой важный компонент биосферы, важную составную часть в инфраструктуре агроландшафта, неисчерпаемый, воспроизводимый, автотрофный устойчивый ресурс [1]. Важным элементом животного населения луговых экосистем относятся обитатели травостоя или хортобионты. Многие из них являются фитофагами, оказывающие влияние на процессы круговорота веществ [2]. В бореальной зоне наибольшим видовым разнообразием в хортобии луговых экосистем обладают двукрылые. Они представлены разными группами по отношению к основным факторам среды и разнообразны по пищевым предпочтениям [3].

Целью настоящей работы является анализ видового состава и структуры населения двукрылых-хортобионтов луговых экосистем Кировской области. Исследования проводили в середине июля с 2010 по 2017 гг. на шести участках (рис.) суходольных лугов участках комплексного экологического мониторинга в районе объекта уничтожения химического оружия (ОУХО) в

Оричевском районе. На каждом участке энтомологическим сачком отбирали в трехкратной повторности по 30 взмахов каждая. Для более полного выявления видового состава энтомологическим сачком проводился сбор активно летающих в воздухе насекомых и опылителей. На пробных площадках были подробно описаны вертикальная и горизонтальная структура фитоценозов, выявлен их флористический состав [4].

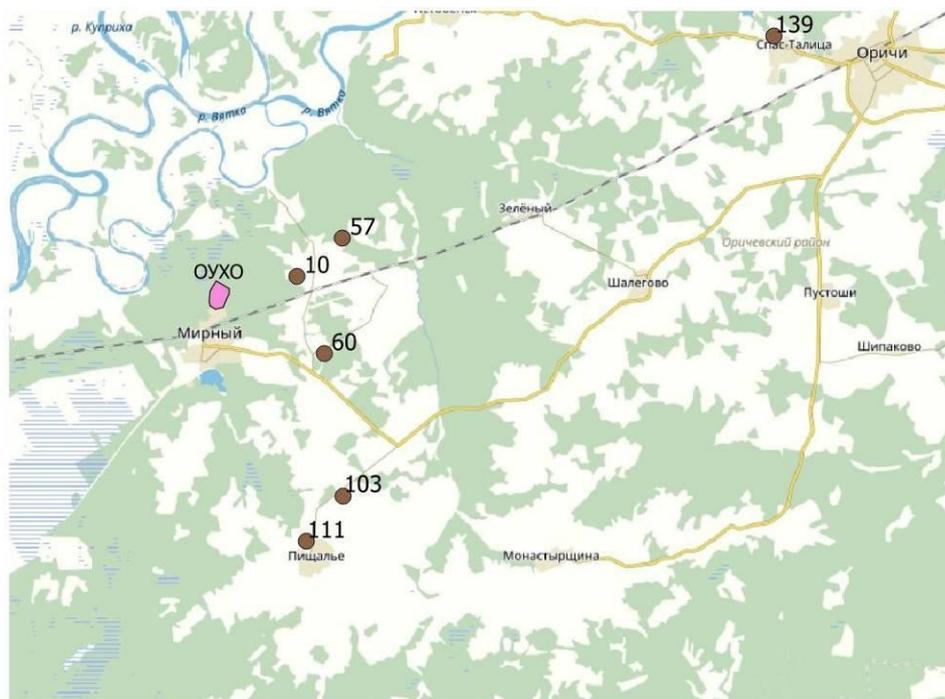


Рис. Карта расположения точек пробоотбора

На исследованных участках зарегистрировано 159 видов двукрылых из 34 семейств (табл. 1). Самым высоким видовым разнообразием характеризуются семейства Syrphidae, Muscidae, Tabanidae, Tachinidae и Sciomyzidae. Каждое из этих семейств насчитывает более 5% от всего видового состава двукрылых.

Таблица 1

Разнообразие двукрылых суходольных лугов

№ п/п	Подотряд/семейство	Число видов	Доля видов, в %
1	2	3	4
	Nematocera	18	11,3
1	Limoniidae	2	1,3
2	Cecidomyiidae	1	0,6
3	Chironomidae	4	2,5
4	Culicidae	4	2,5
5	Mycetophilidae	3	1,9
6	Sciaridae	1	0,6
7	Simuliidae	3	1,9
	BRACHYCERA ORTHORRHAPHA	40	25,2
8	Asilidae	4	2,5
9	Leptogasteridae	1	0,6

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
10	Bombylidae	3	1,9
11	Dolichopodidae	7	4,4
12	Empididae	3	1,9
13	Hybotidae	2	1,3
14	Stratiomyiidae	3	1,9
15	Rhagionidae	2	1,3
16	Tabanidae	15	9,4
	BRACHYCERA CYCLORRHAPHA	101	63,5
17	Calliphoridae	4	2,5
18	Chloropidae	4	2,5
19	Conopidae	3	1,9
20	Drosophilidae	2	1,3
21	Dryomyzidae	1	0,6
22	Heleomyzidae	2	1,3
23	Lauxaniidae	3	1,9
24	Muscidae	9	5,7
25	Otitinae	1	0,6
26	Pipunculidae	2	1,3
27	Sarcophagidae	2	1,3
28	Scathophagidae	5	3,1
29	Sciomyzidae	8	5,0
30	Sepsidae	3	1,9
31	Syrphidae	34	21,4
32	Tachinidae	10	6,3
33	Tephritidae	5	3,1
34	Ulidiidae	3	1,9
	Всего	159	100

Доля двукрылых в комплексе хортобионтов исследованных лугов изменяется от 9 до 40%. Максимальное обилие двукрылых отмечено на мелкозлаково-разнотравным лугом (участок № 111). Ключевыми видами растений в этом биотопе являлись *Phleum pratense* L. *Pimpinella saxifraga* L. Преобладающими по численности семействами были Lauxaniidae, Muscidae и Syrphidae., Muscidae, Chloropidae и Syrphidae. К крупнозлаковым лугам относятся участки № 10 и 103. Они характеризуются сравнительно низкой численностью двукрылых. Основу травостоя этих лугов составляют *Dactylis glomerata* L. и *Phleum pratense* L. Доминирующими семействами были здесь Tachinidae, Hybotidae, Lauxaniidae и Tephritidae. Три участка (№ 57, 60 и 139) представляют собой злаково-разнотравные и разнотравно-злаковые луга. На участке № 57 преобладали Syrphidae и Tephritidae, что связано с присутствием большого числа видов растений семейства сложноцветных. Основу диптерофауны лугов на участках № 60 и 139 Lauxaniidae, Muscidae, Chloropidae и Syrphidae.

Обилие двукрылых суходольных лугов

№ участка	Показатель	Год						
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017
10	N	40	50	н/д	160	120	263,3	128,9
	Id%	8,2	8,5	н/д	18,7	23,3	41,0	27,4
57	N	149,3	264,4	230	125,6	н/д	101,1	108,9
	Id%	9,29	26,01	25,21	10,9	н/д	17,53	18,9
60	N	н/д	152,2	155,6	415,6	146,7	273,3	150
	Id%	н/д	17,5	27,5	37,9	19,3	34,1	21,8
103	N	78,7	76,7	247,8	н/д	152,2	203,3	128,9
	Id%	18,6	9,5	24,4	н/д	20,3	25,6	30,5
111	N	н/д	152,2	688,9	373,3	165,6	н/д	164,4
	Id%	н/д	14,1	38,9	42,1	19,5	н/д	23,7
139	N	н/д	н/д	186,7	н/д	221,1	212,2	н/д
	Id%	н/д	н/д	32,5	н/д	22,4	33,1	н/д

Примечание. N – обилие экз./100 взмахов сачка, Id% – доля двукрылых вида в комплексе обитателей травостоя, н/д – учеты не проводились.

Таким образом, в диптерофауне суходольных лугов выявлено 159 видов, относящихся к 34 семействам. Наибольшее разнообразие двукрылых наблюдается на мелкозлаковых лугах. В состав доминирующих семейств входят Lauxaniidae, Muscidae, Chloropidae, Syrphidae, Chloropidae, Tephritidae, Tachinidae и Nybotidae.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации 115020310080.

Литература

1. Трофимова Л. С., Косолапов В. М., Трофимов И. А., Яковлева Е. П. Луговые экосистемы в биосфере, агроландшафтах и сельском хозяйстве России и мира // Фундаментальные исследования. 2014. № 3–3. С. 528–532.
2. Багачанова А. К., Нарчук Э. П. Двукрылые насекомые (Diptera) как индикаторы динамичности экосистем луговых аласов Центральной Якутии // Энтомологическое обозрение. 2003. Т. 82. Вып. 2. С. 300–309.
3. Домнина Е. А. Экологическая оценка местообитаний луговых участков с использованием шкал Раменского // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования. Сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию Астраханского государственного университета. Астрахань, 2017. С. 60–65.
4. Домнина Е. А., Огородникова С. Ю., Пестов С. В., Ашихмина Т. Я., Новойдарский Ю.В. Результаты биологического мониторинга в районе объекта уничтожения химического оружия в пос. Мирный Кировской области // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. (г. Киров, 2–3 декабря 2014 г.). Киров, 2014. С. 111–114.

ВСТРЕЧИ РЕДКИХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ В 2016–2017 ГГ.

