

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

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

Материалы XII Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием
13–14 апреля 2017 г.

Книга 2

Киров 2017

ББК 20.1+74.200.57

Э 40

ХII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Экология родного края: проблемы и пути их решения» проводится в рамках Форума «ЭкоКиров-2017», мероприятий, посвященных Году экологии в Российской Федерации и в соответствии с Программой развития ВятГУ на 2016–2020 годы

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Вятский государственный университет»

Редакционная коллегия:

С. В. Дёгтева, д. б. н.; С. Г. Литвинец, доцент, к. с.-х. н.; Т. Я. Ашихмина, проф., д. т. н.; Л. И. Домрачева, проф., д. б. н.; Л. В. Кондакова, проф., д. б. н.; Н. П. Савиных, проф., д. б. н.; И. Г. Широких, с. н. с., д. б. н.; Е. В. Береснева, доцент, к. 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.; А. С. Олькова, доцент, к. т. н.; С. В. Пестов, н. с., к. б. н.; Е. Н. Резник, доцент, к. б. н.; С. Г. Скугорева, н. с., к. б. н.; Н. В. Сырчина, доцент, к. х. н.; А. С. Тимонов, н. с.; С. В. Шабалкина, доцент, к. б. н.

Э 40 Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы ХII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 13–14 апреля 2017 г.). Киров: ВятГУ, 2017. 342 с.

ISBN 978-5-98228-132-6

В сборник материалов ХII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экология родного края: проблемы и пути их решения», которая посвящена Году экологии в Российской Федерации, вошли результаты исследований экологического состояния территории Кировской области и других регионов. Особое внимание уделено освещению механизмов и методов оценки устойчивого функционирования экосистем.

Значительное место в сборнике занимают материалы по изучению состояния биоразнообразия, динамики популяций растений, животных и микроорганизмов в изменяющихся условиях окружающей среды. Представлены работы по химии и экологии почв, а также освещены отдельные аспекты социальной экологии, экологического образования и воспитания.

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.

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

ISBN 978-5-98228-132-6

ББК 20.1+74.200.57

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», 2017

© ФГБУН Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 4

ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

<i>Вартан И. А., Прокашев А. М., Кельдышев М. А., Соболева Е. С., Черезова И. А.</i> Фациальная структура пуговых холмов Вятского Прикамья ...8	
<i>Плясунова О. А., Жуйкова И. А.</i> Динамика и структура агрорландшафтов Кировской области.....13	13
<i>Меньшиков Н. А., Охорзин Н. Д.</i> Оценка состояния природно- антропогенных ландшафтов северной части Чепецко-Кильмезского междуречья.....17	17
<i>Ковалева В. А., Лаптева Е. М., Денева С. В., Панюков А. Н., Виноградова Ю. А.</i> Особенности функционирования целинных и постагрогенных экосистем в пойменных ландшафтах тундровой зоны21	21
<i>Кислицына А. П., Вязьминова А. А.</i> Гумусное состояние почв в выводном поле под многолетними травами26	26
<i>Дабах Е. В., Кондакова А. Н., Кондаков Д. Н., Тюлькина А. В.</i> Содержание и состав гумуса залежной серой почвы.....30	30
<i>Габов Д. Н., Лодыгин Е. Д., Безносиков В. А.</i> Углеводороды в фоновых почвах Интинского района Республики Коми33	33
<i>Каримуллин Л. К., Петров А. М., Вершинин А. А.</i> Влияние нефтяного загрязнения на биологическую активность дерново-подзолистых почв.....37	37
<i>Вершинин А. А., Петров А. М., Князев И. В.</i> Динамика углерода микробной биомассы темно-серой лесной почвы в условиях длительного нефтяного загрязнения.....42	42
<i>Маркина Е. О., Сырчина Н. В.</i> Влияние промышленных гуминовых веществ на свойства почв46	46
<i>Буторин К. Ю., Поруна Н. В., Фокина А. И.</i> Буферные свойства торфа некоторых месторождений Кировской области50	50
<i>Маликов-Пробульский Е. А., Береснева Е. В.</i> Физический анализ торфа54	54
<i>Опалева В. В., Береснева Е. В.</i> Анализ кислотности торфа.....57	57
<i>Напрасникова Е. В.</i> Функциональные особенности почвенного покрова индустриального города: эколого-биохимические аспекты59	59
<i>Пасынкова В. Г., Соловьёва Е. С.</i> Некоторые показатели состояния почвы в зоне влияния железной дороги62	62
<i>Кузнецова С. С., Соловьёва Е. С.</i> Изменение некоторых показателей загрязнения почв г. Кирово-Чепецка за трехлетний период наблюдения.....64	64
<i>Хлыбова М. А., Соловьёва Е. С.</i> Изменение показателей состояния почв пгт. Шайгино Нижегородской области за трехлетний период67	67
<i>Зайнулгабидинов Э. Р., Игнатьев Ю. А., Петров А. М.</i> Сравнительный анализ ИК-спектрометрических и газохроматографических данных при оценке уровня нефтяного загрязнения серых лесных почв70	70

Петров В. Г., Шумилова М. А., Новикова Н. В. Новые подходы в исследованиях поведения поллютантов в почвах на примере бихромат-иона.....	73
Седукова Г. В., Исаченко С. А., Жукова О. М., Бакарикова Ж. В., Грубич А. О. Методология выполнения оценки обстановки на радиационно-опасных землях	77
Титова В. А. О нормировании загрязнения почв.....	81

СЕКЦИЯ 5

ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Бикиров Ш. Б., Уметалиева Н. К., Жумагул кызы Ы., Окенов Р. Ж., Ашырова Б. Б., Каримов Н. И. Состояние биоразнообразия лесов Кыргызстана.....	84
Кислицына А. В. Фитоценотическая и продукционная характеристика <i>Vaccinium myrtillus</i> L. в лесных сообществах южно-таежной подзоны Кировской области	87
Егорова Н. Ю., Шлыкова Д. А., Егошина Т. Л. Эколого-фитоценотическое разнообразие и ресурсная характеристика ценопопуляций <i>Vaccinium myrtillus</i> L. в южно-таежных лесах Кировской области.....	91
Черезова И. А., Вартан И. А., Матушкин А. С., Прокашев А. М. Фациальная структура ландшафтов заказника «Былина».....	95
Шишкина Н. И., Савиных Н. П. Основные тенденции в адаптациях степных многолетних трав к существованию на границах их ареалов	99
Шабалкина С. В., Савиных А. А. О побегообразовании <i>Naumburgia thyrsoiflora</i> (Primulaceae).....	104
Шабалкина С. В., Суворова Ф. С. О побегообразовании <i>Inula salicina</i> (сем. Compositae).....	110
Шабалкина С. В., Карсакова М. В. О строении и развитии монокарпического побега <i>Typha latifolia</i> (Typhaceae)	115
Шаклеина М. Н., Савиных Н. П. Анатомическое строение листьев срединной формации <i>Petasites spurius</i> (Retz.) Reichenb.	120
Савиных Н. П., Полубоярцева А. Н. Анатомическое строение стеблей наземной экобиоморфы горца земноводного	125
Михайлова Е. А., Савиных Н. П. Анатомическое строение вегетативных органов <i>Eleocharis palustris</i> (L.) R.Br.	130
Шамсувалиева К. Р., Савиных Н. П. Анатомическое строение эпигеогенного корневища <i>Polygonum bistorta</i> L.....	136
Коваль Е. В., Чупрова Ю. В., Огородникова С. Ю. Действие метилфосфонатов и цианобактерии <i>Nostoc paludosum</i> на растения ячменя ..	141
Филимонова Е. И., Лукина Н. В., Галимова Е. Г. Некоторые особенности морфологии подземных органов и микоризы <i>Platanthera bifolia</i> на нарушенных промышленностью землях	145

Новоселов А. В., Емелев С. А., Помелов А. В. Влияние фиторегуляторов на семена и проростки яровой пшеницы Ирень в условиях различного освещения.....	149
Береснева Ю. В., Товстик Е. В. Влияние различных доз торфогеля на морфометрические показатели роста растений ячменя.....	153
Балахонцева Л. Н., Дудин Г. П. Влияние лазерного красного излучения и углекислого калия на растения ярового ячменя.....	155
Дрожжина В. Н. Изменение показателей фотосинтетического аппарата некоторых видов ив под воздействием промышленных выбросов.....	160
Домнина Е. А., Огородникова С. Ю., Степанова И. Д. Оценка состояния лишайника <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl. в районе размещения объекта уничтожения химического оружия в Кировской области	164
Бузмакова Т. И., Резник Е. Н. Сравнительная оценка антиоксидантной активности объектов растительного происхождения	166
Зеленков В. Н., Лапин А. А., Марков М. В. Суммарная антиоксидантная активность растений и перспективы ее использования как количественного показателя состояния природных экосистем.....	169
Черемисинов М. В., Дудин Г. П., Помелов А. В. Использование пестицидов как один из способов быстрого получения исходного материала в селекции ярового ячменя	173
Хижняков А. Ю., Дудин Г. П. Антропогенные факторы как источники устойчивых к полеганию мутаций ярового ячменя.	178

СЕКЦИЯ 6

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Зиновьев В. В., Пестов С. В. Сезонные изменения повреждения листьев липы сердцевидной (<i>Tilia cordata</i> L.) членистоногими в урбанизированной среде	183
Ильясова А. Р., Утямышева Ю. С. Биоиндикация среды по характеру изменчивости рисунка переднеспинки клопа солдатика (<i>Pyrrhocoris apterus</i> L.).....	186
Мазеева А. В., Кулакова О. И. Многолетние изменения населения булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Rhopalocera) в окрестностях г. Кирова	191
Тычинкина И. Г., Пестов С. В. Изучение влияния галлообразователей на строение листьев деревьев.....	197
Окуловский А. С., Кулакова О. И., Татаринов А. Г., Пестов С. В. Материалы по фауне стрекоз (Odonata) г. Кирова и его окрестностей	200
Целищева Л. Г. Структура и динамика населения почв пойменных лугов в заповеднике «Нургуш» в 2008–2015 гг.....	203
Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Паразитофауна окуня из бассейнов рек северо-востока европейской части России.....	208
Владыкина М. Н. Размерно-возрастная структура <i>Leuciscus idus</i> в озерах заповедника «Нургуш» в 2011–2016 гг.	212

Кудяшева А. Г., Загорская Н. Г. Изменение взаимосвязей между параметрами клеточного гомеостаза как показатель реакции на техногенное воздействие (на примере полевки-экономки) с территории с повышенным уровнем естественной радиоактивности	214
Нуртдинова А. П., Рябова Е. В. Этапы формирования базы данных Кировского городского зоологического музея	218
Раскоша О. В. Состояние органов эндокринной системы мышей после воздействия эрдистероидов серпухи венценосной	221
Раскоша О. В., Башлыкова Л. А. Изучение эффектов ионизирующего излучения в малых дозах на мышах линии Af	225
Рябов В. М. Состав зимней орнитофауны микрорайона Радужный г. Кирова	229
Семенов В. Г., Никитин Д. А., Волков А. В., Захарова К. В. Неспецифическая устойчивость организма животных к стресс-факторам	233
Семенов В. Г., Никитин Д. А., Гладких Л. П. К проблеме адаптогенеза организма свиней к факторам среды обитания	237

СЕКЦИЯ 7

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Кондакова Л. В., Безденежных К. А., Домрачева Л. И., Ашихмина Т. Я., Коновалов А. Л. Биоиндикация почв пойменных лугов с использованием грибных и фототрофных микробных группировок	243
Безденежных К. А., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я. Почвенные водоросли хвойных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский»	246
Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Альгофлора почв понижений пойменного луга на техногенной территории	250
Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Видовое разнообразие альгофлоры пойменных водоемов техногенного ландшафта	253
Домрачева Л. И., Леонова К. А., Фокина А. И., Скугорева С. Г. Влияние ионов свинца на бактерии рода <i>Vacillus</i>	255
Коткина Т. Н., Фокина А. И., Зыкова Ю. Н. Влияние степени фрагментации и возраста культуры цианобактерий на результат биотестирования с их использованием	257
Симакова В. С., Домрачева Л. И. Влияние возрастающих концентраций автошампуня Uni на развитие цианобактерии <i>Nostoc paludosum</i>	260
Коваль Е. В., Селезнева А. В., Огородникова С. Ю. Действие цианобактерии <i>Nostoc paludosum</i> и гербицида глифосата на жизнедеятельность растений пшеницы (модельные опыты)	262
Широких И. Г., Рычкова С. С., Лимонова Д. В. Актинобиота буроземов в лесных экосистемах с различным типом климата	267
Чжао Хуаян, Широких А. А. Микромицеты в придорожных экотопах г. Датун (КНР)	272

Березина Ю. С., Широких А. А. Слизевика подкласса <i>Muxogastria</i> в лесных биоценозах и их культивирование <i>in vitro</i>	276
Герасимова М. Р., Широких А. А. Микроорганизмы в снеговом покрове г. Кирова.....	279
Товстик Е. В. Оценка протективного действия <i>Streptomyces wedmorensis</i> 38.11 на проростки пшеницы при кадмиевом стрессе.....	283
Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Агроэкологические факторы развития <i>Claviceps purpurea</i> (Tul.).....	288
Калинин А. А., Ковина А. Л., Трефилова Л. В. Опыт применения препаратов клубеньковых бактерий для повышения продуктивности бобовых культур	293
Погорельский И. П., Лещенко А. А., Шаров С. А., Лазыкин А. Г. Универсальность механизмов устойчивого функционирования природных экосистем и микробиоценозов	298
Кузнецова Т. В., Петров А. М., Вершинин А. А. Микробный пул серой лесной почвы при разном остаточном содержании нефтепродуктов ..	302
Смирнова И. Э., Саданов А. К., Даугалиева С. Т., Нурмуханбетова А. М., Султанова А. Ж. Влияние интродукции ассоциации эффективных микроорганизмов на микробную популяцию деградированных почв пастбищ.....	306
Кондакова Л. В., Березин Г. И. Цианобактерии и водоросли активного ила аэротенков городских очистных сооружений	310
Синяшин К. О., Петров А. М., Князев И. В. Перспективы и направления применения биологически активных веществ в технологиях очистки сточных вод активным илом.....	312
Кудряшов Н. А., Домрачева Л. И., Великородчанина Е. О. Оптимизация массового культивирования цианобактерий	314
Емельянова Е. В., Решетилов А. Н. Оптимизация условий хранения и подготовки рецептора биосенсора для определения 2,4-динитрофенола ...	318
Кувичкина Т. Н., Ильясов П. В., Воронова Е. А., Решетилов А. Н. Биосенсор для определения биологического потребления кислорода на основе дрожжей <i>Arxula adeninovorans</i> ВКМ У-2676	324
Емельянова Е. В., Соляникова И. П. Оценка <i>Rhodococcus opacus</i> 1СР как потенциальной культуры-рецептора биосенсора для детекции бензоата	327
Воронина А. О., Плотникова Е. Г. Разнообразие ключевых генов деструкции бифенила в микробном сообществе техногенно загрязненной почвы (г. Пермь)	333
Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Саханов И. Ф., Кулик Н. В., Валидов Ш. З., Бабынин Э. В., Яхваров Д. Г. Изучение биодegradации белого фосфора	335
Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В. Педагог, альголог, микробиолог	340

СЕКЦИЯ 4 ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

ФАЦИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПУГОВЫХ ХОЛМОВ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ

*И. А. Варман, А. М. Прокашев, М. А. Кельдышев,
Е. С. Соболева, И. А. Черезова*

Вятский государственный университет, keldyshev.mikhail@mail.ru

Древние гравийно-галечниковые и моренные накопления, известные под названием «пуги» или дресвяные холмы, широко распространены в бассейнах рек Кама и Вятка [1]. Они приурочены к водоразделам и являются самыми высокими участками междуречных пространств.

Известны две основные гипотезы о генезисе и возрасте «пуг»: а) пуговые отложения являются флювиогляциальными отложениями четвертичного времени; б) пуговые отложения – это элювий галечных конгломератовых палеоречных наносов перми и триаса [2, 3]. Отличительными признаками пуговых образований, сформированных деятельностью палеорек, стекавших в то время с Уральских гор, являются косая слоистость песчаной толщи, хорошо окатанный галечный материал и марганцевая корочка – «пустынный загар». Для пуг палеоледниковой зоны эти признаки не характерны. Они выделяются менее окатанным обломочным галечным материалом.

Пуги имеют небольшую относительную высоту – не более 30 м – и представляют собой округлые холмы или гряды овальной формы, вытянутые в направлении водоразделов. Для них типично асимметричное строение: крутые склоны (до 15°), зачастую переходящие в склоны глубоких балок, сочетаются с более пологими, постепенно сливающимися с водоразделом. Площадь холмов составляет от 1 до 4,5 км². Мощность гравийно-галечниковых образований весьма непостоянна. Она колеблется от 1–2 до 15–20 м, при этом наблюдается закономерное увеличение мощности в направлении наиболее повышенных форм рельефа [4–6].

Актуальность исследований пуговых холмов с ландшафтоведческих позиций определяется их односторонней изученностью на данный момент, главным образом с минералого-литологических и, отчасти, палеоботанических позиций. Отдельные из них единично включены в список ООПТ Кировской области, например, Шаймиевская пуга у п. Уни, хотя она в значительной степени пострадала ранее в процессе выработки рыхлого песчано-гравийного материала для нужд дорожного строительства. Многие из других пуг Вятского Прикамья, придающих своеобразие и особую живописность местным

ландшафтам, также издавна используются в качестве строительного материала, что грозит их полным исчезновением.