Л. Г. Целищева

Государственный природный заповедник «Нургуш»,
nurgush@zapovednik.kirov.ru

В Красную Книгу Кировской области включено 52 вида насекомых, еще 67 редких и уязвимых видов, нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении, указаны в Приложении 2 [1]. Для подготовки материалов к следующему изданию необходим сбор достоверной информации о находках этих видов на территории региона в современный период, т. е. после последнего выпуска Красной книги.

Мониторинг состояния популяций и изучение экологии редких видов животных – это приоритетное направление научных исследований на особо охраняемых природных территориях федерального значения [2]. Ранее мы приводили сведения о находках насекомых в заповеднике в 2014–2015 гг. [3].

В данной работе большая часть встреч «краснокнижных» видов за 2016–2017 гг. относится к территории заповедника «Нургуш», где обитает 25 видов насекомых, занесённых в Красную книгу Кировской области [1]. Из них в Красную книгу Российской Федерации [4] включено 5 видов, в приложения к Красным книгам – 16 видов насекомых [5]. Большое разнообразие редких и подлежащих охране видов на участке «Нургуш» обусловлено наличием старовозрастных широколиственных и хвойно-широколиственных лесов, сосняков, луговых сообществ в пойме крупной реки Вятки: здесь найдены все 25 «краснокнижных» видов (20 – в заповеднике и 12 – в охранной зоне), а из приложений встречено 15 видов. На участке «Тулашор», где произрастают среднетаёжные леса, известно обитание трех видов из Красной книги Кировской области и девяти – из приложений.

Сведения о встречах редких насекомых на территории заповедника «Нургуш» и его охранной зоны за последние два года приведены в таблице. Подробные данные о них за 2016 г. включены в Летопись природы... [6], а материал за 2017 г. будет представлен в следующем томе.

Из приведённых выше восьми видов насекомых, занесённых в Красные книги, высокое обилие на участке «Нургуш» имеют бомбардир черноусый (*B. nigricornis*) и толстяк ивовый (*L. textor*), на участке «Тулашор» – шмель спорадичный (*B. sporadicus*). У остальных пяти видов встречены единичные экземпляры. Стабильные популяции в заповеднике были у таких видов из приложений к Красным книгам, как северный лесной муравей (*F. aquilonia*), малый лесной муравей (*F. polystena*), махаон (*P. machaon*), сеница Геро (*Coenonympha hero*); находки других единичны. На участке «Тулашор» наиболее значима встреча С. В. Пестовым лептуры красногрудой, расширяющей свой ареал на север области (от г. Слободского до границы с Республикой Коми в Нагорском районе).

**Встречи редких видов насекомых, занесённых в Красные книги
Российской Федерации [4] и Кировской области [1] и в приложения
к ним, на территории заповедника «Нургуш» и его охранной зоны
в 2016–2017 гг.**

№	Вид	Статус		Место и год встречи			
		ККРФ ¹	КККО ²	Участок «Нургуш»		Участок «Тулашор»	
				Запо- ведник	Охранная зона	Запо- ведник	Охранная зона
1	Жужелица Менетрие – <i>Carabus menetriesi</i> Hum- mel, 1827	2	III	2016	+ ³	- ⁴	-
2	Бомбардир черноусый – <i>Brachinus nigricornis</i> Gebler, 1829		III	2016, 2017	+	-	-
3	Восковик-отшельник – <i>Osmoderma barnabita</i> Motschulsky, 1845	2	I	2016	-	-	-
4	Бронзовка мраморная – <i>Liocola marmorata</i> (Fabricius, 1792)		III	+	+	-	2016
5	Лептура красногрудая – <i>Macroleptura thoracica</i> (Creutzer, 1799).		III	+	+	2016	-
6	Толстяк ивовый – <i>Lamia textor</i> (Linnaeus, 1758)		III	2016, 2017	+	-	-
7	Шмель спорадичный – <i>Bombus sporadicus</i> Nylander, 1848		II	+	+	2016	2016
8	Цериана конопсовидная – <i>Ceriana conopsoides</i> (Lin- naeus, 1758)		III	+	2017	-	-
	Приложения						
9	Шмель Шренка – <i>Bombus schrencki</i> Morawitz, 1881	3		+	+	2016	+
10	Северный лесной муравей – <i>Formica aquilonia</i> Yarrow, 1955		2	2016, 2017	2016, 2017	-	2016, 2017
11	Малый лесной муравей – <i>Formica polycтена</i> Foerster, 1850		2	-	2016, 2017	-	2016, 2017
12	Сенница Геро – <i>Coeno- nupta hero</i> (Linnaeus, 1761).	3	2	-	+	-	2016
13	Махаон – <i>Papilio machaon</i> L.	3		2016, 2017	2016, 2017	+	-
14	Подалирий – <i>Iphiclides podalirius</i> (Linnaeus, 1758)		2	-	+	2017	+

Примечание. ¹ – ККРФ – Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

² – КККО – Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

+³ – вид встречался до 2016 г.;

–⁴ – вид не был обнаружен.

По материалам экспедиций сотрудников заповедника по территории Кировской области и фото, представленных некоторыми авторами, в 2016–2017 гг. обнаружены еще пять редких видов. Из них наиболее интересна находка пилохвоста восточного, который отмечался только в Вятско-Полянском районе в семидесятые годы прошлого столетия [7], а в настоящее время встречен в г. Кирове (фото А. А. Широких). Бронзовки сомнительная и мраморная (по 2 экз.) были найдены в июне 2017 года в Кильмезском районе, в котором они отмечались и раньше.

Новые места обитания редких видов бабочек установлены по данным Т. Толстобовой, учительницы школы д. Пушкино Яранского района, которая активно занимается краеведческой работой с учащимися и фотографирует живые объекты. Например, её последние фото насекомых – это малый ночной павлиний глаз и подалирий.

Ниже приведен аннотированный список редких видов насекомых, отмеченных в 2016–2017 гг. на территории Кировской области (за исключением данных по заповеднику «Нургуш», которые приведены выше в табл.).

Пилохвост восточный – *Poecilimon intermedius* (Fieber, 1853). г. Киров, окр. д. Порошино, пойменные луга, 24.07.15, 1 самка. Фото А. А. Широких, определение Л. Г. Целищевой.

Бронзовка сомнительная – *Potosia fieberi* (Kraatz, 1880). Кильмезский р-н, окр. д. Тат-Бояры, берег р. Лобани, хвойно-широколиственный лес, 28.06.17, 1 экз.; там же, луг на берегу старичных озер, 28.06.17, 1 экз. Сбор Л. Г. Целищевой, определение Г. И. Юферева.

Бронзовка мраморная – *Liocola marmorata* (Fabricius, 1792). Кильмезский р-н, окр. д. Тат-Бояры, берег р. Лобани, 28.06.17, 1 экз.; окр. д. Осиновка, липово-осиновый лес, 29.06.17, 1 экз. Сбор и определение автора.

Павлиний глаз малый ночной – *Eudia pavonia* (Linnaeus, 1758). Яранский р-н, окр. д. Пушкино, огород, июнь, 2012, 1 самец; там же, июнь, 2015, 1 самка. Фото Т. Толстобовой, определение Л. Г. Целищевой.

Подалирий – *Iphiclides podalirius* (Linnaeus, 1758). Яранский р-н, окр. д. Пушкино, 09.06.16, 1 экз. Фото Т. Толстобовой, определение Л. Г. Целищевой.

Таким образом, количество найденных «краснокнижных» видов в 2016–2017 гг. на территории Кировской области, и заповедника «Нургуш» в том числе, невелико, что, по-видимому, отражает как трудности их обнаружения, так и колебания их численности. Заповедный режим заповедника является гарантией сохранности редких видов в будущем.

Литература

1. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
2. Научные исследования редких видов растений и животных в заповедниках и национальных парках Российской Федерации за 2005–2014 гг. / Отв. ред. Д. М. Очагов. Вып. 4. М.: ВНИИ Экология, 2015. 566 с.
3. Целищева Л. Г. Мониторинг редких видов насекомых в заповеднике «Нургуш» в 2014–2015 гг. // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Кн. 1. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 427–429.
4. Красная книга Российской Федерации. Т. 1. Животные / Под ред. В. Н. Данилова-Данильяна. М.: Астрель, 2001. 862 с.
5. Целищева Л. Г., Тарасова Е. М., Лачоха Е. П., Кондрухова С. В., Пестов С. В., Рябов В. М., Шубин С. Е. Редкие виды растений, грибов и животных заповедника «Нургуш» // Тр. государ. природ. заповедника «Нургуш». Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2015. Т. 3. С. 152–166.
6. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2016 г. Кн. 21. В 2-х ч. Киров, 2017. 542 с. Рукопись.
7. Копысов В. А. Пилохвост восточный // Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. С. 91.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОБИОНТОВ ВМЕСТО МЫШЕЙ – БУДУЩЕЕ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ ХИМИОТЕРАПИИ

А. А. Лапин¹, С. Д. Литвинов², И. И. Идрисова¹

*¹ Казанский государственный энергетический университет,
lapinanatol@mail.ru*

*² НОУ ВПО Самарский медицинский университет «Реавиз»,
LSD888@rambler.ru*

Совершенствование и развитие биомедицинских технологий, возрастающие требования к контролю качества лекарств, биологически активных добавок (БАДов), нутриентов, ужесточение гигиенических норм для химических, биологических и физических факторов, предъявляют новые требования к качеству и разнообразию лабораторных животных, на которых проводятся испытания. Потребность в исследованиях на животных растет по мере разработки и внедрения инновационных средств и материалов на основе клеточных технологий, нанобиотехнологий и т. д. Новые вызовы времени неизбежно влекут новые предложения. Все громче звучат призывы замены лабораторных животных альтернативными моделями, вплоть до переживающих клеток, одноклеточных организмов, организмов, биохимических, квантово-механических конструкций. Частичное замещение животных альтернативными моделями или полное исключение животных из экспериментов – вот суть жесточайших, но, на наш взгляд, беспредметных дискуссий в околонуучной среде. Любой благоразумный исследователь согласится, что не только исключение, но и простое ограничение использования лабораторных животных

высокого качества (SPF, гнотобиоты) и необходимого разнообразия (инбредные, гетерогенные, трансгенные) не просто затормозит, но и попросту остановит прогресс в познании живых систем. Это создаст угрозу для безопасности человечества в условиях агрессии биологических, химических и физических факторов, ограничит возможности человека влиять на материальный мир [1].

Однако уже более 22 столетий назад Корнелий Цельс в сочинении «De Medicīne» указывал на неприемлемость для правильной оценки функций живого организма использования вивисекции и болезненных экспериментальных процедур. Но лишь с 1959 г., после выхода в свет книги У. Рассела и Р. Берча «The Principles of Humane Experimental Technique» в мир науки вошла концепция гуманного использования животных в экспериментах, или более кратко «Концепция 3R». Наряду с принципами качественной экспериментальной практики, указанные авторы предложили новую терминологию альтернативного моделирования:

– *частичное замещение* – альтернативный метод частично исключает эксперимент на животных и требует дополнительной альтернативной методики без животных;

– *батарея тестов* – серия методов, выполненных в одно и то же время или в тесной связи друг с другом, для получения информации в рамках дополнительного многофакторного эксперимента;

– *стратегия последовательных тестов* – выбор каждого теста определяется достоверными результатами предыдущего уровня исследований, но построение осуществляется в виде последовательного процесса, состоящего из серии (батарей) тестов.

Эти и уже многие другие научные подходы, активно разрабатываемые в настоящее время, составляют методологическую и материальную основу как бурно развивающегося альтернативного моделирования, так и биоэтической концепции [1].

Ученые с давних пор используют подопытных животных при проведении фундаментальных исследований, позволяющих выяснить, как работает организм человека в здоровом состоянии и во время болезни; при разработке новых лекарственных препаратов, вакцин и т.п. в медицине и ветеринарии; для проверки новых лекарств, медицинских приборов, пестицидов, моющих средств и различных других химикатов, чтобы определить степень риска, грозящего человеку и среде; наконец, для того, чтобы углубить наши знания в области биологии животных и экологии. Некоторое количество животных используется в школах, университетах и других учебных заведениях в качестве иллюстративного материала по анатомии и биологии, а также для обучения медиков технике различных манипуляций на живом организме [2].

Практически все достижения в медицине XX века каким-либо образом зависели от опытов на животных. Даже мощнейшие компьютеры не способны смоделировать взаимодействие молекул, клеток, органов, тканей, организмов и окружающей среды, что делает опыты на животных необходимыми [3].

По общепризнанным оценкам, ежегодно в научных целях через скальпель и прочие лабораторные инструменты проходят в среднем 50–100 миллионов позвоночных животных. Разброс в статистике объясняется ее условностью: в ряде стран учет таких «биоресурсов» просто не ведется, к тому же в разных государствах лабораторными считаются разные виды животных.

Основной спектр действий над представителями «исследовательской фауны» включает в себя химические воздействия, генетические манипуляции, хирургические операции, поведенческие эксперименты и моделирование человеческих болезней в организме животного. В большинстве случаев животные погибают в ходе исследований или получают эвтаназию, которая по итогу, в общем-то, не отличается от первого варианта исхода [4].

Для исследований по генетике, микробиологии, вирусологии, токсикологии, радиобиологии чаще используют белых мышей и крыс, для физиологических опытов – собак, кошек, кроликов, обезьян, лягушек, а также хомячков, хлопковых крыс, полевок, песчанок, степных и африканских хорьков, кротов. Нередко опыты ставят на черепахах, рыбах, птицах и др. Находят применение и многие беспозвоночные лабораторные животные (черви, насекомые, например, дрозофила, клещи), а также простейшие [5].

Сегодня лучшим модельным организмом, изучение которого поможет понять, как развиваются человеческие болезни и как их можно вылечить, является рыбка Данио-рерио (лат. *Danio rerio*). Ведь на генетическом уровне данио-рерио на 85 процентов имеет сходство с человеком. Ее физиологические процессы и обмен веществ очень напоминает эти процессы у млекопитающих [6].

Впервые продемонстрировали возможность использования этих рыбок в качестве объекта для тестирования различных подходов к лечению злокачественных новообразований ученые из Португалии. Если результаты их исследования подтвердятся, вскоре врачи начнут быстро и безопасно подбирать оптимальную терапию для конкретных больных [7].

На сегодняшний день эффективность назначаемой химиотерапии обычно не тестируется на индивидуальном уровне. Врачи выписывают лекарства, ориентируясь на результаты масштабных клинических испытаний. Персонализированные же тесты, в ходе которых медики пересаживают опухолевые клетки мышам и уже на них испытывают разные препараты, доступны лишь в крупных клиниках и специализированных медицинских центрах [7].

Мыши относятся к млекопитающим, поэтому они достаточно близки нам с эволюционной точки зрения. Как правило, результаты «лечения» подопытных мышей с высокой точностью предсказывают ответ пациента на ту или иную терапию. Однако такое исследование занимает слишком много времени – опухоли в организме мыши требуется несколько месяцев, чтобы вырасти и сформироваться. Если же результаты новой работы, проведенной под руководством Риты Фиор (Rita Fior) и Мигеля Годино Феррейры (Miguel Godinho Ferreira), подтвердятся, то со временем на смену мышам могут прийти мальки данио. Авторам научной работы удалось продемонстрировать, что

рыбки данио и мыши реагируют на лечение одинаково. Используя одни и те же препараты, они получали сходные результаты и у мальков данио, и у мышей. Но разработка персонифицированной схемы лечения при помощи данио-рерио будет занимать менее двух недель [7].

Данио-рерио, «дамский чулок», или брахиданио-рерио (лат. *Danio rerio*) – вид пресноводных лучепёрых рыб семейства карповых (лат. *Cyprinidae*). Популярная аквариумная рыбка. Является модельным организмом в биологии развития и известна в англоязычной литературе как zebrafish. При изучении биологии развития *Danio rerio* имеет некоторые преимущества над другими позвоночными. Эмбрион развивается быстро и проходит стадии от яйца до личинки всего за три дня. Эмбрионы крупные, выносливые, крепкие, прозрачные и развиваются вне матери, что облегчает манипуляции с ними и наблюдение [8].

Эта крохотная тропическая рыбка играет ключевую роль в испытаниях препаратов для лечения болезни Кушинга, лекарств для восстановления больных после инсульта, препаратов из лилии, помогающих выводить из организма наночастицы РМ 2,5, лекарств против тяжелого комбинированного иммунодефицита, лекарств для лечения детской эпилепсии, препаратов для лечения злокачественных новообразований и другие [6, 7, 9, 10].

Светящиеся данио-рерио первоначально были получены в США с целью создания живых индикаторов загрязнения: при наличии в воде определённых токсических веществ рыбки должны были изменять окраску. Но в 2003 году бизнесмены и учёные заключили контракт, по которому на рынке появилась первая генетически модифицированная рыбка GloFish. В дополнение к красным флуоресцентным данио-рерио, продаваемым под торговой маркой «Красная звёздная рыбка» (Starfire Red), к середине 2006 г. были выведены зелёные и оранжево-жёлтый флуоресцентный данио, а в 2011 г., — синие и фиолетовые. Эти генетические линии рыб получили торговое наименование «Электрически-зелёная» (Electric Green), «Солнечно-оранжевая» (англ. Sunburst Orange), «Космически-синяя» (Cosmic Blue) и «Галактически-пурпурная» (Galactic Purple). Все эти рыбки были выведены при помощи генной инженерии с использованием рекомбинантной ДНК от различных морских кораллов. Несмотря на распространение мнения о бесплодности или стерилизации генетически модифицированных рыб с целью их не распространения в природных водоёмах, от GloFish можно получать вполне здоровое и жизнеспособное потомство. Тем не менее, комиссией по ограничению на использование генетических технологий (GURT) разведение, обмен и продажа флуоресцентных рыбок GloFish строго запрещены [11].

Danio rerio также представляет собой ценный биологический объект для изучения процессов регенерации органов у позвоночных [12]. Хвостовой плавник представляет собой мускулистую складку, которая содержит 16–18 основных сегментированных и иногда раздвоенных лучей, покрытых тканью [13].

Регенерация хвостового плавника в основном изучалась после простого удаления части органа с использованием ампутации (рис.). Через несколько часов после разрезания рана подвергалась быстрой повторной эпителизации, при этом не наблюдалось существенного воспалительного процесса и фиброза, что обычно происходит после потери конечностей млекопитающих [14].