В настоящей работе представлены первые результаты исследования ландшафтной структуры пугового холма в окрестностях с. Пасегово Кирово-Чепецкого района Кировской области. Его площадь составляет около 4,3 км², абсолютная высота – 203,6 м. Пуговый материал, слагающий вершину водораздельной гряды, характеризуется рядом признаков, косвенно указывающих на его ледниковое происхождение.

Цель работы – изучение пространственной структуры геосистем пугового урочища. В задачи работы входило:

- выявление и фациальное изучение природных комплексов (ПК) ранга фаций и подурочищ;
- составление ландшафтной карты-схемы пугового урочища.

В ходе полевых ландшафтных работ произведены фациальные описания серии элементарных ПК, занимающих элювиальные, трансэлювиальные, трансаккумулятивные позиции. При этом производилось комплексное исследование геолого-геоморфологического строения, почвенно-растительного покрова, направленности современных физико-географических процессов, антропогенного влияния и др. Более 20 из основных точек подверглись полно-профильному отбору почвенных образцов для лабораторного анализа физических и физико-химических субстантивных свойств. В ходе камеральных работ использованы топографические планы (масштаб 1:50000), космические снимки (LandSat-8) и данные полевых наблюдений.

Пуговое урочище характеризуется ассиметричным строением: вершина имеет слабовыпуклый облик, северо-восточные и юго-восточные склоны являются наиболее длинными и пологими. Юго-восточные склоны плавно переходят в базовую водораздельную поверхность. Большая часть пуговых геосистем трансформирована техногенезом: карьерной разработкой песчано-гравийных материалов в привершинной части урочища на площади 147 м²; земледельческим освоением значительной доли склонов и подошвы холма. Значительная часть площади распаханых в недавнем прошлом склонов ныне занята залежными лугами, подвергающимися постепенному облесению. Лишь на вершине сохранились условно коренные лесные хвойные формации (рис.).

Сельскохозяйственное воздействие оказало значительное влияние на упрощение фациальной структуры пугового урочища, с одной стороны, и искусственное изменение размеров и геометрических форм элементарных геосистем в направлении близких к прямоугольным контурам, с другой. Ниже представлено более подробное описание фациальной структуры пугового холма в виде текста-легенды к карте.

Фации вершины представлены зрелым березово-еловым кислично-черничным лесом с примесью сосны (Е6Б3С2) и более молодым елово-березовым черничным лесом (Б6Е4), большей частью на месте бывших карьерных разработок, значительно сnivelировавших первичные формы рельефа и нарушивших песчано-гравийный нанос. Ныне здесь сформировалась дерно-

во-среднеподзолистая среднесуглинистая почва на частично выработанных водно-ледниковых песчано-гравийных отложениях, подстилаемых моренным суглинком.

В северо-восточном направлении вершина переходит в слабонаклонную поверхность, на которой сформировался зрелый елово-сосновый кислично-черничный лес (С7Е3). Здесь почвенный покров представлен дерново-среднеподзолистыми среднесуглинистыми почвами на моренном суглинке. Значительную часть территории этого склона занимают агротехногенные геосистемы, что привело к трансформации целинной почвы в агродерново-слабоподзолистую легкосуглинистую на моренном суглинке.

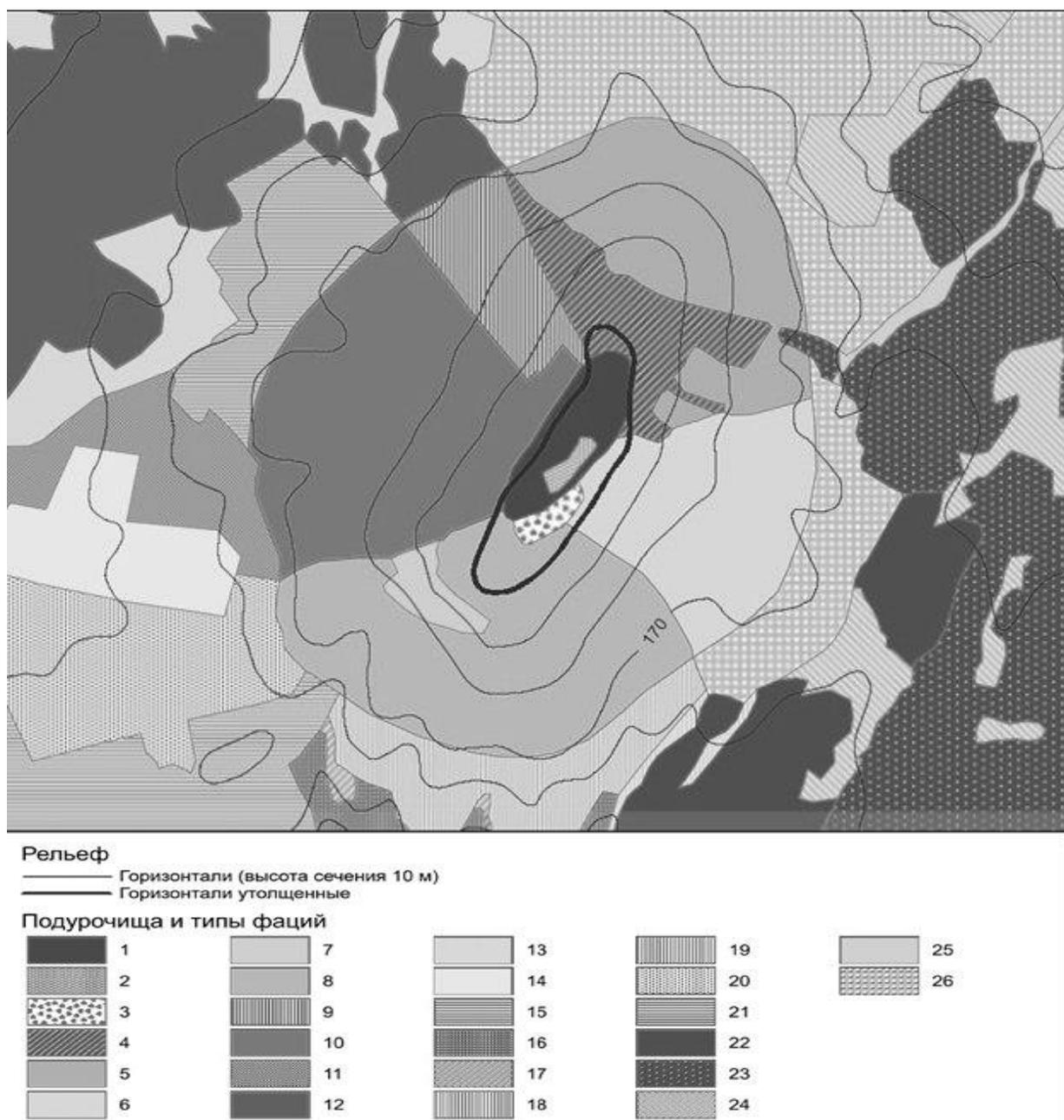


Рис. Карта-схема фаций пугового урочища в окр. с. Пасегово

Слабонаклонные и пологие поверхности вершины пугового холма:

1. Под зрелыми хвойными лесами с примесью березы и осины на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве на выработанных песчано-гравийных отложениях, подстилаемых моренным суглинком;

2. Под закустаренным злаково-разнотравным лугом на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве на выработанных песчано-гравийных отложениях, подстилаемых моренным суглинком;

3. Песчано-гравийный карьер.

Слабонаклонные и пологие склоны северной и северо-восточной экспозиции:

4. Под зрелым елово-сосновым лесом на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве на моренном суглинке;

5. Под пашней на агродерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почве на элювии глин.

Слабонаклонные и пологие склоны восточной и юго-восточной экспозиции:

6. Под пашней на агродерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почве на моренном суглинке.

Слабопокатые и пологие склоны южной и юго-западной экспозиции:

7. Под закустаренным злаково-разнотравным лугом на агродерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве на моренном суглинке;

8. Под пашней на агродерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве на элювии глин.

Слабонаклонные и пологие склоны западной и северо-западной экспозиции:

9. Под зрелым елово-сосновым лесом на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве на моренном суглинке;

10. Под пашней на агродерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почве на моренном суглинке.

Субгоризонтальные и слабонаклонные поверхности подошвы склонов западной и северо-западной экспозиции:

11. Под молодым сосновым лесом на дерново-среднеподзолистой и дерново-среднеподзолистой глееватой легкосуглинистой почве на моренном суглинке.

12. Под елово-сосновыми и березово-еловыми лесами на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве на моренном суглинке;

13. Под закустаренными и облесенными разнотравно-злаковыми лугами на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве на моренном суглинке.

14. Под залесенным злаково-разнотравным лугом на дерново-среднеподзолистой глееватой почве на моренном суглинке;

15. Под пашней на агродерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве на моренном суглинке.

Слабопокатые и пологие поверхности подошвы склона южной экспозиции:

16. Под еловыми и березово-еловыми лесами на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве на моренном суглинке.

17. Под залесенным разнотравно-злаковым лугом на агродерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почве на моренном суглинке;

18. Под закустаренным разнотравным лугом на дерново-среднеподзолистых глееватых и глеевых легкосуглинистых почвах на моренном суглинке;

19. Под пашней на агродерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почве на моренном суглинке.

Субгоризонтальная поверхность водораздела:

20. Под молодым сосновым лесом на дерново-среднеподзолистой глееватой среднесуглинистой почве на моренном суглинке;

21. Под пашней на агродерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве на моренном суглинке.

Субгоризонтальные и слабонаклонные поверхности водораздела:

22. Под елово-сосновым лесом на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве на моренном суглинке;

23. Под березово-еловым лесом на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве на моренном суглинке;

24. Под залесенными разнотравно-злаковыми лугами на дерново-среднеподзолистой (типичной) и дерново-среднеподзолистой глееватой среднесуглинистой почве на моренном суглинке;

25. Под закустаренным разнотравным лугом на дерново-среднеподзолистых глееватых и глеевых среднесуглинистых почвах на моренном суглинке;

26. Под пашней на агродерново-слабоподзолистой легко- и среднесуглинистой почве на моренном суглинке.

Субгоризонтальные поверхности склона северо-западной экспозиции пугового холма заняты елово-сосновыми кислично-черничными с березой (С6ЕЗБ1) и сосново-еловыми черничными (Е7С3) лесами, под которыми сформировалась дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая почва на моренном суглинке.

Слабопокатые склоны южной экспозиции заняты березово-еловыми чернично-кисличными и костяничными лесами (Е7Б3), а также залесенными и закустаренными разнотравно-злаковыми лугами на месте бывших пашен. Почвенный покров представлен дерново-среднеподзолистыми и агродерново-средне- и слабоподзолистыми легкосуглинистыми почвами на моренном суглинке.

Подошвы склона северной и северо-восточной экспозиции полностью изменены агротехнической деятельностью. На этой территории доминируют пашни с агродерново-слабоподзолистыми легкосуглинистыми почвами на моренном суглинке.

Фации подошвы склона южной экспозиции представлены заброшенными пашнями, на которых сформировался залесенный разнотравно-злаковый луг на агродерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почве на моренном суглинке.

Лесные формации занимают 41,5% всей площади пугового холма и прилегающей территории водораздела. Оставшаяся часть находится в основном под закустаренными лугами и пашнями – 18% и 39,6% соответственно. Последние 0,9% площади приходится на песчано-гравийный карьер, расположенный на южной стороне вершины холма. В целом, на территорию, освоенную в разное время земледелием, приходится 58,5% площади пугового урочища.

Таким образом, первичная структура локальных геосистем исследуемой территории в значительной мере преобразована хозяйственной деятельностью человека. Подошвы пугового холма заняты преимущественно пашнями, а склоны покрыты вторичными лесами. В почвенном покрове фоновыми являются зональные дерново-подзолистые почвы суглинистого гранулометри-

ческого состава. Значительная часть песков и гравелитов к настоящему времени использована на хозяйственные нужды и продолжается их дальнейшая разработка. Это ведет к изменению первичного рельефа, растительных ассоциаций, фациальной структуры, характера современных процессов педогенеза и состава почвенного покрова в направлении инициальных почв, формирующихся на новых, суглинисто-глинистых отложениях, являвшихся ранее подстилающими для песчано-гравийного пугового плаща. Снижение экономической активности в последние десятилетия обеспечило возможность частичной сохранности этих проблематичных по происхождению геолого-геоморфологических образований до наших дней.

Литература

1. Мильков Ф. Н. Среднее Поволжье. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 261 с.
2. Дедков А. П., Бутаков Г. П. Сравнительная характеристика верхнепермских и мезозойских конгломератов Волго-Вятского края // Пермские отложения Республики Татарстан. Казань, 1996. С. 127–134.
3. Дедков А. П., Малышева О. Н., Порман С. Р., Рождественский А. Д. Древние поверхности выравнивания и останцовый рельеф Удмуртии // Развитие склонов и выравнивание рельефа. Казань, 1974. С. 64–76.
4. Варган И. А., Прокашев А. М., Чепурнов Р. Р., Кельдышев М. А., Черезова И. А. Структура пуговых ландшафтов Вятско-Камского Предуралья // Экология родного края. Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2016. С. 82–86.
5. Прокашев А. М., Варган И. А., Мокрушин С. Л., Соболева Е. С., Чепурнов Р. Р., Хлебникова А. О., Кузнецов В. А. Пуговые почвы Вятского Прикамья с реликтовым гумусовым горизонтом // Прошлое, современное состояние и прогноз развития географических систем. Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2014. С. 154–158.
6. Прокашев А. М., Варган И. А., Чепурнов Р. Р., Соболева Е. С., Мокрушин С. Л., Кельдышев М. А. Пуговые почвы Вятского Прикамья // Почва – зеркало и память ландшафта. Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2015. С. 142–147.

ДИНАМИКА И СТРУКТУРА АГРОЛАНДШАФТОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

О. А. Плясунова, И. А. Жуйкова

Вятский государственный университет, zhuikova@yandex.ru

К настоящему времени естественных природных ландшафтов, не затронутых хозяйственной деятельностью, практически не осталось. С каждым годом увеличивается интенсивность хозяйственного использования природной среды, что видоизменяет процессы, характерные для существования природных систем. Естественные ландшафты обладают саморегулированием и самоорганизацией. Антропогенные ландшафты функционирует в заданном человеком режиме, их устойчивость зависит от затрат человека на поддержание производительных и экологических функций.

Особое внимание агроландшафтам начинают уделять только в середине XX века, что связано с непрерывным ростом населения, научно-техническим прогрессом и увеличением нагрузки на земельные ресурсы. Одним из основа-

телей агроландшафтных исследований можно считать Л. Г. Раменского. Большой опыт в данном вопросе накопили А. М. Рябчиков, В. А. Николаев, А. Н. Каштанов, М. И. Лопырев, Ф. Н. Мильков и другие ученые.

В последние десятилетия особое значение среди антропогенных ландшафтов приобретает агроландшафт, как земельный ресурс, используемый для получения сельскохозяйственной продукции. При этом на данный момент существуют различные взгляды на само понимание термина агроландшафт, что усложняет сбор и обработку данных по этому вопросу.

По определению М. И. Лопырева [1], под агроландшафтом понимается земельный массив, состоящий из комплекса взаимосвязанных природных компонентов, элементов системы земледелия и землеустройства с относительно автономными водным, тепловым и другими режимами, с признаками общей экологической системы.

Главная цель создания агроландшафтов – создание искусственных агроценозов для нужд населения. Однако роль сельскохозяйственных земель сводится к этой же функции, поэтому при оценке их площади, данные понятия можно считать синонимами.

На данный момент существуют различные классификации агроландшафтов. Наиболее часто встречается деление по методу использования сельскохозяйственных земель, в которой агроландшафты подразделяются на пашню, пастбище, сенокосы, залежи и многолетние насаждения.

На основе анализа картографических [2, 3], литературных [4] и статистических [5–8] источников нами были рассмотрены динамика и структура агроландшафтов Кировской области, характерных для советского и постсоветского (российского) этапов развития.

В второй половине XX века в Кировской области доля сельскохозяйственных угодий в основном постепенно сокращалась (табл. 1). Только в период с 1990 по 1994 гг. они сократились на 414 тыс. га.

Таблица 1

**Структура сельскохозяйственных угодий Кировской области
в 1967 и 1996 гг.**

Структура с/х угодий	1967 год		1996 г.	
	тыс. га	%	тыс. га	%
Пашня	2672,6	63,2	2752,8	74,7
Сенокосы	673,0	15,9	442,2	12,0
Выгоны и пастбища	571,5	13,5	464,3	12,6
Прочие земли	305,3	7,4	25,8	0,7
Итого	4222,4	100	3685,1 га	100

Общая площадь посевных площадей Кировской области в 1967 г. составляла 1982,6 тыс. га [2], из них под зерновыми культурами – 1329,6 тыс. га, техническими (лен) – 42,4 тыс. га, картофелем и овощами – 108,5 тыс. га, кормовыми культурами – 502,1 тыс. га. К 1993 г. изменилась как площадь, так и структура посевных площадей [3]: уменьшилась посевная площадь зерновых культур – она составила 1277,0 тыс. га. В структуре наблюдались следу-

ющие соотношения: доля зерновых культур составила 52,8%, кормовых – 43,4%, картофеля и овощей – 3,3%, технических – 0,5%. Общая посевная площадь основных сельскохозяйственных культур к 1996 г. уменьшилась на 138,1 тыс. га в основном за счет сокращения доли зерновых и технических культур (лен) и составила 1844,5 тыс. га.

Динамика агроландшафтов Кировской области с 1990 по 2015 гг. рассмотрена в таблице 2 на основе анализа литературы [5–8].