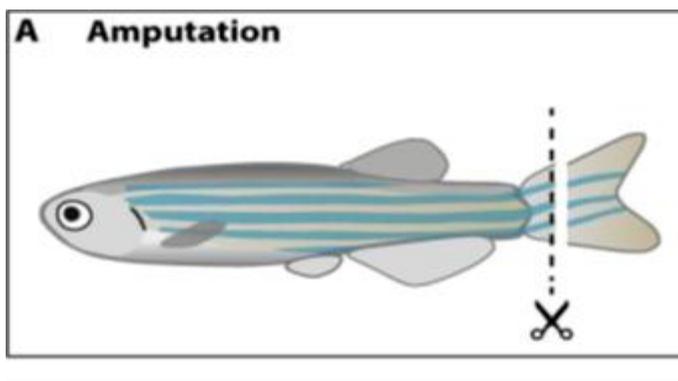


Рис. Регенерация ткани хвостового плавника у *Danio rerio*

Danio rerio живой индикатор загрязнений вод токсическими веществами, используется в изучении экологии животных и человека. Она является лучшим модельным организмом, изучение которого поможет понять, как развиваются человеческие болезни и как их можно вылечить, ведь на генетическом уровне данио-рерио на 85% умеет сходство с человеком, ее физиологические процессы и обмен веществ очень напоминает эти процессы у млекопитающих.

Danio rerio также представляет собой ценный биологический объект для изучения процессов регенерации органов у позвоночных, в том числе человека.

Литература

1. Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских технологиях / Под ред. Н. Н. Каркищенко и С. В. Грачева. М.: Медицина, 2010. 344 с.
2. Животные в экспериментах / Энциклопедия Кругосвет. [Электронный ресурс]. URL: http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/biologiya/ZHIVOTNIE_V_EKSPERIMENTAH.html (дата обращения 29.09.17).
3. Опыты на животных. [Электронный ресурс]. URL: <http://mydocx.ru/5-39050.html> (Дата обращения 29.08.17).
4. Лабораторные герои: можно ли обойтись без экспериментов на животных? [Электронный ресурс]. URL: <https://sciencepop.ru/laboratornye-geroi-mozhno-li-obojtis-bez-eksperimentov-na-zhivotnyh/> (Дата обращения 21.10.17).
5. Лабораторные животные. [Электронный ресурс]. URL: <http://zooznaika.ru/4861.shtml> (Дата обращения 29.08.17).
6. Новое лекарство для лечения детской эпилепсии опробовали на рыбе. [Электронный ресурс]. URL: <http://glavbad.ru/2017/02/12/novoe-lekarstvo-dlya-lecheniya-detskoj-epilepsii-oprobovali-na-rybe/> (дата обращения 30.09.17).
7. Рыбки данио вместо мышей: будущее персонализированной химиотерапии. [Электронный ресурс]. URL: <https://22century.ru/medicine-and-health/54941> (дата обращения 29.09.17).
8. Данио рерио – Волшебный мир аквариума. [Электронный ресурс]. URL: https://aq6.ru/2016/01/08/danio_rerio/ (дата обращения 30.09.17).

9. Ученые «Назарбаев университета» разрабатывают лекарство для восстановления больных после инсульта. [Электронный ресурс]. URL: http://online.zakon.kz/m/Document/?doc_id=31214247 (дата обращения 30.03.17).
10. Ученые обнаружили, что препараты из лилии помогают выводить из организма микрочастицы РМ 2,5. [Электронный ресурс]. URL: <http://russian.cri.cn/1281/2016/04/18/1s579183.htm> (дата обращения 30.09.17).
11. Рыбки Данио: содержание и уход. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.crifish.com.ua/ryibki-danio-soderzhanie-i-uhod/> (дата обращения 21.10.17).
12. Jaźwińska A., Sallin P. Regeneration versus scarring in vertebrate appendages and heart. *J. Pathol.* 2016. V. 238. P. 233 – 246.
13. Pfefferli C. and Jaźwińska A. The art of fin regeneration in zebrafish. *Regeneration.* 2015. № 2. P. 72–83.
14. Jaźwińska A., Badakov R. and Keating M. T. Activin-betaA signaling is required for zebrafish fin regeneration. *Curr. Biol.* 2007. V. 17. P. 1390–1395.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА И ЖИВОТНОВОДСТВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДОБАВОК В КОРМА ДЛЯ РЫБ

А. А. Лапин, М. Л. Калайда, И. Н. Васильев
Казанский государственный энергетический университет,
lapinanatol@mail.ru

Для обеспечения продовольственной безопасности страны, улучшения обеспеченности населения ценными продуктами питания, а перерабатывающей промышленности – сырьем, в ближайшие годы предстоит существенно увеличить объемы производства мяса, рыбы, молока и других продуктов животноводства. Для достижения поставленной цели необходимо обеспечить проявление генетического потенциала продуктивности животных, птицы и рыб, что возможно при полноценном кормлении [1].

При кормлении сельскохозяйственных животных, в том числе рыб и других гидробионтов, основным лимитирующим фактором является протеин. Дефицит протеина в кормовом балансе составляет до 25%. Ограничителем роста продуктивности животных является недостаток протеина в кормовых рационах, который приводит к значительному недобору продукции (до 30%), росту ее себестоимости и снижению эффективности отрасли [2].

Производство рыбы и рыбных продуктов считается важным экономическим показателем во многих странах мира с древних времён, в некоторых странах и регионах рыба занимает в ежедневном рационе питания человека большую часть, она широко используется во многих отраслях промышленности, главным образом при производстве кормовой муки, удобрений, фармацевтических препаратов и другой продукции. Рыба содержит высококачественные белки, незаменимые жирные кислоты и другие важные питательные вещества, которые очень необходимы для поддержания здоровья человека. Увеличивающийся спрос на гидробионты в качестве источника пищи продолжает ежегодно расти, этот факт связан не только с увеличением численно-

сти населения, но и с тем, что предпочтение все в большей мере отдается здоровой пище [3].

Рыба до сих пор считается одним из важнейших источников белка в развитых странах мира, несмотря на то, что её потребление сильно отличается в больших пределах в зависимости от географического положения стран. Рост морского потребления рыбы во всем мире (в расчете на одного человека в год) резко увеличился в течение последних четырех десятилетий, примерно от 9 кг в 1961 г. до 18,8 кг в 2011 г. Рыболовство зачастую не может продолжать удовлетворять этот растущий спрос на рыбу, так как её вылов достиг относительно стабильного предела с середины девяностых годов и составил около 90,4–85,0 млн. т в год [4].

Для улучшения темпов выращивания аквакультуры и расширения её видового разнообразия необходимо увеличить производство кормов, расширить их ассортимент и разработать новые технологии получения высокоэффективные кормовых добавок. Сухие корма для выращивания рыбы сильно различаются по качеству, некоторые из них дают высокую эффективность роста и выживания, но их производство экономически дорого, что приводит к снижению желаемой прибыли, производители кормов вынуждены выпускать корма с низкой стоимостью, но высокими показателями качества [5].

Для увеличения продуктивности животных и рыбы применяют кормовые добавки, включающие различные компоненты природного происхождения, способные стимулировать воспроизводство, улучшать качество произведенной продукции [6].

Белковые добавки в кормах для рыб являются самыми дорогими, поэтому фермерам важно точно определять потребности в белке для каждого типа и размера выращиваемых рыб [7]. Необходимо сокращать содержание в кормах белковых компонентов или использовать более дешевую рыбную муку [8], которая является наиболее важным источником белка в рыбных кормах [9].

Для получения дешевой рыбной муки можно использовать зараженной описторхозом рыбу, которую нельзя употреблять в пищу. На северных реках и озерах России её скапливается огромное количество. На базе автомобиля изготавливают мобильную установку, которая может вырабатывать корм прямо у места её отлова, из 6 кг рыбы получают 1 кг рыбной муки. Себестоимость рыбной муки снижается в разы [10].

Быстро растущий спрос, дефицит рыбной муки и её высокая стоимость привело к увеличению научных исследований по использованию альтернативных источников белка для рационов пресноводных и морских рыб [11], масштаб их использования в отрасли аквакультуры будет постоянно увеличиваться [12].

Для приготовления заменителей рыбной муки используется сырье растительного и животного происхождения [9]. В качестве замены рыбной муки, предлагается порошок рапса [13], порошок сои в кормах для тилапии [14] и другие заменители.

Были проведены исследования по использованию некоторых нетрадиционных источников белка в рационе карпов, в том числе использование куриного помета и отходов, образующихся при забое птицы [15].

Отходы, образующиеся при забое птицы, смешивали с компонентами растительного происхождения в количестве 10–15% от общей массы для приготовления стартового корма для личинок карпа [16].

Предлагалось использование в качестве источника кормового белка твердых осадков сточных вод, а также непромысловых морских моллюсков и акул, а для кормления личинок карпа – смеси порошков листьев люцерны, соевых бобов, чечевицы и рыбной муки [17].

Доработав органическое удобрение из куриного помета в кормовую добавку, так как в нем содержится высокое содержание протеина, ученые из Уфы планируют увеличить массу тела рыб (в основном карпа) на 10-15%, при этом можно получить дополнительную прибыль, которая превышает прибыль от основного производства [18].