Таблица 2

**Распределение земель по видам угодий (тыс. га),
находящихся в пользовании хозяйств и граждан, занимающихся
сельским хозяйством**

Год	Земли с/х назначения	С/х угодья	Пашня	Многолетние насаждения	Залежь	Сенокосы	Пастбища
1990	5625,8	3429,5	2577,8	9,0	23,9	381,4	437,4
1995	5414,6	3230,8	2457,1	17,2	29,7	347,0	379,8
2000	4796,6	2781,8	2214,3	14,0	16,8	256,4	280,3
2005	4893,9	2779,5	2208,5	14,8	26,0	259,4	270,8
2010	4702,5	2687,2	2140,2	15,0	25,6	248,4	258,0
2015	4030,0	2506,5	2002,6	14,3	21,8	229,8	238,0
Разница в % 1990 г. к 2015 г.	-29,4	-27,0	-22,6	+41,2	-8,8	-39,7	-45,6

На основе анализа полученных данных, можно сделать вывод, что по всем категориям, кроме многолетних насаждений, с 1990 по 2015 гг. произошло значительное уменьшение площадей сельскохозяйственных земель почти на 30%. Это связано с уменьшением использования данных видов земель предприятиями и отдельными гражданами в сельскохозяйственном производстве, с последующим зарастанием земель и переводом их в лесной фонд области. Кроме этого большой процент угодий используется крайне неэффективно или в качестве залогов.

Среди сельскохозяйственных угодий наибольшую долю занимает пашня – около 78%. При этом каждые 5 лет удельный вес данной категории земель увеличивается. Такую же тенденцию в целом имеют многолетние насаждения. Практически не изменяется со временем площадь залежных земель. Однако площади сенокосов и пастбищ заметно уменьшаются (табл. 3). Все категории земель были рассчитаны в % от общей площади сельскохозяйственных угодий, которые, в свою очередь, занимают определенный процент от земель сельскохозяйственного назначения.

Таким образом, начиная с 70-х годов советского периода по настоящее время площади сельскохозяйственных земель значительно сократились, а сельскому хозяйству в Кировской области, по-прежнему не уделяется должного внимания несмотря на существование государственной программы Кировской области «Развитие агропромышленного комплекса на 2013–2020 годы».

Таблица 3

**Распределение земель по видам угодий (в %), находящихся
в пользовании хозяйств и граждан, занимающихся сельским хозяйством**

Год	С/х угодья	Пашня	Многолетние насаждения	Залежь	Сенокосы	Пастбища
1990	61	75,2	0,3	0,7	11,1	12,8
1995	59,7	76,1	0,5	0,9	10,7	11,8
2000	58,0	79,6	0,5	0,6	9,2	10,1
2005	56,8	79,5	0,5	0,9	9,3	9,8
2010	57,1	79,6	0,6	1,0	9,2	9,6
2015	62,2	80,0	0,6	0,9	9,1	9,4

С каждым годом все новые территории переводятся в лесной фонд. Однако среди всех категорий сельскохозяйственных угодий наибольший удельный вес занимает пашня. Каждые 5 лет ее площадь незначительно, но все же увеличивается. При этом в целом распаханность территории области составляет 17%. Наиболее высокий показатель имеют южные районы области (58%), тогда как на севере региона распаханность низкая (1%) [3].

Полученные выводы согласуются с материалами экспертно-аналитического центра агробизнеса [9], согласно которым размеры посевных площадей в Кировской области в 2015 г. составили 862,8 тыс. га и продолжается тенденция их сокращения (30-е место в рейтинге регионов России). Из них 59,7% приходится на кормовые культуры. Посевные площади овощей открытого грунта в Кировской области в 2015 г. сократились на 20,9% (61-е место в рейтинге регионов РФ).

Литература

1. Лопырев М. И. Основы агроландшафтоведения: Учеб. пособие. Воронеж: ВГАУ, 1995. 180 с.
2. Атлас Кировской области: М.: ГУГК, 1968. 38 с.
3. Атлас Кировской области: М., 1997. 32 с.
4. Алалыкина, Г. М. Экономика региона (территория, население и хозяйство Кировской области): Учебное пособие / Г. М. Алалыкина, И. Ю. Алалыкина, К. А. Чернышев. Киров: ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2013. 328 с.
5. Вятский край на рубеже тысячелетий. История и современность: историко-статистический сборник / Н. И. Зорин и др. Киров: Кировский обл. комитет гос. статистики, «Триада-С». 2002. 680 с.
6. О состоянии окружающей природной среды Кировской области в 2005 году: региональный доклад / Под общ. ред. В. П. Пересторонина. Киров: Триада плюс, 2006. 150 с.
7. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2010 году: региональный доклад / Сост.: Г. В. Акпарисова и др. Киров: Триада Плюс, 2011. 187 с.
8. О состоянии окружающей природной среды Кировской области в 2015 году: региональный доклад / Под общ. ред. А. Н. Чемоданова. Киров. 2016. 209 с.
9. Сельское хозяйство Кировской области: электронный ресурс / Режим доступа: <http://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyaystvo-kirovskoy-oblasti>.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЧЕПЕЦКО-КИЛЬМЕЗСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Н. А. Меньшиков, Н. Д. Охорзин
Вятский государственный университет, kaf_gmo@vyatsu.ru

Район исследования расположен на левобережье среднего течения реки Чепцы в пределах Республики Удмуртия. Территория представляет собой слабоприподнятую Красногорскую возвышенность с абсолютными отметками около 200–220 м. Максимальная абсолютная отметка достигает 288,1 м (к юго-востоку от с. Красногорское). Протяженность территории с запада на восток 180 км, с севера на юг – 270 км. Общий характер рельефа территории – увалисто-холмистый. Вершины увалов слабовыпуклые, но часто встречаются гравийно-галечниковые песчаные всхолмления («пуги»). Относительная высота их обычно не превышает 12–15 м. Микрорельеф выражен в виде небольших гряд (бугров) и небольших суффозионных понижений («блюдец»). На склоновых участках междуречий возрастает расчлененность рельефа овражно-балочной сетью. Балки характеризуются невысокими берегами и широкими плоскими днищами. Техногенные формы рельефа представлены дорожными насыпями, различными постройками сельскохозяйственного и иного назначения.

По своему геологическому строению территория исследования соответствует восточной части Русской платформы: кристаллический фундамент перекрыт слоями осадочного чехла пород верхнего протерозоя и палеозоя мощностью от 1500 м до 2000 м. Но на дневную поверхность выходят породы верхнего отдела пермской системы, северодвинского горизонта татарского яруса, представленные глинами, песчаниками, алевролитами с прослойками конгломератов и известняков. Четвертичные отложения перекрывают все ранее образованные породы относительно тонким слоем и являются основными почвообразующими породами. Наиболее широкое распространение среди них получили элювиально-делювиальные (покровные) глинистые и суглинистые отложения мощностью до 7–9 м. Делювиально-солифлюкционные отложения развиты на пологих северных и восточных склонах, представлены суглинками сравнительно небольшой мощности 2–4 м. На крутых склонах южных и западных экспозиций развиты делювиально-коллювиальные отложения. Кроме того, выделяются пролювиальные отложения. Аллювиальные отложения слагают комплекс пойменных террас и пойм малых и средних рек.

Климат территории умеренно-континентальный, с продолжительной умеренно-холодной и снежной зимой, затяжной весной, ранней осенью и умеренно теплым коротким летом. Среднегодовая температура колеблется от 1,5 до 2,7 °С. Сумма активных температур составляет 1750–1800 °С. Территория находится под влиянием циклонов, средняя температура января –

–14о –15 °С, июля +18о – +19 °С. Среднегодовое количество осадков 500–600 мм с максимальным количеством в летнее время.

Река Чепца пересекает территорию исследования своим средним течением с левыми притоками Сепыч, Убыть, Лекма. Они относятся к типу рек с преимущественно снеговым питанием. Ширина русла р. Чепцы здесь изменяется от 30 до 100 м. Глубина на плесах составляет 2–6 м, скорость течения 0,1–0,4 м/сек., на перекатах – 0,4–1,5 м и 0,5–1,3 м/сек соответственно. Густота речной сети составляет в среднем 0,6–0,7 км/км², достигая наибольшего значения (0,8–1,0 км/км²) в верховьях притоков р. Чепцы [1].

В почвенном покрове исследуемой территории преобладают дерново-среднеподзолистые и дерново-сильноподзолистые суглинистые почвы. На полого-покатых участках склонов водораздельных пространств отмечаются их смытые варианты, в нижних частях склонов выделяются дерново-подзолистые глееватые и дерновые глеевые почвы. В пойме р. Чепцы и ее притоков формируются аллювиальные (пойменные) дерновые почвы. На вторых надпойменных террасах под сосновыми борами выделяются подзолистые песчаные и супесчаные почвы. На изучаемой территории структура почвенного покрова образована многократным повторением сложных сочетаний (или сочетаний-мозаик) конструктивных дерново-подзолистых почв с дерновыми (карбонатными и оглеенными), подзолистыми, подзолисто-болотными почвами. Основным дифференцирующим фактором являются литолого-геоморфологические условия этой территории [2].

В северной части Чепецко-Кильмезского междуречья преобладают сельскохозяйственные угодья (более 80%). В составе сельскохозяйственных угодий чрезвычайно высока доля пахотных земель (77,6%), под сенокосами – 5,5%, под пастбищами – 16,9%, Лесистость невелика, составляя в среднем около 17%. Здесь преобладают еловые и пихтово-еловые леса. Кроме хвойных лесов широко представлены производные мелколиственные леса, луга, болота. В древесном и кустарниковом ярусах имеются также широколиственные породы – вяз гладкий, липа мелколиственная, клен платановидный, которые присутствуют только в подлеске. Для района характерно наличие таких редких видов, как кортуза Маттиоли, белокопытник холодный, береза карликовая, камнеломка болотная, тайник сердцевидный, морошка и некоторые другие виды. Фауна типична для южно-таежных еловых лесов и лиственных мелколесий. Антропогенные факторы преобразуют качественный и количественный состав фауны. Популяции одних видов исчезают из состава перестроенных систем, популяции других появляются вновь, приводя к обогащению видового разнообразия.

Важной характеристикой в оценке природно-антропогенного ландшафта, определяющей свойства, диагностические признаки и практическое использование, является его морфологическая структура. Морфологическая структура ландшафта – это состав, соотношение площадей и взаиморасположение формирующих его локальных геосистем, именуемых морфологическими единицами (частями или элементами) [3]. Значение и анализ морфоло-

гической структуры позволяет оценивать природно-антропогенные ландшафты с точки зрения целесообразности того или иного их хозяйственного использования. В связи с высокой сельскохозяйственной освоенностью территории, исследования значения анализа морфологической структуры в оценке природно-антропогенных ландшафтов проведено на примере агроландшафтов.

В морфологической структуре агроландшафтов на территории исследования выделяются следующие типы местности: водораздельное плато (плакорный), склоновый, надпойменно-террасный и пойменный [4]. На ключевом участке использовался также метод профильного описания. Профиль пересекает все элементы мезорельефа и составляет около 40 км.

На слабовыпуклом (плакорном) типе местности (абс. выс. более 200 м.) выделяют пахотные агроландшафты на дерново-подзолистых почвах разной степени оподзоленности. Эти монодоминантные агроландшафты более благоприятны для ведения крупноконтурного земледелия с преобладанием, например, зерновых или пропашных монокультур. Позитивные изменения в этом типе местности связаны с затуханием подзолистого процесса почвообразования и замене его дерновым. При этом существенно изменяются практически все показатели агрохимических свойств почв, в особенности реакция среды и насыщенность основаниями. В то же время изменение свойств почв при их вовлечении в сферу сельскохозяйственного производства может иметь и отрицательный характер вследствие интенсивного расходования запасов гумуса и элементов минерального питания.

В склоновом типе местности естественная растительность также сильно вырублена и занята сельскохозяйственными угодьями. В верхней и особенно в средней части склонов на пахотных угодьях отмечается проявление плоскостной и линейной эрозии. Развитие водной эрозии, как следствие интенсивной обработки почв при недостаточном внедрении противоэрозионных мероприятий стало одной из основных причин снижения содержания гумуса в почвах этого типа местности. С эрозионными процессами связано и интенсивное развитие овражно-балочной сети в этом типе местности, что также ведет к нарушению почвенного покрова и определяет высокую степень его расчлененности, вплоть до полного отчуждения земель из сельскохозяйственного использования.

Урочища, расположенные в нижней части склонов, представлены фациями ельников-брусничников и черничников, ельниками сфагновыми на дерново-сильноподзолистых оглеенных почвах. На этих же частях склонов выделяются антропогенные урочища с сенокосно-пастбищными угодьями. Здесь преобладают полидоминантные агроландшафты, которые лучше подойдут для мелкоконтурного земледелия различных направлений. Они более устойчивы к неблагоприятным воздействиям среды, так как разные природные комплексы и культуры, определяющие контурность сельскохозяйственных угодий, неодинаково реагируют на изменения среды.

Надпойменно-террасный тип местности встречается небольшими участками вдоль реки Чепцы и нижнего течения рек Сепыч, Убыть, Лекма.

Здесь преобладают фации боров-брусничников и черничников на подзолистых песчаных почвах. В межгрядных понижениях формируются фации низинных болот с сосной, березой и елью.

Пойменный тип местности также формируется вдоль реки Чепцы и ее притоков. Его фациальная структура представлена:

- фацией прирусловой части поймы с разнотравно-злаковыми лугами на аллювиально-дерновых легкосуглинистых почвах;
- фацией центральной части поймы с осоково-злаковыми лугами на аллювиально-дерновых среднесуглинистых почвах;
- фацией притеррасной части поймы с аллювиальными дерновыми глеевыми и аллювиальными болотными почвами.

Антропогенное воздействие в этом типе местности связано с прокладыванием осушительной сети в этих частях пойм и формированием сенокосных угодий с коренным улучшением.

В оценке природно-антропогенных ландшафтов нами также использован показатель удельной протяженности лесных опушек, измеряемый в км/кв. км, отражающий степень внутреннего разнообразия ландшафтов [5]. Низкие значения этого показателя свойственны ландшафтам как сильно-, так и слабозалесенным и при этом сравнительно однородным. Максимальные значения данного впервые примененного показателя закономерно свойственны склоновым типам местности с мозаичным распределением залесенных и незалесенных урочищ. Такие ландшафты должны обладать наибольшим разнообразием, максимальным применением известного в экологии «опушечного эффекта» и, как следствие, наибольшим разнообразием и устойчивостью экосистем.

Современные аграрные технологии приносят также и серьезные структурные изменения в почвенно-растительные экосистемы типов местности. На водораздельных плато вместо многовидового и многоярусного фитоценоза, постоянно покрывающего поверхность почвы, выращивается одноярусная монокультура, покрывающая поверхность почвы 4–6 месяцев в году. А на склоновых типах местности вместо мозаичного растительного покрова, копирующего пространственную неоднородность факторов среды, формируется геометрически правильное поле, удобное для работы сельхозтехники. В вышеназванных типах местности вместо генетического профиля почвы с набором горизонтов, сменяющих друг друга по глубине, формируется пахотный горизонт, отделенный плотной плужной подошвой от остального профиля, почти не участвующего в активном метаболизме аграрной экосистемы. Отмечаются и функциональные изменения в почвенно-растительных экосистемах этих типов местности. Вместо замкнутого более чем на 90% круговорота веществ с механизмом поддержания и накопления пула элементов минерального питания (ЭМП) формируется разомкнутая (на 50 и более %), почти проточная, геохимическая система с подавлением природных механизмов защиты ЭМП от потерь. Дисбаланс круговорота ЭМП (вынос с урожаем, утечка в

атмосферу, гидросферу и литосферу) приводит к истощению и деградации почвы [6].

Следовательно, в процессе освоения и окультуривания ландшафтов существенно меняются их свойства. Деятельность человека как важнейший фактор ландшафтообразования налагает значительный отпечаток на ход процессов в образовании ландшафтов. Сведение лесов и распашка территорий приводит к смене растительности, изменению водного и воздушного режима, с внесением удобрений меняется концентрация почвенного раствора. Геоэкологическое значение изучения морфоструктуры природно-антропогенных ландшафтов обусловлено объективным существованием территориальных ячеек, однородных по условиям переноса, осаднения и трансформации загрязнений и ограниченных естественными рубежами. В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства, развития промышленности и транспорта, роста урбанизации рациональное использование природно-антропогенных ландшафтных структур является особенно актуальным.

Литература

1. Природа Удмуртии / Под ред. А. И. Соловьева. Ижевск: Удмуртия, 1972. 399 с.
2. Прокашев А. М., Охорзин Н. Д. Почвы и почвенный покров // Природа, хозяйство, экология Кировской области. Киров, 1996. С 196–221.
3. Казаков Л. К. Ландшафтоведение М.: Академия, 2011. 336 с.
4. Мильков Ф. Н. Ландшафтная география и вопросы практики М.: Мысль, 1966. 256 с.
5. Геоэкологические проблемы Удмуртии / Под ред. В. И. Стурмана. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1998. 158 с.
6. География Удмуртии: природные условия и ресурсы: Учеб. пособие / Под ред. И. И. Рысина. Ижевск: Изд. дом «Удмуртский университет», 2009. Ч. 1. 256 с.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦЕЛИННЫХ И ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ТУНДРОВОЙ ЗОНЫ

***В. А. Ковалева, Е. М. Лаптева, С. В. Денева,
А. Н. Панюков, Ю. А. Виноградова***

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

В пойменных экосистемах под влиянием аллювиальности и поемности, климатических факторов природной зоны, геоморфологических особенностей ландшафта, гидрологических условий формируются высокопродуктивные луга – ценные кормовые угодья и плодородные почвы. Динамика процессов, происходящих в пойменных почвах, связана с динамикой биологического круговорота, важной составляющей которого является почвенный микробиоценоз. Микроорганизмы, выполняя в почве многообразные функции, являются неотъемлемыми звеньями биологического круговорота и играют важную роль в интенсивных биохимических процессах почвообразования, обуславливая высокое плодородие пойменных почв.