Главными проблемами агробизнеса в настоящее время являются дороговизна традиционных кормов и утилизация отходов животных и птицы. Можно ли превратить отходы в доходы, а отличные альтернативные корма производить из бросового сырья? Оказывается, эта задача вполне разрешима: уникальные нанотехнологии позволяют из щетины, торфа и сапропели сделать экологически чистый питательный корм, а куриный помет и ядовитый свиной навоз превратить в безвредное удобрение, в разы повышающее урожайность многих сельскохозяйственных культур. Птичий навоз — ценнейшее удобрение, в котором в концентрированном виде содержатся такие питательные вещества, как фосфор, калий, кальций, магний и другие питательные компоненты, при этом минеральные удобрения при неправильном применении разрушают почву, а органические – наоборот, возрождают плодородный гумус. Но только при условии переработки, «в чистом виде» помет экологически небезопасен и может на годы испортить почву. Не случайно Минсельхозом РФ разработана федеральная программа по переработке сельскохозяйственных отходов на 2014–2020 годы. На это выделяется 2 миллиарда 810 млн. рублей. Через шесть лет планируется объемы общероссийской переработки сельскохозяйственных отходов довести до 11%, а такие новинки, как препарат «Байкал-М», позволяют максимально сократить сроки обезвреживания птичьего помета – от 16 до 4 – 6 месяцев. Получают от перегнивания помета и побочный продукт – биогаз, который служит для выработки электроэнергии. В итоге в выигрыше и экология, и производство. Но стоит биогазовый мини-завод 500–600 миллионов рублей, рентабельным он будет, если в сутки потреблять не менее 2 мегаватт электроэнергии. На птицеводческих комплексах суточное потребление достигает 3–6 мегаватт и внедрять такую технологию имеет смысл. Но как решить проблему удорожания кормов? Ведь именно из-за этого происходит подорожание продуктов животноводства и птицеводства. Была разработана нанотехнология переработки куриного помета с использованием биотехнического синтеза и экструдирования (воздей-

ствия высоких температур под давлением), на выходе которой – продукт, по своим питательным свойствам не уступающий подсолнечному жмыху, который в настоящее время закупается за рубежом. На продукт имеется заключение ветслужб об экологической безопасности, а НИИ птицеводства в Сергиевом Посаде выдало заключение о его высокой питательности: этот продукт (на него оформлен патент) разрешено применять в птицеводстве в качестве импортозамещающей кормодобавки. Бройлеры быстро растут, набирают вес, а стоимость кормов снижается на 30%, причем одновременно решается и экологическая проблема утилизации помета. Этот метод был применен и для переработки свиного навоза. Аналогов этой технологии в России нет, нечто подобное есть лишь в Израиле, где быстро внедрили инновационную технологию. Казалось бы, такие чудо-корма востребованы и у нас, но, птицеводы и свиноводы почему-то не спешат вкладывать деньги во внедрение ноу-хау. В России за год скапливается 350 миллионов тонн птичьего помета, в котором содержание вредных нитритов и нитратов в 40 раз превышает норму [10].

В России предлагают использовать для переработки навозных или пометных стоков четырехкаскадную систему рыбоводно-биологических прудов, что позволяет получать на заключительном этапе очищенную техническую воду и рыбу (с гектара нагульных прудов в 10–20 раз больше полноценно белка, чем с гектара пастбища для откорма скота) [19].

Выводы. 1. Анализ российских и иностранных литературных источников показал, что повышение полноценности кормления и улучшения использования питательных веществ в рационах сельскохозяйственных животных, птицы и рыб достигается разнообразием кормов, их высоким качеством и внесением в рационы различных биологически активных добавок.

2. Белковые добавки в кормах для рыб являются самыми дорогими, что приводит к сокращению содержания в кормах белковых компонентов или использованию более дешевой рыбной муки и других альтернативных источников белка растительного и животного происхождения, с использованием непромысловых морских моллюсков и акул и отходов, образующиеся при забое птицы и других сельскохозяйственных животных.

3. Для решения проблемы удорожания кормов можно использовать нанотехнологии переработки куриного помета и свиного навоза в кормовые добавки с применением биосинтеза и экструдирования.

4. Для переработки навозных или пометных стоков предлагается использование четырехкаскадной системы рыбоводно-биологических прудов с получением на заключительном этапе очищенной технической воды и рыбы.

Литература

1. Лапин А. А., Зеленков В. Н., Гречухина Л. Г. Добавки к кормам из амаранта для выращивания рыбы. Часть 2. Особенности минерального состава листьев амаранта // Бул-леровские сообщения. 2013. Т. 33. № 3. С. 98–107.

2. Артемов И. В. Интенсификация производства энергетических кормов на основе использования рапса // Кормопроизводство. 2007. № 2. С. 22–25.

3. Abimorad E. G., Carneiro, D. J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles – fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels // *Aqua. Nutr.*, 2007. №13. P. 1–9.
4. Recommended citation: FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 p.
5. Catacutan M. R., Pagador G. E. Partial replacement of fish meal by defatted soybean meal in formulated diets for the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775) // *Aquac. Res.*, 2004. № 35. P. 299–306.
6. Шакир И. В., Грошева В. Д., Кареткин Б. А., Баурин Д. В, Панфилов В.И. Комплексная переработка возобновляемого растительного сырья с получением высокобелковых и пробиотических кормовых продуктов // *Бутлеровские сообщения*. 2017. Т. 50. № 5. С. 73–80.
7. Craig S., Helfrich L.A. *Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding*. Virginia Tech. 2002. P. 420–256.
8. Muzinic L. A., Thompson K. R., Metts L. S., Dasgupta S., Webster C. D. Use of Turkey meal as partial and total replacement of fish meal in practical diets for Sunshine bass (*Morone chrysops* x *Morone saxatilis*) grown in tanks // *Aquac. Nutr.* 2006. № 12. P. 71–81.
9. Glencross B. D., Booth M., Allan G. L. A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds // *Aquac. Nutr.*, 2007. № 13. P. 17–34.
10. Красильников О. Ю. Корма по нанотехнологиям. Сегодня в числе главных проблем агробизнеса – дороговизна традиционных кормов и утилизация отходов животных и птицы. 03.09.2014. [Электронный ресурс] – URL: (<https://www.agroxxi.ru/zhivotnovodstvo/nauka/korma-po-nanotekhnologijam.html>) (дата обращения 03.10.2017).
11. Nyirenda J., Mwabumba M., Kaunda E., Sales J. Effect of substituting animal protein sources with soybean meal in diets of *Oreochromis karongae* (Trewavas 1941). *Naga, The ICLARM Quarterly*, no 23(4): 2000. P. 13–15.
12. Miles R. D., Chapman F. A. The benefits of fish meal in aquaculture diets. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 2006. P. 1–7.
13. Davies S. J., McConnell S., Bateson R. I. Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters) // *Aquaculture*. 1990. № 87. P. 145–154.
14. Webster C. D., Tidwell J. H., Goodgame L. S., Yancey D. H., Mackey L. Use of soybean meal and distillers grains with soluble as partial or total replacement of fish meal in diets for channel catfish, *Ictalurus punctatus* // *Aquaculture*. 1992. № 106. P. 301–309.
15. Салман М. Х., Клор И. С., Зидан Ш. А. Использование сухих остатков переработки птицы (кур) в рационе карпов *Suvarinus* // *Журнал культивирования Месопотамии*. № 23 (2). 1991. С. 105–112.
16. Гамыгин Е. А., Боева Т. Н., Канидьев А. Н. Латов В. К. и др. Стартовый корм для карповых рыб. Авт. св. СССР № 1398119. 1988.
17. Салех Я. Х. Влияние различных продуктов и травы на выживание и рост личинок обычного карпа в закрытой системе: Дис. ... к. б. н. Басра: Университет Басры, 2006. 105 с.
18. Хафизов Р. В Уфе ученые куриный помет превратили в корм для рыб. В настоящий момент проводятся испытания на карпах. 03.11.2016. [Электронный ресурс] – URL: (<https://mkset.ru/news/society/03-11-2016/v-ufe-uchenye-kurinyu-pomet-prevratili-v-korm-dlya-ryb?type=NewsItem>) (дата обращения 03.10.2017).
19. Эрнст Л., Злочевский Ф., Ерастов Г. Переработка отходов животноводства и птицеводства. Рыбоводно-биологические пруды. 24.04. 2007. [Электронный ресурс] – URL: (<http://webpticeprom.ru/ru/articles-processing-waste.html?pageID=1177395301>) (дата обращения 03.10.2017).

МАТЕРИАЛЫ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РЕДКИХ ВИДОВ ПТИЦ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ООПТ «АТАРСКАЯ ЛУКА»

В. М. Рябов

Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru

В процессе изучения биоразнообразия позвоночных животных на перспективной особо охраняемой природной территории «Атарская лука» нами было отмечено пребывание редких для орнитофауны Кировской области видов птиц. Под редкими видами мы понимаем в первую очередь виды внесенные в Красную книгу Кировской области [1], Красную книгу Российской Федерации [2], а так же виды, не включенные в данные издания, но имеющие ограниченное распространение и малую численность по территории области, либо их пребывание имеет проблемный характер. Наблюдения проводили в с 28 по 31 июля 2016 г. и с 7 по 11 августа 2017 г. Был обследован участок р. Вятки и прилегающих долинных и пойменных лесных и луговых биотопов (включая юго-западную часть ныне существующей ООПТ «Белаевский бор») от с Петропавловское Советского района до карьера «Приверх» Лебяжского района.

Исследование орнитофауны проводили методами маршрутных учетов, (визуально, с применением оптических средств 15-кратного увеличения, по голосам) по общепринятым методикам [3]. Так как исследования проводились в после- и позднегнездовой период, то для многих видов гнездовой статус был не определен. При указании статуса вида в Кировской области использовали классификацию В.Н. Сотникова [4–6]. В результате на территории перспективной ООПТ «Атарская лука» было выявлено пребывание 9 видов редких птиц. Далее приводим аннотированный список обнаруженных видов.