В тундровой зоне Республики Коми в середине XX века активно осваивались пойменные территории под посев однолетних трав: овса (*Avena sativa* L.) и овсяно-гороховой смеси [1]. После прекращения хозяйственного использования в конце 90-х годов прошлого столетия эти участки перешли на стадию постагрогенной трансформации. В настоящее время наряду с активным изучением постагрогенных процессов в средней и южной тайге недостаточно уделяется внимания заброшенным сельскохозяйственным угодьям тундровой зоны. Вместе с тем изучение процесса постагрогенеза в тундровой зоне имеет как самостоятельное научное значение, так и практический интерес, связанный с прогнозом развития постагрогенных экосистем.

Исследования проводили в августе 2014 г. на юго-востоке Большеземельской тундры, в 2 км к северо-западу от г. Воркута (Республика Коми, подзона южной кустарниковой тундры). В климатическом отношении район характеризуется суровостью и континентальностью с годовым количеством осадков 500 мм, среднесуточной температурой января -20°C , июля $+8-13^{\circ}\text{C}$. В качестве объектов исследования были выбраны участки в пойме р. Воркута, в пределах правобережной пойменной террасы. Изучали естественный биогеоценоз и постагрогенную экосистему, сформировавшуюся на месте возделывания однолетних культур (овса и овсяно-гороховой смеси). Отбор проб почв для физико-химических и микробиологических исследований проводили на двух участках поймы в августе, характеризовавшемся теплой с ливневыми дождями погодой.

Описание растительности выполняли с использованием общепринятых в геоботанике методов [2]. Основной метод изучения опорных разрезов – традиционный морфологический анализ вертикального профиля почв. Диагностика горизонтов и почв проведена в соответствии с классификацией почв России [3]. Аналитическая обработка образцов почв была выполнена в Центре коллективного пользования «Хроматография», Экоаналитической лаборатории, а также в отделе почвоведения Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Общее количество клеток бактерий и спор грибов, длины грибного мицелия определяли методом люминесцентной микроскопии [4]. Препараты для учета спор и мицелия грибов окрашивали красителем Calcofluor White ST. Определение численности и потенциальной жизнеспособности бактерий в почве проводили с использованием красителя L7012 [5]. Общая численность и структура эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) определены методом посева почвенной суспензии на ряд твердых питательных сред [4]. Видовая идентификация выделенных штаммов грибов проведена по определителям. Названия микроскопических грибов даны в соответствии с международными базами данных The MycoBank [<http://www.mycobank.org>] и SABI Bioscience Databases [<http://www.indexfungorum.org>].

Результаты исследования показали, что ненарушенный целинный пойменный биогеоценоз представляет собой разнотравно-злаковый ивняк, характерный для пойменных ландшафтов в долине р. Воркута. Почва: аллювиальная гумусовая глееватая поверхностно-турбированная.

На втором участке после прекращения хозяйственной деятельности оформился крупнозлаковый луг с доминированием костреца безостого (*Bromus inermis* L.). Следует отметить, что в формировании травостоя на участке значимую роль играют виды, приуроченные в данном районе именно к пойме. Кроме костреца безостого необходимо выделить лисохвост луговой и виды разнотравья: вероника длиннолистная (*Veronica longifolia* L.), толсто-реберник альпийский (*Pachipleurum alpinum* L.), дудник лекарственный (*Angelica archangelica* L.), и ряд других. Их присутствие в травостое придает «пойменную» специфику формирующейся постагрогенной экосистеме.

Под оформившимся разнотравно-злаковым сообществом в настоящее время формируется аллювиальная гумусовая глееватая постагрогенная почва, развитая на песчано-супесчаных аллювиальных отложениях, залегающих с глубины 45 см. Строение профиля такой почвы может быть выражено формулой:

$$W \frac{0-2}{2} AY \frac{2-6}{4} AYpa \frac{6-20}{14} AYpa, g \frac{20-30}{10} Bg \frac{30-45}{15} C \frac{45-111}{66} Cg \frac{111-170}{58}$$

В соответствии с потенциалом природных факторов почвообразования ранее однородный пахотный горизонт почвы в процессе постагрогенной трансформации дифференцируется на серию подгоризонтов. Выявленные особенности морфологического строения профиля свидетельствуют о его дифференциации по условиям увлажнения. Благодаря хорошей дренированности исследуемого участка поймы и легкому гранулометрическому составу аллювиальных отложений, уровень почвенно-грунтовых вод находится за пределами 170-сантиметровой толщи почвенного профиля. Однако, за счет капиллярного поднятия в нижней его части отмечается избыточное увлажнение, что обуславливает развитие здесь восстановительных процессов. Недостаток тепла, слабая испаряемость и отсутствие интенсивного иссушения профиля в летний период способствуют созданию условий для избыточной влажности, развития процессов оглеения и, следовательно, неблагоприятного газообмена в верхней части профиля почвы на глубине 20–45 см, о чем свидетельствуют грязно-сизые пятна, ржаво-охристые прожилки и уплотненность подгоризонтов AY-ra,g (20–30 см) и Bg (30–45 см).

Результаты микробиологических исследований показали, что численность все групп микроорганизмов (бактерий, грибного мицелия, спор грибов) уменьшается по профилю пойменных почв, имея максимум в гор. O1 (целинная почва) и гор. W (постагрогенная почва) и минимум для бактерий и спор грибов в гор. C, при этом мицелий грибов был обнаружен только до глубины 20 см. Полученные данные по численности бактерий, спор и длины мицелия микромицетов отражают не только особенности распределения органического вещества в профиле почвы, а так же особенности условий увлажнения и развития глеевых процессов, характерных для тундровых почв как водораздельных, так и пойменных экосистем. Благодаря аккумуляции питательных веществ и оптимальной аэрированности, основная масса почвенных микроорганизмов сосредоточена в верхней толще корнеобитаемого слоя (до глубины

20 см), где при достаточных запасах продуктивной влаги складываются наиболее благоприятные условия газообмена с атмосферным воздухом. Ухудшение условий для жизнедеятельности микроорганизмов в переувлажненных горизонтах почв, характеризующихся развитием процессов оглеения, даже при достаточно высоком содержании органических веществ, обуславливает не только снижение численности микроорганизмов, но и снижение в составе бактериальной составляющей микробных комплексов доли живых, функционально активных клеток. В верхних, хорошо аэрируемых горизонтах почв до глубины 20 см численность бактериальных клеток с ненарушенной клеточной мембраной, определенная красителем L7012, варьирует в почве ивняка от 1,5 до 0,6 млрд. кл/г а.с.п., в почве залежи – от 1,7 до 0,6 млрд. кл/г а.с.п. При этом доля мертвых клеток в органогенных горизонтах ненарушенной почвы достигает 25% от общего числа бактерий, а в постагрогенной почве около 15%. В оглеенных горизонтах АУ2g и [АУg, g~]tr (почва ивняка), АУра,g и Вg (почва залежи) соотношение живых и мертвых клеток не отличается, доля мертвых клеток повышается до 30–33%, а в нижележащей толще слоистого аллювия достигает 50%. Сравнительно высокие доли живых бактерий и показатели длины грибного мицелия в почве залежи указывают на более выраженную активность микробного комплекса этой почвы. Верхние горизонты пойменных почв являются биолокусом, где были зарегистрированы не только высокие показатели численности всех групп микроорганизмов, но выявлена максимальная их концентрация. При переходе от гумусированных к минеральным горизонтам и численность, и концентрация прокариотических и эукариотических микроорганизмов резко убывают.

Анализ функциональной структуры почвенных микробоценозов выявил преобладание микроорганизмов, усваивающих минеральные соединения азота, над утилизаторами его органических форм в почвах обоих участков (КАА/МПА=1–2,9), что указывает на высокую интенсивность процессов микробиологической минерализации органических веществ. В то же время высокая численность олиготрофов (ГА/МПА), извлекающих мономерные соединения при низкой их концентрации в среде, и олигонитрофилов (Эшби/МПА), связывающих азот из рассеянного состояния, доказывают повышенную олиготрофность среды по углероду и азоту.

Абсолютное количество аммонификаторов (рост на МПА) значительно выше в почве залежи, что связано с наиболее благоприятными для микроорганизмов условиями питания. На залежи большая часть опада представлена легкоминерализуемой травянистой растительностью, а в ивняке основная доля приходится на листья и веточки ив. Качественный и количественный состав растительного материала, поступающего на поверхность и в толщу почвы, в двух исследуемых экосистемах значительно отличается. На залежи относительно большое количество травянистого опада не полностью разлагается за короткий вегетативный сезон даже при большей активности микробного комплекса почвы. Замедленность микробиологических процессов (КАА/МПА<1), характерная для зональных тундровых почв, при прекраще-

нии агрорежима ведет к нарушению баланса между аккумуляцией и трансформацией растительных остатков, в результате чего на поверхности почвы луга происходит накопление старики. Коэффициенты общей олиготрофности (ГА/МПА) и олигонитрофильности по азоту (Эшби/МПА) не превышают единицу, что является доказательством более высокой трофности почвы залежи и наличия здесь более выраженного аккумулятивного процесса.

В результате детального микологического анализа из почвы ненарушенного биогеоценоза выделено 22 вида микромицетов из семи родов и две формы (светло- и темноокрашенная) стерильного мицелия. Большинство из них относится к сахаролитическим грибам. К целлюлозолитикам принадлежит небольшая группа микромицетов, представленная видами рода *Trichoderma* и *Geomyces pannorum*. Сравнительно невысока доля видов родов *Mortierella* и *Trichoderma*. Видовое разнообразие родов *Mucor*, *Umbelopsis*, *Cladosporium*, *Geomyces* ограничивается одним-тремя видами. При относительно большом разнообразии рода *Penicillium*, он доминирует и по общему обилию видов. Наиболее обильно из данного рода выделялись виды *Penicillium tardum* и *P. thomii*. Больше обилие отмечено для вида *Geomyces pannorum* и стерильного мицелия, которые являются типичными доминирующими компонентами тундровых почв. С помощью показателя частоты встречаемости из общего списка видов выделены специфические комплексы микроорганизмов, состоящие из доминирующих (частота встречаемости (ЧВ) выше 60%), частых (ЧВ 30-60%), редких (ЧВ менее 30%) и случайных видов. К доминантам принадлежат следующие виды: *Mucor hiemalis*, *Cladosporium cladosporioides*, *Geomyces pannorum*, *Penicillium thomii*, *P. lanosum*, *P. tardum* и стерильный мицелий. *Mucor racemosus*, *Umbelopsis isabellina* *U. ramanniana*, *Penicillium frequentans*, *P. implicatum*, *P. kapuscinskii*, *P. camemberti* – часто встречающиеся виды. Остальные виды относятся к редким и случайным видам.

В почве постагрогенной экосистемы выделено 32 вида микроскопических грибов. Большинство зарегистрированных видов относятся к анаморфным грибам, которые имеют аскомицетный аффинитет. Среди них доминирующее положение занимает род *Penicillium*, насчитывающий 9 видов. Зигомицеты представлены 9 видами, относящимися к родам *Mucor* (4 вида), *Umbelopsis* (3 вида) и *Mortierella* (2 вида). Остальные роды насчитывают в основном один-два вида. При относительно большом видовом разнообразии рода *Penicillium* обилие его представителей невелико. Наиболее обильно представлены виды *Penicillium camemberti* и *P. kapuscinskii*. Значительным обилием отличаются также виды рода *Cladosporium*, прежде всего – *Cl. cladosporioides* и *Cl. herbarum*, которые приурочены к почвам, формирующимся под травянистыми растительными сообществами. Из зигомицетов наибольшим обилием характеризуются виды рода *Umbelopsis*. Большинство обнаруженных видов микромицетов по частоте встречаемости относятся к редким и случайным видам. Доминирующие по обилию виды преобладали также и по частоте встречаемости, составляя основу комплекса типичных видов микромицетов исследуемой почвы. К доминантам принадлежат *Cladosporium*

cladosporioides, *Umbelopsis ramanniana*, *Penicillium* sp. и светлоокрашенная форма стерильного мицелия. К часто встречающимся видам относятся *Cladosporium herbarum*, *Penicillium camemberti* и темноокрашенный стерильный мицелий. Все эти грибы являются космополитами, обильно спорующими и быстрорастущими видами, и, вероятно, именно эти свойства обуславливают их перевес в формировании грибных комплексов в сопоставлении с другими таксонами микроскопических грибов. Вместе с этим виды, составляющие основу комплекса микромицетов характерны и для зональных почв, что в свою очередь можно объяснить поступлением пропагул указанных видов микромицетов с поверхностным стоком талых вод с водораздельных территорий в долину реки и их оседанием там.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН №15-12-4-45 «Функционирование и эволюция экосистем криолитозоны европейского северо-востока России в условиях антропогенных воздействий и изменения климата» и проекта Комплексной программы УрО РАН № 15-2-4-28 «Биогеохимические процессы как основа устойчивого функционирования почв Арктики в условиях меняющейся природной среды (на примере равнинных и горных экосистем)».

Литература

1. Хантимер И. С. Сельскохозяйственное освоение тундры. Л.: Наука, 1974. 227 с.
2. Корчагин А. А. Полевая геоботаника. М.-Л.: Наука, 1964. 532 с.
3. Классификация почв России. М., 2004. 341 с.
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: МГУ, 1991. 304 с.
5. Molecular Probes, Inc. 1994. LIVE/DEAD BacLight Bacterial Viability kit (L7012), instruction manual with appendix.

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ В ВЫВОДНОМ ПОЛЕ ПОД МНОГОЛЕТНИМИ ТРАВАМИ

А. П. Кислицына^{1,2}, А. А. Вязьминова¹

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

² *НИИСХ Северо-Востока, Kislitsyna.55@mail.ru*

Основными факторами, определяющими содержание, состав и запасы гумуса в почвах, являются: количество, состав и характер поступления растительных остатков – источников гумуса, гидротермические условия, скорость трансформации органических веществ, вещественный состав, физические и физико-химические свойства почв. На пахотных угодьях увеличение в структуре посевных площадей доли многолетних трав способствует сохранению и увеличению содержания гумуса в почвах. При вынужденном выводе земель из сельскохозяйственного использования (когда хозяйство их не в состоянии обработать) практикуют залужение пашни многолетними травами длительного срока хозяйственного использования, что позволяет получать продукцию и предохранять почву от зарастания сорной и мелколиственной растительно-

стью. Одной из перспективных культур является козлятник восточный, который способствует повышению содержания азота и органического вещества в почве за счет накопления большого количества корневой массы [1, 2].

В научной литературе обсуждается влияние козлятника восточного на плодородие почвы, но исследования в основном проводились под 4–12 летними травостоями [1, 2, 3].

Цель наших исследований – определить содержание, групповой и фракционный состав гумуса в почвах под козлятником восточным 25-го года жизни.

В августе 2016 г. в СПК «Вектор» Арбажского района Кировской области на осушенной пашне (мелиоративные работы проведены в 1987 г.) на участке под козлятником восточным были заложены два почвенных разреза и отобраны образцы почв по горизонтам, а также смешанные образцы почв со всего поля.

Участок имеет небольшой уклон на юго-восток. Почва в верхней части участка – дерново-подзолистая грунтово-глеевая легкосуглинистая, в нижней – дерновая грунтово-глеевая среднесуглинистая.

Посевы козлятника восточного на протяжении 25-ти лет использования не удобрялись, за исключением внесения в 1998 г. поверхностно с заделкой боронами фосфоритной муки. Для омоложения травостоев в 2010 и 2015 гг. было проведено дискование.

В образцах почв определяли $pH_{\text{сол.}}$, общее содержание углерода, групповой и фракционный состава гумуса по схеме И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономарёвой и Т. А. Плотниковой [4]. Для выявления динамики определяемых показателей во времени полученные результаты сравнивали с материалами агрохимического обследования хозяйства. Следует отметить, что это сравнение недостаточно корректно, так как по нормативам отбор проб в системе агрохимслужбы проводится с площади 15 га, поэтому смешанный образец может быть неоднородным.

По нашим данным [5] под посевами козлятника со временем происходит подкисление почвы, связанное с выносом кальция с урожаем.

В дерново-глеевой почве в 2016 г отмечено снижение pH (табл. 1), однако, по нашему мнению, оно в большей степени обусловлено резкой сменой водного режима после осушения, чем выносом кальция с урожаем. Кислотность дерново-подзолистой почвы также возрастает.

Содержание гумуса в почвах по сравнению с 1993 г. увеличилось. Наиболее существенный прирост наблюдается в первые годы жизни трав (табл. 1). Известно, что в первые годы пользования травостоями многолетних трав накопление корневой массы идет наиболее активно. Впоследствии этот процесс стабилизируется, так как новообразование, отмирание и разложение корней приходят почти в равновесное состояние [6].

Таблица 1

**Содержание гумуса и кислотность пахотного слоя почв
под травостоем козлятника восточного**

Показатели	Годы			
	1993	2001	2006	2016
Почва дерновая грунтово-глеевая				
pH _{сол.}	6,2	6,4	6,0	4,5
Гумус, %	2,80	4,43	4,42	4,59
Почва дерново-подзолистая				
pH _{сол.}	5,1	5,5	4,9	4,18
Гумус, %	2,22	–	–	2,84

Определение группового и фракционного состава гумуса проводили по слоям почвы, так как к 25-му году жизни трав верхняя часть пахотного горизонта трансформировалась в плотную дернину.

Отмечается резкая дифференциация пахотного горизонта почв по содержанию гумуса. В верхнем слое (0–10 см) дерново-глеевых почв содержание гумуса составляет 5,5%, в нижнем (10–18 см) – 4,42%, в дерново-подзолистой почве – 3,48% в верхнем и 2,20% в нижнем слое.

Анализ группового состава гумуса показал (табл. 2), что в верхней части бывшего пахотного горизонта дерново-глеевых почв, где сосредоточена основная масса корней, преобладают гуминовые кислоты, в нижней части – фульвокислоты. Гумус верхнего слоя фульватно-гуматный, свойственный дерново-глеевым почвам, в нижней части (отношение С_{ГК}:С_{ФК} 0,74) – гуматно-фульватный.

В дерново-подзолистых почвах, несмотря на достаточно резкие различия по содержанию органического вещества по слоям почвы, тип гумуса не меняется и остается гуматно-фульватным в верхнем и нижнем слоях бывшего пахотного горизонта (табл. 3).

Величина нерастворимого остатка, которая отражает содержание гумусовых кислот наиболее прочно связанных с минеральной частью почвы, увеличивается с глубиной в дерново-глеевых почвах и снижается в дерново-подзолистых почвах (табл. 2).

Таблица 2

**Фракционный состав гумуса пахотного слоя дерново-глеевой почвы
под козлятником восточным, % от Собщ.**

Слой почвы	С _{общ} %	С _{ГК}				С _{ФК}					С _{ГК} + С _{ФК}	С _{ГК} /С _{ФК}	Гу-мин, %
		1	2	3	сум ма	1а	1	2	3	сум ма			
0–10	3,19	11,2	5,3	20,7	37,2	10,0	8,5	7,8	1,3	27,6	64,8	1,35	35,2
10–18	2,56	5,1	19,1	4,3	28,5	6,6	17,6	5,1	4,3	33,5	62,0	0,85	38,0

В дерново-глеевых почвах в слое 0–10 см преобладают гуминовые кислоты (ГК) связанные с глинистой фракцией и устойчивыми полуторными окислами (20,7%, от общего углерода почвы), а также свободные и связанные

с подвижными полуторными окислами (табл. 2). В нижней части – наиболее зрелые ГК связанные с кальцием. В общем содержании ГК их доля составляет 67,2%, что объясняется более низкой кислотностью и высоким содержанием кальция и магния в слое почвы 10–18 см по сравнению с верхней частью старопашотного горизонта.

В количественном отношении содержание углерода фульвокислот (ФК) по слоям почвы существенно не различается – 0,88 и 0,86%, но фракционный состав имеет значительные различия. В нижней части пахотного слоя возрастает количество фульвокислот, связанных с полуторными окислами и с минеральной частью почвы. В слое 0–10 см, напротив, снижается доля ФК связанных с минеральной частью, увеличивается количество свободных ФК и связанных с кальцием, что обусловлено активно протекающими процессами гумификации при поступлении большого количества свежего растительного материала богатого кальцием. Степень гумификации органического вещества, оцениваемая по системе показателей гумусового состояния почв [7], в верхнем слое – высокая, в нижнем – средняя. Учитывая соотношение Сгк1:Сфк1 и Сгк2:Сфк2 [8] можно отметить, что в верхнем слое почвы (дернина) активно протекает первая стадия гумификации, а в нижнем слое бывшего пахотного горизонта активнее идут процессы полимеризации гумусовых веществ.

В дерново-подзолистых почвах в верхней части старопашотного горизонта в составе гуминовых кислот преобладают фракции ГК2 (45,1% от суммы ГК), и «свободные» ГК1 (33,2% от суммы ГК). В нижней части горизонта – доля подвижной фракции ГК1 увеличивается до 63,0% от суммы ГК и резко снижается содержание ГК, связанных с кальцием.

В составе фульвокислот в слое 0–10 см агрессивные фракции составляют до 65,7% от суммы ФК, в нижней части (10–20 см) их доля снижается до 24,5%, но возрастает доля ФК связанных с кальцием и прочносвязанных с минеральной частью почвы. Степень гумификации органического вещества в отличие от дерново-глеевой почвы слабая (0–10 см), и очень слабая в нижней части старопашотного горизонта.

Таблица 3

Фракционный состав гумуса пахотного слоя дерново-подзолистой почвы под козлятником восточным, в % от Собщ.

Слой почвы	Собщ., %	Сгк				Сфк					Сгк+Сфк	Сгк/Сфк	Гу-мин, %
		1	2	3	Сум мма	1а	1	2	3	сум ма			
0–10	2,0 2	11,9	15,8	7,4	35,1	6,4	17,3	2,5	9,9	36,1	71,3	0,97	28,7
10–20	1,2 7	21,3	2,4	10,2	33,9	7,8	1,6	17,3	11,8	38,5	72,4	0,88	27,6

Таким образом, за двадцать пять лет в почвах выводного поля под козлятником восточным произошло увеличение кислотности пахотного горизон-

та. Содержание органического вещества в осушенной дерново-глеевой почве увеличилось на 1,79%, дерново-подзолистой глеевой – на 0,62%.

При длительном содержании козлятника восточного и периодическом дисковании почвы на глубину 0–10 см с целью омоложения травостоя произошло разделение пахотного горизонта на два слоя, различающихся по содержанию органического вещества, групповому и фракционному составу гумуса.

Литература

1. Козлятник восточный в Марий Эл / В. И. Макаров, А. Г. Михайлова. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2007. 167 с.
2. Козлятник восточный / А. Н. Книшаткина. Пенза: РИО ПГСХА, 2001. 287 с.
3. Фигурин В. А. Агробиологические и технологические приемы совершенствования полевого травосеяния в северо-восточном регионе европейской части России: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Пермь, 2003. 47 с.
4. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 655 с.
5. Кислицына А. П. Влияние длительного содержания многолетних трав на агрохимические свойства почвы // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров, 2014. С. 124–127.
6. Методическое руководство по оценке потоков энергии в луговых агроэкосистемах / А. А. Кутузова, Л. С. Трофимов. М.: Россельхозакадемия, 2000. 24 с.
7. Гумусообразование и гумусное состояние почв / Л. А. Гришина. М.: Изд-во МГУ, 1986. 244 с.
8. Овчинникова М. Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ в разных условиях землепользования (на примере дерново-подзолистой почвы): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2007. 49 с.

СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ГУМУСА ЗАЛЕЖНОЙ СЕРОЙ ПОЧВЫ

Е. В. Дабах^{1,2,3}, А. Н. Кондакова³, Д. Н. Кондаков³, А. В. Тюлькина³

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

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

³ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

В последние десятилетия в Кировской области активно происходит зарастание пахотных земель. Этот процесс охватил и наиболее плодородные зональные серые почвы. Изменения свойств серых почв после 8–10 летнего пребывания в залежном состоянии проявляются в повышении содержания органического вещества в верхней части бывшего пахотного горизонта вследствие значительного увеличения содержания корней, возрастания биологической активности почвы [1].

При зарастании залежных почв травяной и древесно-кустарниковой растительностью изменяется верхняя часть их гумусового профиля. В агросерых почвах в первые 10 лет зарастания разнотравьем отмечается определенная тенденция к увеличению гумусированности бывшего пахотного горизонта и дифференциации всей прогумусированной толщи профиля [2].

Цель настоящего исследования – выявить тенденции в изменении содержания и состава гумуса в верхней и нижней части бывшего агрогумусового горизонта серых среднесуглинистых почв на покровных суглинках, выведенных из сельскохозяйственного оборота 15 и 25 лет назад. Образцы из верхней и нижней части серогумусового горизонта (АУ) серых почв 15-ти и 25-летней залежи были отобраны из разрезов, заложенных на территории СПК «Вотский» Лебяжского района Кировской области.

Общее содержание гумуса определялось по методу И. В. Тюрина, групповой и фракционный состава гумуса – по методике И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [3, 4]. Результаты исследования представлены в таблице и на рисунках 1 и 2.

До перевода пашни в залежь почвы хозяйства отличались высокой степенью окультуренности. До сих пор в СПК «Вотский» на пашне содержание гумуса в агросерых почвах превышает 4% и состав гумуса гуматный. Изменения в составе гумуса почв разновозрастной залежи обусловлены характером растительного опада. В растительном покрове 15-летней залежи преобладал злаковый компонент, на участке 25-летней залежи наряду со злаками появились растения ацидофилы.

В процессе зарастания пашни в почвах 15-летней и 25-летней залежи было отмечено разделение агрогумусового горизонта как по морфологическим признакам, так и по свойствам. В обеих почвах более высокое содержание общего углерода было отмечено в верхней части гумусового горизонта, причем в почве 25-летней залежи различия в содержании общего углерода в пределах прогумусированной толщи проявляются в меньшей степени (табл.). Групповой состав гумуса в обеих почвах со временем изменился сходным образом: во всех образцах серых почв преобладали гуминовые кислоты (ГК), однако в верхней толще гумусового слоя тип гумуса фульватно-гуматный, в нижней части – гуматный.

Таблица

Некоторые показатели гумусного состояния верхнего слоя залежных серых почв

Время нахождения в залежи	Горизонт, глубина взятия образца, см	Собщ, %	Тип гумуса $C_{ГК}/C_{ФК}$	Степень гумификации $C_{ГК}/C_{общ} * 100\%$	Остаток, % от Собщ.
15 лет	АУI 3 –15	2.00	1.47	28,5 средняя	52,5
	АУII 15 –25	1.81	2.54	31,4 высокая	56,3
25 лет	АУI 2 –15	2.34	1,39	32,5 высокая	44,1
	АУII 15 –25	2.28	2,24	37.2 высокая	46,2

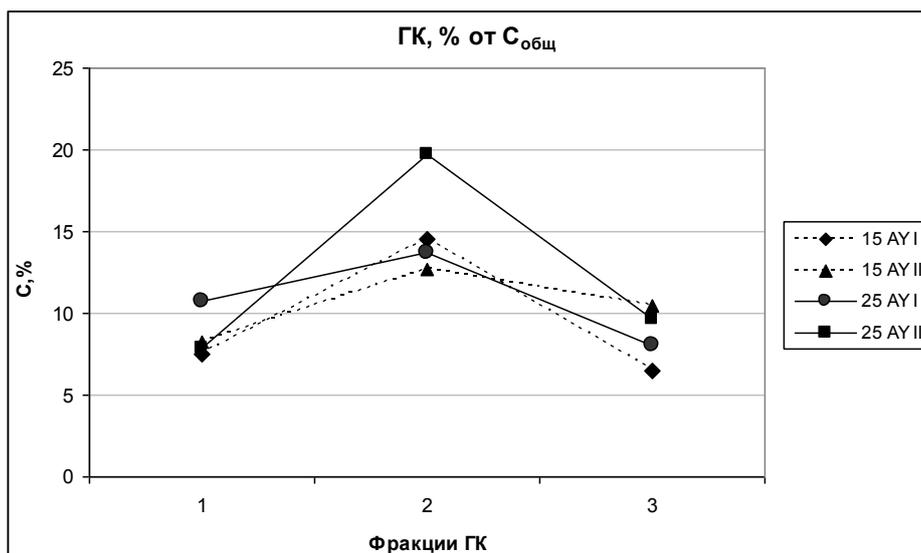


Рис. 1. Фракционный состав гуминовых кислот залежных почв

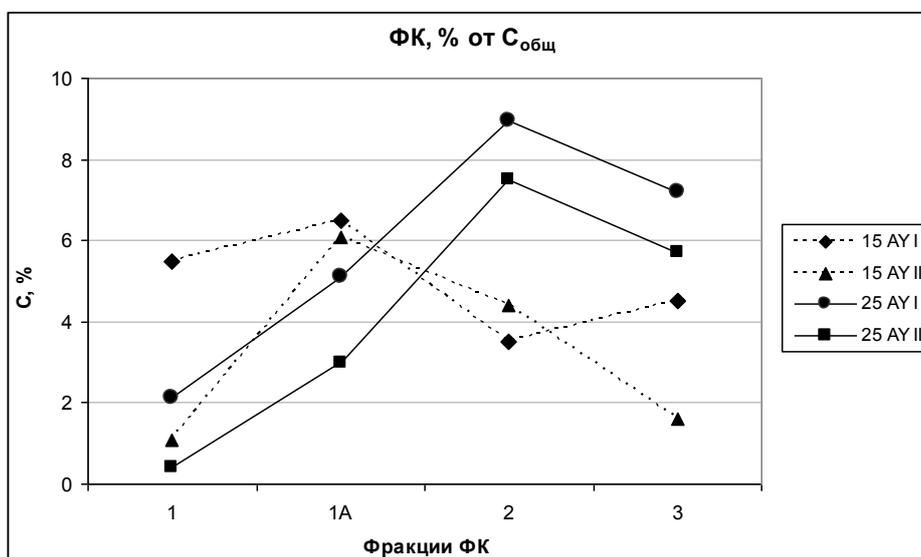


Рис. 2. Фракционный состав фульвокислот залежных почв

Во фракционном составе гумуса верхней и нижней части серогумусового горизонта отмечаются следующие различия. В почве 15-летней залежи при близком содержании свободных ГК по всему горизонту в нижней его части доля ГК связанных с кальцием меньше, чем в верхней 15-ти см толще, в то же время доля ГК прочно связанных с минеральной частью почвы выше. В почве 25-летней залежи в верхней части серогумусового горизонта содержание свободных ГК значительно выше, а в нижней части горизонта резко возрастает доля ГК связанных с кальцием и с минеральной частью почвы (2ГК и 3ГК). В целом в составе ГК обеих почв преобладает 2-я фракция – ГК связанных с кальцием.

В составе фульвокислот (ФК) верхних горизонтов залежных почв также отмечены различия. При близком содержании агрессивной 1А фракции ФК и фракции 2ФК связанных с кальцием в нижней части гумусового горизонта

почвы 15-летней залежи значительно ниже содержание свободных ФК и ФК прочно связанных с минеральной частью почвы. В целом в горизонте значительно преобладает агрессивная фракция 1А ФК.

В почве 25-летней залежи характер распределения ФК по фракциям в верхней и нижней части гумусового горизонта одинаковый: в обоих случаях преобладает фракция 2ФК связанных с кальцием; однако общее содержание ФК в нижней части серогумусового горизонта ниже.

Таким образом, зарастание окультуренной серой почвы пашни привело к следующим закономерным изменениям в содержании и составе гумуса бывшего агрогумусового горизонта. Концентрация общего углерода в верхней части его стала несколько выше, чем в нижней. Дифференциация группового состава гумуса органоминерального горизонта серых почв 15 и 25-летней залежи однотипная и заключается в увеличении доли фульвокислот в составе гумуса верхнего слоя.

В составе ГК обеих почв преобладает фракция связанная с кальцием, и отмечается тенденция к увеличению доли ГК прочно связанных с минеральной частью почвы, в нижнем слое серогумусового горизонта. Соотношение фракций ФК в почве 25-летней залежи идентичное по всему горизонту и, вероятно, соответствует современным условиям гумусообразования в почве.

Литература

1. Кузнецова И. В., Тихонравова И. И., Бондарев А. Г. Изменение свойств залежных серых лесных почв // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1142–1150.
2. Замотаев И. В., Белобров В. П., Курбатова А. Н., Белоброва Д. Н. Агрогенная и постагрогенная трансформация почв Львовского района Курской области. Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2016. Вып. 85. 97–114 с.
3. Мартынова Н. А. Химия почв: органическое вещество почв. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. 257 с.
4. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.

УГЛЕВОДОРОДЫ В ФОНОВЫХ ПОЧВАХ ИНТИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Д. Н. Габов, Е. Д. Лодыгин, В. А. Безносиков
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, gabov@ib.komisc.ru

В Республике Коми интенсивно эксплуатируются крупные нефтегазовые месторождения, главным образом, в северных регионах. Добыча углеводородного сырья значительно осложняет экологическую ситуацию территорий. По разным причинам природные среды оказываются перегруженными углеводородами (УВ), в том числе и полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) [1]. При оценке загрязнения почв УВ, в том числе ПАУ, по существующим нормативам требуется расчет коэффициента концентрации загрязняющего компонента, равного кратности превышения содержания данного компонента над фоновыми значениями или ПДК и ОДК. Анализ ин-

структивно-методической литературы, регламентирующей допустимые нагрузки углеводородов (нефтепродуктов), в том числе ПАУ, на почвы, позволяет констатировать, что в Российской Федерации, а также в Республике Коми современная нормативная база по содержанию УВ в почвах ограничена и не дифференцирована по природно-климатическим зонам, поэтому не может быть использована на конкретных территориях при проведении экологических экспертиз [2]. Поэтому оценка естественного фона содержания УВ, в том числе ПАУ, в таежных и тундровых почвах является актуальной задачей, решение которой позволит объективно определять загрязнение почв и своевременно ввести ограничения на промышленные технологии добычи, транспортировки и переработки нефти.

Для ландшафтно-геохимической оценки фонового содержания углеводородов (включая приоритетные ПАУ) было проведено обследование почв Интинского района (экотонная полоса) Республики Коми. Оцифрованная Государственная почвенная карта (лист Q-40, масштаб 1:1000000) послужила основой для составления систематического списка почв, расчета их площадей, определения координат точек закладки реперных разрезов и отбора смешанных образцов зональных и интразональных почв. Интинский район занимает площадь свыше 28 тыс. кв. км. Наиболее распространенными почвами исследованной территории являются: болотно-подзолистые – 25,6%, тундровые – 21,9%, горные – 17,2% , болотные – 11,7% , горно-тундровые иллювиально-гумусовые – 10,5%, глееподзолистые – 9,9% и торфяно-тундровые глеевые – 9,8%.