Отряд Поганкообразные – *Podicipediformes*

1. Большая поганка – *Podiceps cristatus*

Немногочисленный гнездящийся вид. Внесен в Красную книгу Кировской области, как восстановленный вид, выходящий из-пол угрозы исчезновения (V категория) [1]. Отмечена единственная встреча молодой птицы 30.07. 2016 г. на акватории р. Вятки у южной границы «Белаевского бора»

Отряд Соколообразные – *Falconiformes*

2. Орлан-белохвост – *Haliaeetus albicilla*

Редкий гнездящийся оседло-кочующий вид. Внесен в Красную книгу Кировской области, как вид, находящийся под угрозой исчезновения (I категория) [1] и Красную книгу Российской Федерации (I категория) [2]. 30 июля над «Поющими песками у б. с . Атары» одновременно наблюдали 2 молодых и одну взрослую птицу. В тот же день молодую птицу наблюдали в левобережной пойме р. Вятки ниже с. Петропавловское. 9 августа 2017 г. в окрестностях б. с. Атары в течение дня неоднократно наблюдали пролетающего в

разных направления орлана-белохвоста (одна, или разные птицы?). Данные факты позволяют предполагать гнездование птиц на этой территории.

3. Большой подорлик – *Aquila clanga*

Редкий гнездящийся перелетный вид. Внесен в Красную книгу Кировской области, как вид, редкий в недавнем прошлом, численность которого быстро сокращается (II категория) [1] и Красную книгу Российской Федерации (II категория) [2]. Единичную взрослую особь наблюдали у б.д. Мошины 29.07.2016 г. Предполагаем гнездование на этой территории.

4. Сапсан – *Falco peregrinus*

Редкий гнездящийся перелетный вид. Внесен в Красную книгу Кировской области, как вид, находящийся под угрозой исчезновения (I категория) [1] и Красную книгу Российской Федерации (II категория) [2]. В трех км выше по течению от памятника природы «Поющие пески у б. с. Атары» 9 августа 2017 г. наблюдали летящую взрослую птицу. Через 15 минут там же наблюдали сцену неудачной охоты двух молодых сапсанов на черныша. Через 10–20 секунд «воздушного боя» появилась взрослая птица, которая издавая крики, летела над молодыми и их жертвой. Следует заметить, что накануне вечером (8 августа) там же, но на правом коренном берегу, поросшем старовозрастным елово-пихтовым лесом, где имеются выходы известняков (стенки, полки, отдельные, значительные по размерам глыбы известняка) мы слышали тревожные крики птицы, приняв по ошибке ее за перепелятника (саму птицу не видели). Предполагаем, что данная территория может быть гнездовым участком сапсана.

Отряд Ржанкообразные – *Charadriiformes*

5. Кулик-сорока – *Haematopus ostralegus*

Немногочисленный гнездящийся перелетный вид Внесен в Красную книгу Кировской области, как редкий малочисленный подвид (III категория) [1] и Красную книгу Российской Федерации (III категория) [2]. В период наблюдений в 2016 и 2017 гг. ежедневно наблюдали пролетные стайки от 2 до 8 особей. На песчаных косах у карьера «Приверх» и «Поющие пески у б. с. Атары» обнаружены кормовые площадки (многочисленные раковины двустворчатых моллюсков), что подтверждает факт пребывания (гнездования?) этого вида на данной территории

6. Малая крачка – *Sterna albifrons*

Редкий гнездящийся перелетный малочисленный вид. Внесен в Красную книгу Кировской области, как редкий малочисленный вид (III категория) [1] и Красную книгу Российской Федерации (II категория) [2]. Стайки взрослых и молодых птиц наблюдали 29–30 2016 г. на песчаной косе правого берега р. Вятки напротив «Белаевского бора». В 2017 г. наблюдали стайку из 8 молодых особей на песчаной косе в 3 км. выше по течению р. Вятки от ООПТ «Поющие пески у б. с. Атары».

Отряд Ракшеобразные – Coraciiformes

7. Обыкновенный зимородок – *Alcedo atthis*

Гнездящийся редкий вид. Внесен в Красную книгу Кировской области, как редкий малочисленный вид (III категория) [1]. Взрослую особь отмечали 30 июля 2016 г. на пересыхающей протоке правого берега р. Вятки напротив «Белаевского бора». В трех км. выше по течению от памятника природы «Поющие пески у б.д. Атары» 9 августа 2017 г. в течение часа наблюдали охотящегося в затопленных ивняках зимородка. Примечательно, что в полукилометре от места наблюдения по левому берегу начинается невысокий (до 2–2,5 м) береговой обрыв, который тянется вниз по течению на 1,5 км – идеальное место для гнездовой норы. Предполагаем гнездование не менее 2–3 пар зимородков на участке р. Вятки от с. Петропавловское до карьера «Приверх»

Отряд Воробьинообразные – Passeriformes

8. Кедровка – *Nucifraga caryocatactes caryocatactes*

Редкий вероятно гнездящийся оседло-кочующий подвид. Стайка из трех птиц была отмечена 30 июля 2016 г. в ельнике сложном по правому коренному берегу р. Вятка напротив «Белаевского бора». Обитание подвида в той или иной степени связано с распространением лещины – *Corylus avellana*. Предполагаем высокую степень вероятности гнездования вида на данной территории, так как в непосредственной близости от места наблюдения находятся места произрастания лещины (памятник природы регионального значения «Орешник у д. Мошины»)

9. Серый сорокопут – *Lanius excubitor*

Редкий гнездящийся оседло – кочующий вид. Внесен в Красную книгу Кировской области, как редкий малочисленный подвид (III категория) [1] и Красную книгу Российской Федерации (III категория) [2]. Был отмечен 30 июля 2016 г. в ельнике сложном по правому коренному берегу р. Вятка напротив «Белаевского бора».

Таким образом, на территории перспективной ООПТ «Атарская лука № на данный момент выявлено пребывание 9 видов редких птиц. Из них, 8 видов внесено в Красную книгу Кировской области, 6 видов внесены в Красную книгу Российской Федерации. Для большинства видов предполагается гнездование на данной территории. Факт обнаружения редких видов птиц за сравнительно короткий промежуток наблюдений свидетельствует о значимости «Атарской луки», как перспективной территории для придания ей статуса особо охраняемой природной территории.

Литература

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: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
2. Красная книга Российской Федерации. Животные. М.: Астрель, 2001. 863 с.
3. Бибби, К. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учеты птиц / К. Бибби, М. Джонс, С. Марсен. Перевод с английского. М.: Союз охраны птиц России, 2000. 186 с.

4. Сотников, В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий (Том I. Неворобьиные. Часть I) / В. Н. Сотников. Киров: ООО «Триада С», 1999. 432 с.

5. Сотников, В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий (Том I. Неворобьиные. Часть II) / В. Н. Сотников. Киров: ООО «Триада С», 2002. 528 с.

6. Сотников, В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий (Том II. Воробьинообразные. Часть I) / В. Н. Сотников. Киров: ООО «Триада С», 2006. 448 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ УЧЕТА МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА УЧАСТКЕ «НУРГУШ» ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ» В 2017 Г.

Е. В. Рогожникова

Государственный природный заповедник «Нургуш»,

nurgush@zapovednik.kirov.ru

Вятский государственный университет

Мелкие млекопитающие, или микромаммалии (ММ), распространены во многих типах биотопов и играют значительную роль в функционировании природных, природно-антропогенных экосистем и техногенных систем. Мелкие грызуны во многих случаях оказывают негативное влияние на жизнедеятельность человека, так как вредят сельскому хозяйству и являются носителями и переносчиками возбудителей многих инфекционных болезней людей и домашних животных [1].

В заповедниках по программе «Летопись природы» учет ММ является обязательным и ведется по общепринятым стандартным методикам [2]. На территории заповедника «Нургуш» и его охранной зоны для ежегодных исследований применяется метод учета давилками на ловушко-линиях. Для этого выделено 4 стационара (ст.), где в общей сложности размещаются 12 постоянных ловчих линий (ПЛЛ) (табл. 1). Учет проводится с 1995 г. два раза в год: в начале лета после спада половодья и осенью в сентябре-октябре. Ловушки выставляются через 5 м. Длина учетных линий в ст. 1–3 составляет 25 ловушек, в ст. 4–40. Сравнение участков производится с использованием индекса Жаккара (I_J).

В качестве ловчего орудия применяются широко известные давилки Геро. Как приманку ранее использовали кусочки обжаренного ржанопшеничного хлеба, а с 2017 г. – макаронные изделия (рожки) из твердых сортов пшеницы, ошпаренные кипятком. Для более эффективного привлечения зверьков приманку пропитывают нерафинированным растительным маслом.

В 2017 г. учет микромаммалий на территории заповедника «Нургуш» проведен с 22 по 27 июня и с 22 по 27 сентября, за год отработано 3600 ловушко-суток, отловлен 201 экземпляр зверьков, относящихся к 7 видам мелких млекопитающих (табл. 2).

В 2017 г. доминирующим видом во всех биотопах была рыжая полевка, в давилки попало 158 зверьков данного вида, что составляет 78,6% от общего числа. Это значение намного выше, чем за предыдущие годы наблюдений, но не противоречит многолетним данным, когда отмечалось ее домини-

рование или субдоминирование [3]. Так, в 1995 г. доля рыжей полевки составила 55,2%, в 1999 г. – 47,1%, в 2004 г. – 50,7%, а в 2009 г. – 20,5% [4–7]. Высокая доля рыжей полевки в населении ММ может быть обусловлена не только ее массовым размножением, но и, наоборот, снижением численности других видов. Это, возможно, связано с продолжительностью затопления территории заповедника. Рыжая полевка неплохо перенесла зиму: осенью 2016 отловлено 15 зверьков [8], а уже летом 2017–46. При этом в 2016 г. за оба периода учета большую часть составляли взрослые особи, в осенний период преобладали взрослые самки [8]. Иначе сложилась обстановка в 2017 г. Взрослое население в равном соотношении самок и самцов преобладало в летний период, а осенью большинство отловленных зверьков были еще не достигшими зрелости, преобладали самки. Можно предположить, что в связи с общим сдвигом фенологических явлений в этом году сместились и сроки размножения мелких млекопитающих.

Таблица 1

Постоянные ловчие линии на участке «Нургуш»

Режим охраны	№ стационара	Биотоп	ПЛЛ	Ассоциация	
Территория заповедника	1	нерегулярно заливаемый пойменный лес	1	Липняк снытьевый	
			2		
			4		
			5	Липняк снытьево-пырейниковый	
	2	заливаемый пойменный лес	7	Липняк дудниково-крапивный	
			8		
	3	заливаемый прирусловый луг	9	Ястребинко-лисохвостовый луг	
			10		
	Территория охранной зоны	4	сосняк зеленомошный на второй боровой террасе р. Вятки	16	Сосняк чернично-малининово-зеленомошный
				17	Сосняк зеленомошный
18				Сосняк бруснично-зеленомошный	
19				Сосняк бруснично-вейниково-зеленомошный	

В 2017 г. значительно меньше была численность других видов, как видно из таблицы 2 и 3. По одному экземпляру были пойманы: мышовка лесная, мышь желтогорлая, полевка-экономка. Первые два вида – типичные обитатели лиственных и смешанных лесов, кроме того, желтогорлая мышь является индикатором широколиственных лесов, поэтому ее отсутствие среди ММ луговых и хвойных биотопов является закономерным. Полевка-экономка предпочитает сырые места, проживает в поймах рек. Липняк дудниково-крапивный (ст. 2), где отловлен единственный экземпляр данного вида, располагает необходимыми условиями, т. к. это заливаемый пойменный лес.

Бурозубка обыкновенная во время учета 2017 г. попадала в давилки во всех исследуемых биотопах. Наибольшая уловистость отмечена на лугу (ст. 3), где ее относительная численность составила 1 экз./100 л.с. (табл. 3).

Таблица 2

**Количество микромаммалий, отловленных давилками
в стационарных биотопах в заповеднике «Нургуш»
за летний, осенний периоды учета и 2017 г. в целом**

Вид	Стационар								Итого		
	1*		2		3		4		Л	О	Год
	Л**	О**	Л	О	Л	О	Л	О			
Бурозубка обыкновенная	0	1	0	0	0	5	0	1	0	7	7
Полевка рыжая	14	41	19	29	10	22	3	20	46	112	158
Полевка красная	5	11	0	3	0	0	0	0	5	14	19
Полевка-экономка	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
Мышь лесная	3	2	0	0	0	3	3	2	6	7	13
Мышь желтогорлая	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Мышовка лесная	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2
Итого	23	55	20	33	11	30	6	23	60	141	201

1* – название стационара (табл. 1); Л** – летний, О** – осенний период учета.

Численность рыжей полевки за год составила 4,39 экз./100 л.с., лесной мыши – 0,39, красной полевки – 0,53. Мышь лесная и красная полевка на протяжении всего времени проведения учетов на территории заповедника являются субдоминантами (в некоторые годы лесная мышь – доминант) [9]. Лесная мышь по результатам учетов 1995 – 2013 гг. – второй по численности вид среди ММ, отловленных давилками [3]. Однако в 2017 г. вторым по относительной численности видом после рыжей полевки оказалась красная полевка. Этот вид предпочитает экосистемы лиственных лесов, на территории заповедника в 2017 г. он был встречен только в липняке снытьевом и липняке дудниково-крапивном (ст. 1, 2). Лесные мыши попадались, хотя и в малом количестве, как в пойменных лесах, так и на лугу и в сосняке.

Несмотря на относительно небольшое видовое разнообразие, распределение ММ по биотопам не равномерно. Наибольшее число видов отмечается в липняке снытьевом (ст. 1). На этом участке представлено 5 из 7 видов: бурозубка обыкновенная, мышовка лесная, мышь лесная, полевки красная и рыжая. На ястребинко-лисохвостовом лугу и в сосняке (ст. 3, 4) отловлено три вида: бурозубка обыкновенная, мышь лесная и полевка рыжая. При том, что один биотоп – сосновый лес, а другой – заливаемый прирусловый луг,

индекс Жаккара (I_j) равен 1, т. е. наборы отловленных видов полностью совпадают. Более богатый видами липняк снытьевый (ст. 1) имеет наибольший коэффициент сходства также с прирусловым лугом (ст. 3), индекс Жаккара составляет 0,75, и наименьший – с липняком дудниково-крапивным (ст. 2), I_j равен 0,286. При этом коэффициент Жаккара близко расположенных биотопов 2 и 3 составляет 0,17. Можно предположить, что особенность такого распределения видов в биотопах во время учета связана с миграциями животных в период весеннего половодья и спецификой природных условий данных экосистем. Возвышенное положение липняка снытьевого (ст. 1) обеспечивает его заселение в половодье как лесными, так и луговыми видами. После половодья особи возвращаются в свои местообитания, но не в полном составе. По мере зарастания луга (ст. 3) и увеличения разнообразных видов кормов он становится привлекательнее для большего числа грызунов и насекомоядных, в том числе редких. Отсюда вытекает сходство видового состава с одним липняком (ст. 1) и различие с другим (ст. 2).

Таблица 3

Уловистость микромаммалей в разных биотопах в 2017 году

№ стационара	Уловистость ММ	1*	2	3	4	5	6	7	Всего
1	экз.	1	1	0	5	16	55	0	78
	экз./100 л.с.	0,10	0,10	0,00	0,50	1,60	5,50	0,00	7,80
2	экз.	0	0	1	0	3	48	1	53
	экз./100 л.с.	0,00	0,00	0,20	0,00	0,60	9,60	0,20	10,60
3	экз.	5	0	0	4	0	32	0	41
	экз./100 л.с.	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	6,40	0,00	8,20
4	экз.	1	0	0	5	0	23	0	29
	экз./100 л.с.	0,06	0,00	0,00	0,31	0,00	1,44	0,00	1,81

Примечание. * – обозначения видов ММ: 1 – бурозубка обыкновенная, 2 – мышовка лесная, 3 – мышь желтогорлая, 4 – мышь лесная, 5 – полевка красная, 6 – полевка рыжая, 7 – полевка-экономка; жирным выделена численность более 1 экз./100 л. с.

Ежегодно сосняк (ст. 4) отличается низкой уловистостью и бедным видовым составом, а наиболее продуктивными являются лиственные леса, в частности, липняк снытьевый (ст. 1). По сезонам наблюдается высокая уловистость на пойменном лугу (ст. 3) в осенние периоды учета: в 2017 г. – 12 экз./100 л.с.; 2016 – 5,6; 2015 – 12; 2014 – 3,2; 2013 – 10,6 [8, 10], при этом его вклад в общее число отловленных ММ значительно возрастает. Для всех биотопов характерен прирост населения осенью, но для пойменного луга это изменение более существенно, что можно объяснить интенсивным увеличением кормовой базы и грызунов, и насекомоядных после спада воды в течение лета.

Структура населения изучаемой территории в летний и осенний периоды имеет мало различий. Количество видов осенью не изменилось, однако, произошли качественные изменения: осенью мышовка лесная и полевка-

экономка сменились бурозубкой обыкновенной и желтогорлой мышью. Отсутствие бурозубки во время летнего учета обусловлено, возможно, разливом реки, так как эти насекомоядные не способны к лазанию по деревьям, а желтогорлая мышь является на территории заповедника редким видом. За лето бурозубки достаточно размножились и распространились по территории, о чем свидетельствуют результаты учета давилками. Изменения подобного рода носят циклический характер, т. е. ежегодно к осени видовой состав на затопляемых участках увеличивается за счет видов, отсутствовавших весной из-за подъема воды. Это вполне характерная черта для подобных территорий, она отмечена и в более ранние годы учета [9].

По результатам учета мелких млекопитающих на участке «Нургуш» в 2017 г. можно сделать следующий вывод. Доминирующим видом на территории заповедника является рыжая полевка, она обитает во всех исследуемых биотопах и составляет 78,6 % от общего количества отловленных особей. Субдоминанты (красная полевка и лесная мышь) встречаются не во всех биотопах, их распространение ограничивается приуроченностью к определенным условиям местности и кормовой базе. Более точная и объективная оценка влияния специфических условий 2017 года возможна при сравнительном анализе данных последующих учетов.

Благодарности. Автор выражает благодарность сотрудникам заповедника «Нургуш» А. В. Михалицыну и В. А. Брагину за участие в полевых работах. Особая признательность директору заповедника Е. М. Тарасовой за методическую помощь при сборе и определении материала, а также заместителю директора по научной работе Л. Г. Целищевой за консультации по написанию статьи.