При отборе почвенных образцов был использован маршрутный метод, позволяющий учитывать закономерности формирования почвенного покрова в ландшафтах. Количественный химический анализ в образцах почв выполнен в экоаналитической лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН, аккредитованной в Системе аккредитации аналитических лабораторий (центров) Росстандарта (аттестат об аккредитации РОСС RU.0001.511257 от 26 февраля 2014 г.). Концентрацию углеводородов в пробах почв определяли согласно [3] по значению интенсивности флуоресценции гексанового экстракта, измеренной на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Качественное и количественное определение содержания ПАУ в образцах осуществляли методом обращенно-фазовой ВЭЖХ в градиентном режиме и спектрофлуориметрическом детектировании на жидкостном хроматографе «Люмахром» в ЦКП «Хроматография» Института биологии Коми НЦ УрО РАН, по аттестованной методике [4].

Установлено, что диапазоны колебаний фоновых содержаний УВ, с уровнем значимости 0,5, близки для суглинистых болотно-подзолистых и глееподзолистых почв. Это связано с единством пород, близким гранулометрическим составом почв на покровных суглинках и единственными закономерностями миграции УВ в ландшафте. Аналогичные закономерности массовой доли УВ отмечены в почвах, сформированных на древнеаллювиальных и водноледниковых песчаных отложениях на слабодренированных равнинных

водораздельных увалах, флювиогляциальных террасах, покрытых песчаными отложениями, но абсолютное содержание УВ в этих почвах (болотно-подзолистые иллювиально-гумусовые) ниже, чем в почвах, образованных на суглинистых почвообразующих породах. Для горных почв характерны отрицательные значения асимметрии и незначительное накопление УВ.

Результаты содержания УВ в изучаемых почвах позволили установить аккумуляцию их в органогенных и подстилочных горизонтах. Они служат геохимическим барьером на пути миграции УВ в пределах профиля. Уровни фоновых концентраций углеводов неодинаковы для почв разных элементов ландшафта. Повышенное содержание УВ характерно для болотно-подзолистых почв. Эти почвы занимают аккумулятивные и элювиально-аккумулятивные ландшафты (плоские депрессии и водоразделы, слабо дренированные увалы и пологие склоны, междувальные понижения и окраины болот), где в условиях периодически возникающего анаэробно-гнилостного разложения растительных остатков происходит естественное накопление УВ в процессе почвообразования. Аккумуляция УВ в болотно-подзолистых почвах может быть связана также и с активным латеральным привнесением из окружающих ландшафтных компонентов. В органогенных горизонтах болотно-подзолистых почв, сформированных на покровных суглинках, содержание углеводов колеблется в интервале от 21 ± 8 до 120 ± 50 мг/кг. В подзолах, сформированных на разновозрастных террасах рек на древнеаллювиальных преимущественно мелкозернистых кварцевых песках, массовая доля УВ в среднем составляет 8 ± 3 мг/кг, в болотно-подзолистых почвах на слабодренированных равнинных водораздельных увалах и флювиогляциальных террасах, покрытых песчаными наносами – в пределах от 10 ± 4 до 15 ± 6 мг/кг.

Общее содержание суммы ПАУ в горизонтах исследуемых почв варьирует в пределах от 110 ± 50 до 1700 ± 300 нг/г. В органогенных горизонтах происходит накопление ПАУ как в результате биогеохимической трансформации исходного биогенного материала или в процессе синтеза в организмах и биокосных системах, так и при поступлении поллютантов из атмосферы. В составе органогенных горизонтов исследуемых почв наибольшим количеством представлены нафталин, фенантрен, хризен, бенз[b]- и бенз[k]-флуорантены, дибенз[a,h]антрацен, бенз[ghi]перилен. Аценафтен не был обнаружен в исследованных почвах. Низкомолекулярные компоненты (2–4-ядерные ПАУ) являются преобладающими в органогенных горизонтах почв крайней северо-таежной зоны, их массовая доля от суммы ПАУ составляет 70–85%. Исключениями являются болотная и горно-тундровая пропитанно-гумусовая почвы, массовая доля тяжелых 5,6-ядерных полиаренов в которых увеличивается до 41–71%, за счет таких компонентов как дибенз[a,h]антрацен и бенз[ghi]-перилен.

Анализируя полученные материалы, можно отметить, что в почвах, характеризующихся промывным и застойно-промывным водными режимами и образованных как на песчаных, так и суглинистых породах, преобладают низкомолекулярные 2–4-ядерные ПАУ (77–87%). С увеличением степени

гидроморфизма при переходе от подзола к торфянисто- и торфяно-подзолисто-глеевой иллювиально-гумусовой почвам увеличивается абсолютное содержание 2–4-ядерных полиаренов от 91 до 113–121 нг/г, вследствие большей мощности органогенного горизонта этих почв, продуцирующих ПАУ. Относительное содержание легких ПАУ увеличивается от 82 до 85–86%.

Почвы, образованные на суглинистых породах, характеризуются высокой плотностью элювиальной толщи вследствие оглеения, интенсивность выноса веществ из органогенных горизонтов понижена, поэтому суммарное содержание ПАУ выше приблизительно в 2 раза, чем в подзолах. При переходе от глееподзолистой к торфянисто-подзолисто-глеевой почве также происходит увеличение суммарного содержания ПАУ в 1,6 раза, но при этом возрастает содержание и легких 2–4-ядерных и тяжелых 5,6-ядерных полиаренов. Доля высокомолекулярных ПАУ увеличивается с 13 до 23%, низкомолекулярных – падает с 87 до 77%. В торфяно-подзолисто-глеевых почвах вследствие застоя влаги степень разложения органогенного горизонта низкая, этим объясняется значительное понижение массовой доли ПАУ до 116 нг/г, с увеличением доли 2–4-ядерных компонентов до 83%.

Сопоставляя данные по содержанию ПАУ в профилях тундровых почв, следует, прежде всего, отметить преобладание низкомолекулярных 2–4-ядерных ПАУ: нафталин, фенантрен, флуорантен, пирен. В тундровой поверхностно-глеевой почве продуцируются как низко-, так и высокомолекулярные ПАУ – суммарная массовая доля полиаренов составляет 289 нг/г (рис. 3). Содержание ПАУ в органогенном горизонте тундровых торфянисто- и торфяно-глеевых почв составляет 114 и 252 нг/г соответственно, при этом существенно увеличивается доля 5,6-ядерных компонентов при увеличении степени гидроморфизма от 17 до 30% за счет таких соединений, как дибензантрацен и бензперилен, которые накапливаются в наиболее разложившейся нижней части гумусового горизонта, чему также способствует длительный застой влаги в верхней части минерального слоя профиля, переувлажнение, вследствие наличия в нем тиксотропных свойств и низкой фильтрующей способности.

Горно-тундровые почвы характеризуются малой биологической активностью и накоплением больших количеств слабогумифицированного органического вещества, в составе которого также преобладают «легкие» нафталин, фенантрен и др., доля которых составляет 85%. Исключение составляет горно-тундровая пропитано-гумусовая почва, в которой доля высокомолекулярных ПАУ увеличивается до 41%, главным образом, за счет бензперилена, массовая доля которого составляет 111 нг/г.

В болотных почвах крайнесеверной тайги при накоплении и трансформации неразложившихся или полуразложившихся растительных остатков в результате плохо выраженных процессов гумификации и минерализации растительности происходит консервация полициклических ароматических углеводов. Следствием этого является значительное накопление полиаренов

в торфяном горизонте: сумма ПАУ составляет 1737 нг/г, в том числе нафталин – 420 нг/г, дибензантрацен – 120 нг/г, бензперилен – 1100 нг/г. При этом доля тяжелых 5,6-ядерных ПАУ преобладает и составляет 71% от суммы ПАУ.

Пойменные почвы, отличающиеся высокой биогенностью и значительным накоплением гумуса, также характеризуются широким спектром идентифицированных полиаренов, как низкомолекулярных (84%): нафталин – 35 нг/г, фенантрен – 16 нг/г, так и высокомолекулярных: бенз[b]флуорантен – 6 нг/г, бензперилен – 6 нг/г.

Полученные результаты будут логическим дополнением базы данных «Содержание тяжелых металлов, углеводородов и радионуклидов в почвах таежной зоны Европейского северо-востока России», размещенной на сайте Института биологии Коми НЦ УрО РАН <http://ib.komisc.ru/db/heavymetal>.

Подготовленная база данных необходима для разработки и принятия управленческих решений по улучшению экологической обстановки в Арктике и Субарктике, при решении вопросов исчисления ущерба, вызываемого нарушением таежных и тундровых почв, кадастровой оценке почв для исчисления земельных платежей с учетом их экологического состояния.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы УрО РАН № 15-2-4-5 (№ гос. рег. 115082010009).

Литература

1. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. 208 с.
2. Временный регламент приемки нарушенных и загрязненных нефтью и сопутствующими пластовыми водами земель после проведения восстановительных работ для Усинского района Республики Коми. Сыктывкар, 1995. 8 с.
3. ПНД Ф 16.1:2.21-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерения массовой доли нефтепродуктов в пробах почв на анализаторе жидкости «Флюорат-02». М., 2007. 15 с.
4. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.62-09. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовых долей полициклических ароматических углеводородов в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах производства и потребления методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Федеральная служба по экологическому и атомному надзору, 2009. 23 с.

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

*Л. К. Каримуллин, А. М. Петров, А. А. Вершинин
Институт проблем экологии и недропользования АН РТ,
Karlenar@yandex.ru*

Естественное самоочищение почвы от нефтяного загрязнения – длительный процесс, требующий своевременного оперативного вмешательства. В связи с этим, возникает необходимость быстрой и точной диагностики со-

стояния нарушенных земель. Именно поэтому параметры ферментативной и дыхательной активности почв могут быть использованы при прогнозировании последствий антропогенного воздействия нефтяных загрязнений, оценки интенсивности процессов самоочищения и восстановления свойств почв, корректировки рекультивационных мероприятий.

Активность почвенных ферментов отражает интенсивность основных биохимических процессов: самоочищения, разложения органических соединений, превращения азота, фосфора и других соединений, а также степень эродированности и загрязнения почв. А результаты респираторной активности дают сведения о физиологической активности микроорганизмов загрязненных почв, скорости окислительно-восстановительных процессов в почве и процессах минерализации углеводов [1, 2].

При проведении рекультивационных и иных восстановительных работ принципиальным фактором, обеспечивающим скорейшее возвращение земельных участков в хозяйственный оборот, является определение момента перехода к этапу, направленному на активное восстановление агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы. В многочисленных работах продемонстрировано, что объективными показателями, позволяющими оперативно оценить биологическое состояние и токсичность почвы при разных уровнях содержания в ней нефтяных загрязнений, являются показатели биологической активности почвенного микробоценоза [3–6].

Цель работы – изучить изменение ферментативной и респираторной активности нефтезагрязненных дерново-подзолистых (ДП) почв разного гранулометрического состава в условиях длительного воздействия поллютанта.

Для проведения лабораторных экспериментов использовались образцы дерново-подзолистых супесчаных и среднесуглинистых почв. Образцы почв, после предварительного просушивания и удаления корней растений, просеивали через сита Винклера с диаметром ячеек 1 мм. Опытные варианты с содержанием сернистой нефти в интервале концентраций от 2,4% до 20,0% готовились с учетом «нефтеемкости» почв разного гранулометрического состава путем ее смешения весовым методом с «чистыми» образцами исследуемых почв (2,4%, 4,8%, 9,0%, 13,0% в супесчаной и 4,8%, 7,1%, 9,0%, 13,0%, 16,6% и 20,0% в среднесуглинистой). Контролем служила незагрязненная почва.

В ходе 180-суточных лабораторных экспериментов образцы почв периодически рыхлили и увлажняли. Влажность поддерживали на уровне 60% от полной влагоемкости почвы, температуру поддерживали в интервале 20–24 °С.

На 7, 30 и 180 сутки инкубации в исследуемых почвах определяли каталазную и уреазную активность [7] и суммарное содержание нефтепродуктов (НП) [8]. На основе хроматографических измерений [9] были определены следующие параметры: базальное дыхание ($V_{\text{базал}}$), субстрат-индуцированное дыхание ($V_{\text{сид}}$), коэффициент микробного дыхания ($Q_R = V_{\text{базал}}/V_{\text{сид}}$).

Каталазная активность контрольной (чистой) ДП супесчаной почвы в ходе эксперимента не превышала 0,08 мг $\text{H}_2\text{O}_2/\text{г}$, а ее уровень в ДП среднесу-

глинистой почве был существенно выше и варьировал от 0,37 до 0,81 мг $\text{H}_2\text{O}_2/\text{г}$. Уреазная активность незагрязненной ДП среднесуглинистой почвы была в 2 раза выше, чем супесчаной (0,41–0,59 против 0,13–0,35 мкг $\text{N}/\text{г}\cdot\text{час}$, соответственно).

Внесение нефти – источника органического углерода – в ДП почвы приводило к повышению ферментативной активности микробных сообществ. Однако ее влияние на почвы разного гранулометрического состава существенно отличалось.

Так, если в ДП супесчаной почве на 7 сутки эксперимента в вариантах, содержащих 2,4 и 4,8% поллютанта, каталазная активность была значительно выше, чем в контроле, то при концентрации нефти 9 и 13% ее значения были ниже или на уровне контроля. На 30 сутки эксперимента токсическое действие нефтяных компонентов проявлялось только в варианте, содержащем 13% поллютанта, а на 180 сутки во всех опытных образцах каталазная активность была выше, чем в контрольных образцах. Однако и на 180 сутки инкубации остаточные концентрации нефтяных компонентов в варианте 13% ингибировали почвенное микробное сообщество, что выражалось в снижении каталазной активности.

В отличие от ДП супесчаной почвы в ДП среднесуглинистой почве ингибирующее действие нефтяных загрязнений во всем диапазоне испытанных концентраций на протяжении всего эксперимента не проявлялось. Токсическое действие поллютанта в концентрациях 9–20% проявлялось в незначительном снижении каталазной активности почвы, относительно вариантов, содержащих более низкие концентрации загрязняющих веществ.

Изменение уреазной активности нефтезагрязненной ДП супесчаной почвы, также как и каталазной, определялось начальной концентрацией поллютанта и длительностью его воздействия. Уреазная активность во всех опытных вариантах на супесчаной почве была выше, чем в контроле. На 7 и 30 сутки при концентрациях нефти выше 2,4%, и на 180 сутки при концентрации выше 4,8%, наблюдалось снижение уреазной активности относительно максимально полученных при более низких концентрациях поллютанта значений.

Что касается нефтезагрязненной ДП среднесуглинистой почвы, то в ней на протяжении всего эксперимента, во всем диапазоне испытанных концентраций наблюдалась прямая зависимость между уреазной активностью и начальной концентрацией поллютанта. Снижение ферментативной активности на 180 сутки эксперимента в сравнении с 7 и 30 сутками, вероятно, определяется исчерпанием в почве доступного для трансформации субстрата.

Анализ дыхательной активности исследуемых образцов показал, что в чистой (контрольной) ДП среднесуглинистой почве она была в 2,9–3,2 раза выше, чем в исходно более «бедной» супесчаной почве, что коррелирует с данными по содержанию в них активной «живой» микробной массы, оцениваемой по величине Смик . Рассчитанные значения коэффициента микробного

дыхания (Q_R) отражают относительно благополучное состояние микробного пула почвы [10].

Полученные экспериментальные данные показали, что внесение нефти в ДП супесчаную почву приводило к повышению $V_{\text{базал}}$. На протяжении эксперимента наиболее интенсивное выделение CO_2 регистрировалось при максимальной испытанной концентрации поллютанта. Пик дыхательной активности нефтесодержащих вариантов почв был отмечен на 180 сутки инкубации и был линейно связан с начальной концентрацией внесенного органического субстрата.

В вариантах с внесением 2,4 и 4,8% нефти наблюдался рост $V_{\text{сид}}$ ДП супесчаной почвы. При концентрации нефти 9,0% во второй половине эксперимента отмечалась стабилизация эмиссии CO_2 на уровне 12,6–13,2 $\text{мкгCO}_2/(\text{г}\cdot\text{час})$. В варианте с 13% $V_{\text{сид}}$ к 180 суткам возрастала до 13,5 $\text{мкгCO}_2/(\text{г}\cdot\text{час})$.

При концентрации 4,8% токсическое действие нефти напрямую не проявляется, более высокая концентрация субстрата приводит к образованию незначительного пика на 30 сутки эксперимента, который может являться реакцией микробного комплекса на повышение содержания доступного субстрата при отсутствии его ингибирующего действия. В варианте 9% наблюдается монотонная адаптация сообщества к поллютанту во времени. Уровень метаболизма при 9%, достигнув пика к 180 суткам, не меняется, разложение нефтяных компонентов и их метаболитов идет со скоростью, не приводящей к накоплению токсикантов, что наблюдается и в варианте с концентрацией нефти 13%.

Внесение нефти в ДП супесчаную почву приводило к уменьшению устойчивости микробного сообщества и характеризовалось 1,7–2,1 кратным увеличением Q_R на 30–180 сутки эксперимента. В варианте с исходным содержанием нефти 13% и на 180 сутки инкубации значение Q_R было высоким, что указывает на неустойчивое состояние почвенного биоценоза, разбалансированность метаболических процессов.

Динамика $V_{\text{базал}}$ ДП среднесуглинистой почвы определялась начальной концентрацией нефти. При исходной концентрации нефти 4,8–9,0% $V_{\text{базал}}$ во времени линейно уменьшалась и к концу эксперимента была сопоставима с уровнем контроля. В вариантах с содержанием нефти 13–20% на 180 сутки в условиях высокой концентрации питательного субстрата скорость $V_{\text{базал}}$ увеличивалась.

Динамика субстрат-индуцированного дыхания в целом повторяла картину, полученную при определении $V_{\text{базал}}$. Изменение $V_{\text{сид}}$ во времени в вариантах 4,8–9,0% имело линейную зависимость. При более высоких исходных концентрациях нефти после определяемого адаптационными процессами уменьшения активности микробного комплекса наблюдался ее рост к 180-м суткам инкубации.

Значения Q_R указывают на более высокую в сравнении с супесчаными почвами активность и устойчивость к нефтяным загрязнениям микробного

пула ДП среднесуглинистой почвы. Так, в вариантах с начальным содержанием нефти 4,8–9,0% уже на 30-е сутки эксперимента значения Q_R характеризовали состояние почвенного биоценоза как относительно благополучное.

Сравнение содержания нефтепродуктов на 7, 30 и 180 сутки эксперимента [1] показало, что интенсивность минерализации нефтяных углеводородов в ДП среднесуглинистой почве к 30 и 180 суткам эксперимента была в 1,5–3,1 и 2,2–6,5 раза выше, чем в супесчаной. В ДП среднесуглинистой почве на 30 сутки эксперимента прослеживалась обратная зависимость между начальной концентрацией нефти и снижением содержания нефтяных углеводородов. На 180 сутки снижение содержания НП в ДП среднесуглинистой почве при начальных концентрациях нефти 4,8%, 7,1%, 9,0% и концентрациях 13,0%, 16,6%, 20,0% имели сопоставимые значения.

Заключение:

1) Проведенные исследования показали, что при попадании нефти в дерново-подзолистые почвы разного гранулометрического состава в них протекают однонаправленные процессы, интенсивность которых определяется характеристиками почв.

2) Легкие почвы менее устойчивы к токсическому действию «свежих» нефтяных загрязнений.

3) Ферментативная активность и интенсивность минерализации нефтяных компонентов в среднесуглинистой почве превосходили соответствующие характеристики супесчаной почвы.

4) Ферментативная активность является показателем, адекватно отражающим интенсивность деструкции нефтяных загрязнений, позволяет объективно контролировать и прогнозировать активность процессов самоочищения и восстановления свойств нефтезагрязненных почв.

5) Полученные данные свидетельствуют о том, что длительное воздействие нефтяных загрязнений приводит к более серьезным нарушениям устойчивости почвенных микробиоценозов легких почв, чем более тяжелых.

6) Параметры субстрат-индуцированного дыхания показывают, что испытанные начальные концентрации нефти в ДП супесчаной и среднесуглинистой почвах в ходе эксперимента не ингибировали активность почвенной микрофлоры. А увеличение концентрации нефти в ДП супесчаной почве до 13%, а в ДП среднесуглинистой почве до 20% не приводило к уменьшению скорости базального дыхания.

Литература

1. Вершинин А. А., Петров А. М., Каримуллин Л. К., Игнатъев Ю. А. Влияние нефтяного загрязнения на эколого-биологическое состояние различных типов почв // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 8. С. 207-211.

2. Петров А. М., Зайнулгабидинов Э. Р., Шагидуллин Р. Р., Иванов Д. В., Кузнецова Т. В., Каримуллин Л.К. Разработка нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах для земель лесного фонда Республики Татарстан // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 20. С. 265–270.

3. Киреева Н. А., Водопьянов В. В., Мифтахова А. М. Биологическая активность нефтезагрязненных почв. Уфа: Гилем, 2001. 376 с.
4. Киреева Н. А., Кузяхметов Г. Г., Мифтахова А. М., Водопьянов В. В. Фитотоксичность антропогенно-загрязненных почв. Уфа: Гилем, 2003. 266 с.
5. Исмаилов Н. М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязненных почв // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 42–56.
6. Хазиев Ф. Х., Фатхиев Ф. Ф. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активизация разложения нефти // Агрохимия. 1981. № 10. С. 102–111.
7. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
8. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органоминеральных почвах.
9. Гарусов А. В., Алимова Ф. К., Селивановская С. Ю., Захарова Н. Г., Егоров С. Ю. Газовая хроматография в биологическом мониторинге почвы. Казань: Изд-во КГУ, 2006. 90 с.
10. Благодатская Е. В., Ананьева Н. Д., Мякшина Т. Н. Характеристика состояния микробного сообщества почвы по величине метаболического коэффициента // Почвоведение. 1995. № 2. С. 205–210.

ДИНАМИКА УГЛЕРОДА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*А. А. Вершинин, А. М. Петров, И. В. Князев
Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан, A-vershinin@mail.ru*

Углерод микробной биомассы (Смик) является важным эколого-физиологическим показателем, характеризующим состояние микробного пула почв [1]. Величина Смик отражает потенциал почвенного микробного сообщества, что необходимо учитывать при разработке плана мероприятий по рекультивации загрязненных нефтью почв [2, 3]. Определение содержания Смик позволяет установить, насколько успешно происходит восстановление функционирования почвенной микрофлоры.

Существует несколько методов определения содержания микробного углерода: фумигация-экстракция [4], субстрат-индуцированное дыхание [5], прямое микроскопирование микробных клеток [6]. В настоящем исследовании для определения содержания углерода микробной биомассы использовали метод субстрат-индуцированного дыхания (Сид).

Объектом исследований служила темно-серая лесная почва. Гранулометрический состав – среднесуглинистый. Содержание органического вещества находится у верхней границы допустимого для данного подтипа почв. Реакция среды слабокислая. Обеспеченность питательными элементами: подвижный фосфор – повышенная, подвижный калий – высокая. Исследования проводили в модельных опытах. Образцы чистой почвы загрязняли путем внесения определенного количества тяжелой сернистой нефти Ямашинского

месторождения Республики Татарстан. В итоге были получены варианты с исходным содержанием нефти 5, 10, 15 и 20%. Длительность воздействия нефтяных загрязнений на почву составила 3 года. Концентрацию нефтепродуктов (НП) в почве определяли методом ИК-спектроскопии [7]. Интенсивность субстрат-индуцированного дыхания (Сид) устанавливали согласно [8]. Содержание Смик вычисляли по методу [9]. Коэффициент микробного дыхания (Q_r) рассчитывали как отношение $V_{\text{базал}}/V_{\text{сид}}$ [10]. Результаты обработаны статистически при помощи программы Microsoft Excel.

Внесение нефти способствовало увеличению содержания Смик в почве (рис. 1). Через 1 год после загрязнения содержание микробного углерода в почвенных образцах составляло 350,7–470,1 мкг С/г. В испытанном диапазоне концентраций поллютанта (5–20%) не обнаружено его ингибирующее действие на сообщество почвенных микроорганизмов. При максимальной концентрации загрязнителя (20%) концентрация Смик была существенно ниже, но при этом превосходила его содержание в контрольной почве (326,8 мкг С/г против 305,5 мкг С/г в чистой почве).

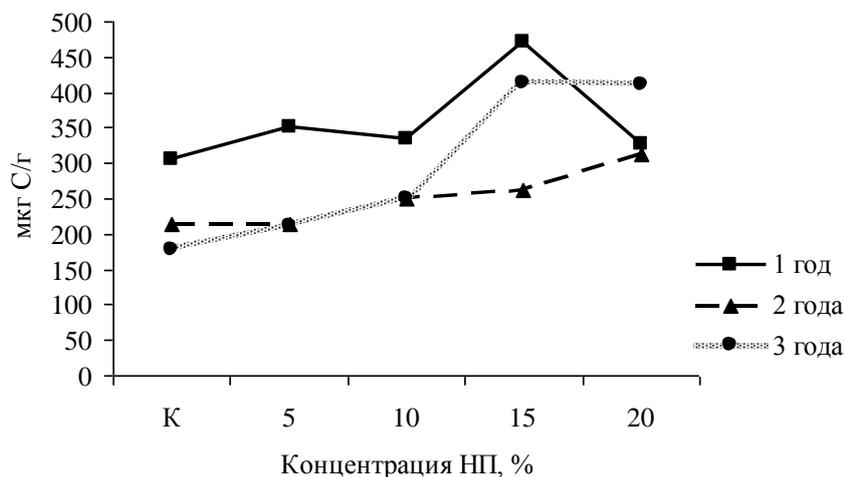


Рис. 1. Содержание Смик в темно-серой лесной почве

Увеличение длительности воздействия нефти приводило к снижению уровня Смик в почве. Через 2 года содержание микробного углерода (в зависимости от исходной дозы поллютанта) находилось в диапазоне 213,2–312,7 мкг С/г. Не зафиксировано резких колебаний содержания Смик в почве в зависимости от концентрации поллютанта.

Характер изменения значений Смик при максимальной длительности воздействия нефти (3 года) отличался от предыдущего срока. Обнаружено резкое возрастание микробного углерода в почве в вариантах исходно содержащих 10–20% поллютанта. Возможно, такое повышение активности микрофлоры обусловлено особенностями сукцессии микробного пула и наличием достаточного количества органического субстрата в почве. В наших предыдущих исследованиях на дерново-подзолистых почвах было показано, что при высоких концентрациях загрязнителя (20%) в почве резко возрастает количество нефтеокисляющих микроорганизмов [11]. Кроме того, есть основа-

ния полагать, что к этому моменту микробное сообщество преодолело стрессовое воздействие нефтяных углеводородов, и его почвенная система постепенно стабилизируется. В пользу данного предположения свидетельствуют результаты изучения динамики коэффициента микробного дыхания в процессе длительного нахождения почвы в условиях воздействия нефтяных углеводородов (рис. 2). Принято считать, что если величина Q_r располагается в диапазоне 0,1–0,3, то состояние микробного сообщества оценивается как благоприятное. Превышение этого интервала указывает на нарушение устойчивости микробного пула и об интенсивных процессах минерализации органического вещества почвы. Значения Q_r менее 0,1 говорят об истощении почвы [12]. В наших исследованиях величина Q_r чистой почвы составляла 0,18–0,25. Внесение нефти сопровождалось увеличением Q_r и зависело от начальной дозы поллютанта. Наиболее значимым нарушением устойчивости микробного сообщества было после 1 года загрязнения ($Q_r=0,34–0,78$). Через 2 года Q_r загрязненных почв несколько снижался (0,33–0,51). Через 3 года уровень Q_r во всем диапазоне испытанных концентраций нефти варьировал в интервале от 0,19 до 0,31. Это указывает на преодоление стрессового воздействия поллютанта, возрастание стабильности почвенной микрофлоры и на возвращение микробного пула к нормальному функционированию.

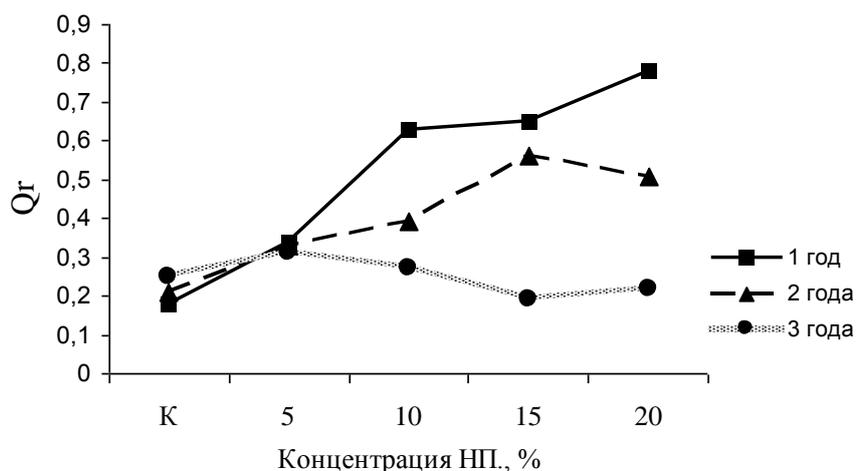


Рис. 2. Коэффициент микробного дыхания (Q_r) темно-серой лесной почвы

Остаточное содержание НП в почве в значительной степени зависело от начальной дозы вносимой нефти. Полученные данные показали, что большая часть нефти разлагалась в течение первого года инкубации (табл.). В этот период наиболее выраженное снижение содержания НП в почвах было зарегистрировано при минимальной исходной дозе нефти. На поздних сроках эксперимента наиболее активно минерализовались углеводороды в вариантах с исходно более высоким содержанием загрязнителя.

Остаточное содержание НП (% от исходного содержания)

Исходное загрязнение (%)	1 год	3 года
5	48,7	37,6
10	62,2	35,4
15	46,0	29,3
20	55,3	29,6

Таким образом, нефтяное загрязнение в испытанных концентрациях способствует увеличению микробной массы в почве. Максимальное содержание микробного углерода выявлено после 1 года загрязнения. Одновременно с этим происходило значительное нарушение устойчивости микробного пула почвы. При длительном (3 года) воздействии нефтепродуктов возрастало содержание микробной массы в случае использования высоких исходных концентраций загрязнителя. Одновременно с этим восстанавливалась стабильность сообщества почвенных микроорганизмов. Большая часть нефти разрушалась в течение первого года загрязнения.

Литература

1. Сусьян Е. А., Ананьева Н. Д., Гавриленко Е. Г., Чернова О. В. Углерод микробной биомассы в профиле лесных почв южной тайги // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1233–1240.
2. Дегтярева И. А., Хидиятуллина А. Я. Оценка влияния природных ассоциаций углеводородоокисляющих микроорганизмов на состояние нефтезагрязненной почвы // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2011. Т. 153. № 3. С. 137–143.
3. Дегтярева И. А., Хидиятуллина А. Я. Рекультивация нефтезагрязненной почвы при помощи микроорганизмов-деструкторов и бентонита // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 5. С. 134–136.
4. Vance E. D., Brookes P. C., Jenkinson D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C // Soil Biol. Biochem. 1987. V. 19. P.703–707.
5. Anderson T.-H., Domsch K. H. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass in soils of different cropping histories // Soil Biol. Biochem. 1990. V. 22. № 2. P. 251–255.
6. Ананьева Н. Д., Полянская Л. М., Сусьян Е. А., Васенкина И. В., Вирт С., Звягинцев Д. Г. Сравнительная оценка микробной массы почв, определяемой методами прямого микроскопирования или субстрат-индуцированного дыхания // Микробиология. 2008. Т. 77. С. 404–412.
7. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. ПНД Ф 16.1.2.2.22-98. М., 2005. 18 с.
8. Ананьева Н. Д., Благодатская Е. В., Орлинский Д. Б., Мякшина Т. Н. Методические аспекты определения скорости субстрат-индуцированного дыхания почвенных микроорганизмов // Почвоведение. 1993. № 11. С. 72–77.
9. Anderson T.-H., Domsch K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. V. 10. № 3. P. 215–221.
10. Anderson T.-H., Domsch K. H. The metabolic quotient for CO₂ (q CO₂) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils // Soil Biol. Biochem. 1993. V. 25. № 3. P. 393–395.

11. Кузнецова Т. В., Петров А. М., Князев И. В., Хабибуллин Р. Э. Состав микробных сообществ при разном содержании нефтепродуктов в серых лесных почвах // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 14. С. 165–168.

12. Благодатская Е. В., Ананьева Н. Д., Мякшина Т. Н. Характеристика состояния микробного сообщества почвы по величине метаболического коэффициента // Почвоведение. 1995. № 2. С. 205–210.

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА СВОЙСТВА ПОЧВ

Е. О. Маркина, Н. В. Сырчина

*Вятский государственный университет,
79642549547@yandex.ru, nvms1956@mail.ru*

В настоящее время во всем мире существенно увеличивается интерес к удобрениям гуматного типа [1]. Гуминовые вещества (ГВ) являются природными соединениями, образующимися при разложении биологических остатков под влиянием микроорганизмов и абиотических факторов среды. По химическому составу и строению ГВ можно отнести к высокомолекулярным ароматическим оксикарбоновым кислотам. Особенности строения и функциональные группы, входящие в состав ГВ, обеспечивают возможность участия этих соединений в разнообразных химических, физических и физико-химических процессах. ГВ оказывают большое влияние на устойчивость дисперсных систем, проявляют ионообменные свойства, участвуют в реакциях комплексообразования. Направление и глубина протекания соответствующих процессов определяются спецификой ГВ.

В настоящее время хорошо изучены свойства таких компонентов гумусовых веществ, как фульво- и гуминовые кислоты. Установлено, что фульвокислоты (ФК) способны образовывать хорошо растворимые комплексы хелатного типа со многими катионами, т.е. под влиянием ФК подвижность микроэлементов и тяжелых металлов в почвах увеличивается. Фульвокислоты хорошо растворимы в кислых, нейтральных и щелочных средах. Благодаря относительно небольшому размеру и специфическому строению, катионные комплексы фульвокислот могут активно проникать через клеточные стенки в корни растений, а также стебли и листья, снабжая растения элементами минерального питания [1]. В отличие от ФК, гуминовые кислоты (ГК) активно связывают соответствующие катионы в нерастворимые малоподвижные соединения [2]. Таким образом, ФК способствуют мобилизации, а ГК – иммобилизации широкого спектра катионов.