Литература

1. Карасева Е. В., Телицына А. Ю., Жигальский О. А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 416 с.
2. Филонов К. П., Нухимовская Ю. Д. Летопись природы в заповедниках СССР (методическое пособие). М.: Наука, 1985. 143 с.
3. Шубин С. Е. Фоновые виды мышевидных грызунов на участке «Нургуш» заповедника «Нургуш» // Труды государственного природного заповедника «Нургуш». Т. 2., Киров, 2013. С. 174–179.
4. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 1995–96 гг. Боровка, 2000. Кн. 1. 307 с. Рукопись.
5. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 1999 г. Боровка, 2002. Кн. 4. 254 с. Рукопись.
6. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2004 г. Боровка, 2006. Кн. 9. 297 с. Рукопись.
7. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2009 г. Боровка, 2010. Кн. 14. 323 с. Рукопись.
8. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2016 г. Кн. 21. В 2 ч. Киров, 2017. 542 с. Рукопись.
9. Бородин Д. П. Сезонная динамика кормовых ресурсов хищных млекопитающих и птиц в заповеднике «Нургуш» // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Киров, 2002. С. 155–157.

***POSTHODIPLOSTOMUM CUTICOLA* В ЗАПОВЕДНИКЕ «НУРГУШ»**

М. Н. Владыкина

Государственный природный заповедник «Нургуш»,
nurgush@zapovednik.kirov.ru

Заповедник «Нургуш» является единственным заповедником на территории Кировской области, он включает два кластерных участка, расположенных в Котельничском и Нагорском районах.

Участок «Нургуш» является одним из самых крупных нерестилищ в Кировской области, таким образом, территория является источником пополнения рыбных запасов и сохранения видового разнообразия реки Вятки. Научная работа в заповеднике проводится по нескольким направлениям, одним из которых является изучение ихтиофауны в озёрах заповедника. В результате научных ловов на участке «Нургуш» 2011–2017 гг. было достоверно установлено обитание 14 видов рыб в озёрах заповедника «Нургуш». Самыми многочисленными из них являются плотва, язь, окунь, густера и чехонь [1].

В 2014 г. в заповеднике впервые было зарегистрировано заболевание рыб черно-пятнистой болезнью: в оз. Нургуш: чехонь (заражено 8 особей), белоглазка (6), язь (3), плотва (1), окунь (1) и оз. Кривое линь (заражена 1 особь).

Как мы видим, все зараженные особи относятся к отряду Карпообразные.

Постодиплостоматоз (черно-пятнистая болезнь) довольно широко распространен как в естественных водоемах, так и в прудовых и нерестово-выростных хозяйствах рыбководства. Заболевание вызывается личинкой дигенетического сосальщика *Posthodiplostomum cuticola* (Nordman, 1832) из семейства Diplostomatidae [2].

К постодиплостоматозу наиболее восприимчивы сеголетки. Он вызывает у них деформацию тела, искривление позвоночника, разрушение покровов тела и мускулатуры, что ведет в ряде случаев к потере подвижности рыб [3, 4].

На рисунке показана рыба, зараженная черно-пятнистой болезнью.

Половозрелые гельминты паразитируют в кишечнике рыбоядных птиц – это обычно серая цапля, реже большая выпь. Гельминты выделяют яйца, кото-



Рис. Черно-пятнистая болезнь у окуня из оз. Нургуш
Фото Л. Г. Целищевой.

рые с помётом птиц попадают в воду. В воде из них выходят личинки – мирацидии. Развиваются они в зависимости от температуры. В весенне-летнее время примерно за 7–10 дней, осенью за 21 день. Минимальная температура, при которой возможно развитие +10 °С, оптимальная +24 °С. Жизненный цикл в южных районах проходит в течение одного летнего сезона, в более северных – в течение двух сезонов [2]. Мирацидии внедряются в первого промежуточного хозяина – брюхоногих моллюсков (роговых катушек) семейства Planorbidae (*P. planorbis*, *P. carinatus*). В теле моллюска мирацидий превращается в материнскую спороцисту, которая затем путем партогенеза образует дочерние поколения – редию. А те, в свою очередь – дочерние поколения церкариев, подвижных стадий гельминта. В зависимости от температуры воды, вида и возраста моллюсков развитие происходит за 70-95 дней. После выхода из тела моллюска они внедряются во второго промежуточного (дополнительного) хозяина – рыбу. В теле рыб происходит превращение церкариев в метацеркарии. Как только зараженную метацеркариями рыбу поедают рыболюбные птицы, в кишечнике через 3–7 дней происходит развитие половозрелой стадии, которая и откладывает яйца. Затем вместе с экскрементами птиц яйца попадают в воду [2].

Заповедник «Нургуш» относится к северным регионам, вероятно, что развитие личинок здесь может происходить в течение двух сезонов.

Проанализировав встречаемость серой цапли, которая является хозяином сосальщика, было выявлено, что наибольшее количество приходится на 2013 – 82 особи, тогда как в 2010 г. – 39, 2012 г. – 76, 2014 г. – 36 особей. В основном серая цапля встречается на р. Вятке, на территориях, прилегающих к границе заповедника «Нургуш» [5–8].

Изучив погодные условия с 2011 г. по 2014 г., можно отметить что 2013 г. и 2014 г. являются наиболее подходящими для развития постодиплостоматоза [5–8]. В эти годы отмечаются средние температуры осенью выше нормы в 2013 г. +10,3 °С, в мае 2014 г. средняя температура превышала +17,9 °С. С повышением температуры увеличивается численность промежуточного хозяина.

Большинство зараженных экземпляров было отловлено в ходе научного лова в нерестовый период. Мы можем предложить, что зараженная рыба, попала в озеро Нургуш во время весеннего половодья, идя на нерест. У отловленных видов нерест происходит в мае, в зависимости от прогрева воды, ближе ко второй половине месяца. У линя нерест – в июне – июле. Для того чтобы прикрепить икру, данные виды используют затопленную растительность прошлого года. За исключением чехони, она мечет икру в толщу воды над участками с плотным грунтом, там, где имеется какое-либо движение водных масс: перед устьями рек, в местах выхода грунтовых вод, в районах с ветровыми течениями [9].

Таким образом, в 2013 г. благоприятные погодные условия в летний период и большое количество встреч на территории участка «Нургуш» окончательного хозяина, серой цапли, положительно отразилось на развитии посто-

диплостоматоза рыб в 2014 г. Вероятно, что зараженная сосальщиком рыба заходила в озера заповедника на нерест из р. Вятки и смежных с ней водоемов. В 2015-2017 гг. больных рыб не отлавливалось. Следовательно, данный паразит не имеет массового развития на территории заповедника. Большинство озер характеризуются проточным характером, у моллюсков – роговых катушек численность незначительная, а серые цапли залетают на озера спорадически.

Черно-пятнистая болезнь не опасна для человека. Паразит на всех стадиях не может обитать в организме человека. Находясь в теле рыбы, церкарии не выделяют опасных для человека токсинов [2].

Естественное выздоровление рыб от постодиплостоматоза возможно. Уже через 3–3,5 месяца после заражения рыб может наступить гибель метациеркарий. Максимальный срок жизни паразита в рыбе около 1,5 лет. Пигментация остается и после выздоровления [10].

Литература

1. Владыкина М. Н. Динамика населения рыб в озёрах заповедника «Нургуш» в 2011–2016 гг. // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС». С. 253–257.
2. Бауер О. Н., Мусселиус В. А., Стрелков Ю. А. Болезни прудовых рыб. М.: Изд-во «Колос», 1969. 335 с.
3. Дубинин В. Б. Фауна личинок паразитических червей позвоночных дельты р. Волги. Паразитический сборник Зоологического ин-та АН СССР, т. 14, 1962.
4. Ляйман Э. М. Некоторые новые данные о развитии *Neodiplostomum cuticola* в организме рыбы и взаимоотношения паразита и хозяина // Труды Мосрыбвтуза. Вып. 1. 1938.
5. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2011 г. Книга 1. Киров, 2012. Рукопись. Фонд ГПЗ «Нургуш». 317 с.
6. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2012 г. Книга 1. Киров, 2013. Рукопись. Фонд ГПЗ «Нургуш». 347 с.
7. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2013 г. Книга 1. Киров, 2014. Рукопись. Фонд ГПЗ «Нургуш». 354 с.
8. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2014 г. Книга 1. Киров, 2015. Рукопись. Фонд ГПЗ «Нургуш». 321 с.
9. Расс Т. С. Жизнь животных. Т. 4. Ч. 1. Рыбы / Под ред. Т. С. Расс. М.: Просвещение. 1971. 655 с.
10. Ляйман Э. М., Садаковская О. Д. Чернопятнистое заболевание карпов и меры борьбы с ним // Труды НИИПОРХ УССР. № 8. 1952.

Научное издание

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ
И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Материалы XV Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием,
посвященной Году экологии

4–6 декабря 2017 г.

Книга 2

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова, С. Г. Скугорева, Т. П. Клабукова

Дизайн обложки: В. В. Рутман

Подписано в печать 30.11.2017 г. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 20,8.

Тираж 200 экз. Заказ № 4901.

Отпечатано с готового оригинал-макета в центре полиграфических услуг

Вятского государственного университета,

610000, г. Киров, ул. Московская, 36.