Гуминовые вещества оказывают большое влияние на плодородие почв. Внесение в почвы препаратов ГВ позволяет увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, снизить расход минеральных удобрений, повысить устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов [3]. Высокая эффективность препаратов ГВ стимулирует активизацию работ по их промышленному производству. В качестве сырья для производства широко

используются торф, бурый уголь, сапрпель. Для выделения из сырья действующих веществ используются различные химические, физические и физико-химические методы. В зависимости от используемых методов удается получить широкий спектр разнообразных соединений (гидрогуматы, оксигуматы, нитрогуматы, сульфогуматы и др.), проявляющих высокую агрохимическую эффективность. Следует иметь в виду, что промышленные ГВ не являются в полном смысле этого слова натуральными, и поведение их в природной среде может отличаться от поведения натуральных ГВ. Вместе с тем, исследований, направленных на оценку экологических последствий от воздействия промышленных гуматов на природную среду, крайне недостаточно.

Цель настоящей работы состояла в изучении влияния промышленных ГВ, получаемых методом физического воздействия на торф, на подвижность анионов и катионов в грунтах в условиях лабораторного эксперимента.

В качестве источника промышленных ГВ использовался торфогель, представляющий собой дисперсную систему (типа геля), получаемую методом ультразвуковой кавитационной обработки торфяной пульпы. Под воздействием кавитации происходит деструкция исходного сырья, приводящая к накоплению биологически-активных ГВ типа фульвокислот. Содержание ГВ в используемом для выполнения эксперимента препарате (торфогеле) составляло 50 г на 1 дм³ (30,6% от массы сухих веществ) при влажности 83,7%.

Для выполнения эксперимента использовали образцы грунта (огородная земля), в которые в первом варианте добавлялся торф, а во втором торфогель. Агроем и торф предварительно просеивались через сито с размером ячеек 3 x 3 мм.

Масса торфогеля и торфа составляла 1% (в пересчете на сухое вещество) от массы воздушно сухого грунта, т.е. с торфогелем вносилось 3 г ГВ на 1 кг грунта. Для перемешивания компонентов использовался роторный смеситель. Приготовленные смеси увлажнялись дистиллированной водой до влажности 70% от полной влагоемкости и помещались в пластиковые контейнеры. Масса каждого образца грунта составляла 2 кг. Контейнеры с образцами выдерживались в открытом состоянии при температуре 24±1 °С и влажности воздуха 32%. По мере высыхания грунт в контейнерах увлажнялся дистиллированной водой и перемешивался. Отбор проб для выполнения анализов проводился каждые 5–7 дней. Общее время наблюдений составило 60 дней.

В пробах грунта определялось содержание тяжелых металлов в подвижной форме, подвижного фосфора, нитратов, рН солевой вытяжки, каталитическая активность.

Содержание ГВ в торфогеле определялось по ГОСТ 9517–94 «Топливо твердое. Методы определения выхода гуминовых кислот»; содержание фосфора – согласно ГОСТ Р 54650-2011 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО»; содержание нитратов – по ГОСТ 26488-85 «Определение нитратов по методу ЦИНАО»; содержание органического вещества – по ГОСТ 26213-91 «Почвы.

Методы определения органического вещества». Каталазная активность измерялась газометрическим методом [4]. Содержание ТМ определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе ААС «СПЕКТР-5-4», согласно ФР.1.31.2012.13573. Результаты анализа подвергались статистической обработке по общепринятым формулам в программе «Microsoft Excel».

Данные, характеризующие агрохимические свойства и ферментную активность используемых для выполнения эксперимента образцов грунта, торфа и торфогеля, представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Агрохимические показатели и ферментная активность
грунта, торфа, торфогеля**

Объект	Гранулометрический состав	Показатели				
		pH _{сол}	Органическое вещество, %	Фосфор общий (P ₂ O ₅), мг/кг	Нитраты, мг/кг	Каталазная активность, 2 мин
Грунт (огородная земля)	Средний суглинок	6,29±0,1	7,6±0,2	1305,0±456,7	119,3±8,9	5,2
Торфогель	–	7,54±0,1	14,0±1,5 (при влажности 83,7%)	275,0±96,2	8,0±0,4	4,2
Торф	–	3,14±0,1	89,3±5,3	190,0±66,5	5,35±0,4	5,2

В процессе эксперимента установлено, что внесение в грунт торфа не оказало заметного влияния на изучаемые показатели. В отличие от торфа, добавка торфогеля привела к существенному изменению анализируемых показателей. Уже на 5 день после внесения этого препарата в грунт наблюдалось повышение pH солевой вытяжки, усиление каталазной активности, увеличение содержания подвижного фосфора, снижение содержания нитратных форм азота (табл. 2).

Таблица 2

Влияние торфогеля на свойства грунта

Показатели	Исходные данные (без торфогеля)	5 день	26 день	52 день
pH _{сол}	6,29±0,1	6,43±0,1	7,12±0,1	6,72±0,1
Фосфор общий (P ₂ O ₅), мг/кг	1305,0±456,7	2050,0±717,5	2135,0±747,2	980,0±343,0
Нитраты, мг/кг	119,3±8,9	146,4±10,9	97,9±7,3	89,1±6,9
Каталазная активность, 2 мин.	5,2	4,5	6,6	6,6

Математическая обработка результатов эксперимента позволила выявить определенные корреляционные зависимости между изучаемыми показателями. Так, коэффициент корреляции между содержанием нитратов и ка-

талазной активностью составил $-0,99$. Установленная зависимость хорошо согласуется с данными о высокой биологической активности ГВ, приводящей к стимулированию жизнедеятельности почвенной микрофлоры [5]. Активное развитие почвенных микроорганизмов вызывает усиленное потребление (фиксацию) нитратного азота.

Коэффициент корреляции между $pH_{\text{сол}}$ и содержанием подвижных форм фосфора составляет $+0,77$.

Добавка торфогеля оказала существенное влияние и на подвижность некоторых тяжелых металлов. Через 5 суток после внесения в грунт этого препарата содержание подвижных форм цинка увеличилось в 4 раза; железа – в 2,3; меди – в 11,2. Подвижность кадмия и свинца уменьшилась: на 47 и 53% соответственно. Подвижность никеля изменилась незначительно (в 1,2 раза) [6].

Сопоставление данных о влиянии торфогеля на подвижность фосфора и тяжелых металлов позволяет предположить, что фульвокислоты за счет связывания железа и других катионов, образующих нерастворимые фосфаты, в устойчивые хелатные комплексы, способствуют повышению растворимости и биодоступности фосфатов в почвах.

Выводы. Кавитационная обработка торфа приводит к существенному изменению его биологической и геохимической активности.

Внесение торфогеля в почву способствует увеличению подвижности фосфора, повышению pH почвенных растворов, снижению содержания нитратов и активизации почвенной микрофлоры.

Под влиянием торфогеля происходит увеличение подвижности таких микроэлементов, как медь, железо, цинк. Свинец и кадмий в присутствии торфогеля переходит в менее подвижные формы.

Положительный эффект от внесения торфогеля наблюдается в течении 3–4 недель. К концу эксперимента содержание подвижного фосфора и нитратного азота в обоих образцах почвы устанавливается на более низком уровне, чем в исходном состоянии, однако $pH_{\text{сол}}$ и в конце эксперимента имеет более высокое значение, чем в исходных образцах почвы.

Литература

1. Сорокин К. Н. Обоснование технических параметров технологической линии по производству гуминовых удобрений из торфа: Дис. ... канд. техн. наук. М., 2015.
2. Гуминовые вещества в биосфере / Под ред. Д. С. Орлова. М.: Наука, 1993.
3. Безуглова О. С. Гуминовые вещества в биосфере: Учебное пособие. Ростов-на-Дону, 2009. С. 31–33.
4. Хазиева Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 1990.
5. Brown P. A., Gill S. A., Allen S. J. Metal removal from wastewater using peat // Water Research. 2000. 34. P. 3907–3916.
6. Маркина Е. О., Григорьев В. В., Сырчина Н. В. Влияние различных добавок на подвижность тяжелых металлов в почвах // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 87–90.

БУФЕРНЫЕ СВОЙСТВА ТОРФА НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

К. Ю. Буторин, Н. В. Порина, А. И. Фокина
Вятский государственный университет,
ae954@lenta.ru, porinanatalja94@yandex.ru

Для территории Кировской области характерна большая распространенность болотных массивов, но наиболее заболоченными являются северные, центральные и западные районы. Торфяные болота в Кировской области занимают площадь 274 тыс. га. При этом преобладают низинные болота. Из-за однородности состава и широкого распространения они являются перспективным источником такого недорогого сырья как торф, для получения промышленных сорбентов и др. [1, 2].

Важнейшей областью применения торфа и удобрений из него, существенно повышающих продуктивность почв, является сельское хозяйство и садоводство. В последние годы верховой торф стал активно применяться в экологии и природоохранных технологиях. На залежах торфа можно выращивать торфодерновые ковры для озеленения, зеленого строительства и борьбы с ветровой эрозией, закрепления откосов в дорожном строительстве. Из торфа получают торфяные фильтрующие элементы, сорбенты, обладающие высокой нефтемаслосоемкостью. Торф применяют в медицине и строительстве [3].

Вместе с тем, многокомпонентный и полифункциональный состав, обеспечивающий возможность реализации различных механизмов связывания поллютантов, затрудняет теоретическое прогнозирование сорбционных свойств торфа по отношению к тяжелым металлам (ТМ) и делают необходимым экспериментальное изучение сорбции приоритетных неорганических поллютантов – тяжелых металлов.

Некоторые месторождения с точки зрения использования торфа для производства сорбентов не изучены, поэтому для того, чтобы делать заключение о возможности использования торфа этих месторождений в качестве сорбента, необходимо изучить его буферные свойства [4].

Целью работы являлось исследование сорбционных свойств торфа различных месторождений по отношению к ТМ. Для сравнения брали образцы торфа, отобранные вблизи п. Зенгино Оричевского района (действующая добыча торфа для сельскохозяйственных целей) и вблизи с. Чистополье Котельничского района (добыча не ведется и не велась, используется в малых количествах местными жителями в сельскохозяйственных целях).

Для проведения анализа брали навески торфа массой 5 г, заливали растворами солей ТМ ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в соотношении торф : раствор равном 1:10. Концентрации исходных растворов меди, свинца составляли 0,02; 0,05; 0,08; 0,1; 0,3; 0,5 и 1,0 ммоль/л. Значения рН в растворах солей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Кислотность растворов солей до контакта с торфом

Концентрация соли, Me^{2+} , ммоль/л	pH раствора соли меди до контакта с образцами торфа	pH раствора соли свинца до контакта с образцами торфа
1	4,8±0,1	5,3±0,1
0,5	–	–
0,3	–	–
0,2	5,3±0,1	5,1±0,1
0,08	–	–
0,05	–	–
0,02	5,3±0,1	5,1±0,1

Выбор данного интервала концентраций ТМ обусловлен уровнем загрязнения торфа исследуемыми металлами и возможным содержанием ТМ в сточных водах. Суспензию взбалтывали и оставляли на сутки, после чего фильтровали [5]. Фильтрат анализировали методом ИВА (инверсионной вольтамперометрии).

Таблица 2

Влияние концентрации сульфата меди(II) на накопление меди в торфе

Вариант, $C_{исх.}Me^{2+}$, ммоль/л	Месторождение вблизи п. Зенгино		Месторождение вблизи с. Чистополье	
	$C_{ост.}Cu^{2+}$, мкмоль/л	$C_{ост.}Pb^{2+}$, мкмоль/л	$C_{ост.}Cu^{2+}$, мкмоль/л	$C_{ост.}Pb^{2+}$, мкмоль/л
1	20±6 97,7±3,9*	5,8±2,0 99,4±3,9*	5,6±2,0 99,43±4,0*	4,3±1,4 99,5±4,0*
0,5	5,8±2,2 98,9±4,0*	5,8±2,0 98,8±4,0*	1,1±0,3 99,8±4,0*	1,9±0,6 99,6±4,0*
0,3	6,09±2,03 98,2±3,9*	5,3±1,7 98,2±3,9*	0,6±0,2 99,8±4,0*	1,1±0,4 99,6±4,0*
0,2	2,3±0,7 98,7±3,9*	0,2±0,07 99,9±3,8*	0,6±0,2 99,8±4,0*	0,6±0,2 99,7±4,0*
0,08	1,9±0,6 97,6±3,8*	0,2±0,07 99,7±3,9*	0,6±0,2 99,5±3,9*	0,24±0,07 99,3±3,9*
0,05	2,3±0,7 94,6±3,8*	0,2±0,07 99,6±3,8*	0,6±0,2 98,7±4,0*	0,24±0,07 99,5±4,0*
0,02	0,03±0,01 100*	0,2±0,07 99,0±3,8*	0,6±0,2 97,7±3,9*	0,14±0,05 99,3±3,9*
Контроль, вода	0,03±0,01	0,2±0,07	не обнаружено	0,14±0,05

«*» – степень извлечения ионов металла из раствора, %.

Из полученных данных мы видим, что концентрация ионов металла (Cu^{2+}) в растворе после контакта с торфом уменьшилась при разных исходных концентрациях в 45–100 раз (п. Зенгино) и 33–500 раз (с. Чистополье).

Из таблицы следует, что концентрация ионов свинца уменьшалась после контакта с торфом из месторождения вблизи п. Зенгино в 170–1000 раз, а с торфом из месторождения вблизи с. Чистополье – в 230–1300 раз. Таким образом ионы свинца торф поглощает сильнее, чем ионы меди.

Степень извлечения ионов металлов из растворов приближается во всех вариантах к 100%.

Способность связывать ионы ТМ основана на присутствии в структуре торфа ковалентно-связанных с матрицей функциональных групп (гидроксильные, карбоксильные, аминные, пептидные), удерживающих ионы ТМ, а также полимолекулярных ассоциатов, характеризующихся более или менее определенной организацией на макроуровне: гуминовых кислот и лигнина [6].

Однако при использовании торфа в качестве сорбента для очистки сточных вод, например, металлоперерабатывающего предприятия, сорбент может оказаться в условиях кислотности, отличающейся от той, которая обусловлена просто гидролизом солей. Поэтому в нашем исследовании необходимо было оценить кислотно-основную буферную емкость изучаемых образцов торфа и способность связывать ионы металлов из кислых растворов, например, с $pH = 3$ (создавали раствором уксусной кислоты).

Для изучения буферных свойств торфа был использован метод определения буферности по О. Аррениусу. Метод основан на способности субстратов противостоять изменению pH суспензии изучаемого субстрата при действии возрастающих количеств HCl и $Ca(OH)_2$ в растворе. Эта величина сопротивляемости определяется с помощью расчета площади между кривой изменения pH почвенной суспензии и кривой буферности прокаленного песка, к которому приливаются такие же количества растворов кислоты и основания [7, 8, 9, 10]. Для оценки кислотно-основной буферной способности почвенных образцов определяли буферную площадь S (cm^2) в кислотном и щелочном интервалах – площадь между кривой титрования почвы и кварцевого песка при прямом потенциометрическом определении pH фильтратов суспензий, приготовленных из торфа вблизи п. Зенгино Оричевского района и с. Чистополье Котельничского района с растворами гидроксида и кислоты с разными концентрациями [11]. Расчеты для выражения буферности были произведены согласно методике определения буферности по О. Аррениусу [7, 8, 9, 10].

Таким образом, согласно расчету площади кривой буферности торфа вблизи п. Зенгино Оричевского района (рис. 1), данный образец обладает большей буферной емкостью по отношению к действию $Ca(OH)_2$, чем к действию HCl , так как $S(V_{0,1 \text{ н.р-ра}} HCl) = 26 \text{ см}^2$, а $S(V_{0,1 \text{ н.р-ра}} Ca(OH)_2) = 29 \text{ см}^2$.

Согласно расчету площади кривой буферности торфа вблизи с. Чистополье Котельничского района (рис. 2), данный образец обладает большей буферной емкостью по отношению к действию $Ca(OH)_2$, чем к действию HCl , так как $S(V_{0,1 \text{ н.р-ра}} HCl) = 28 \text{ см}^2$, а $S(V_{0,1 \text{ н.р-ра}} Ca(OH)_2) = 25 \text{ см}^2$.

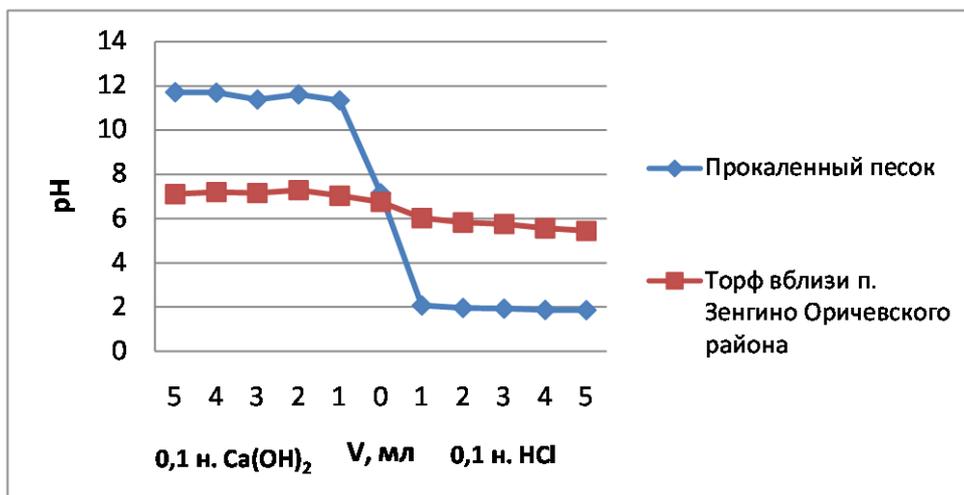


Рис. 1. Кривая буферности торфа, отобранного вблизи п. Зенгино (Оричевский район)

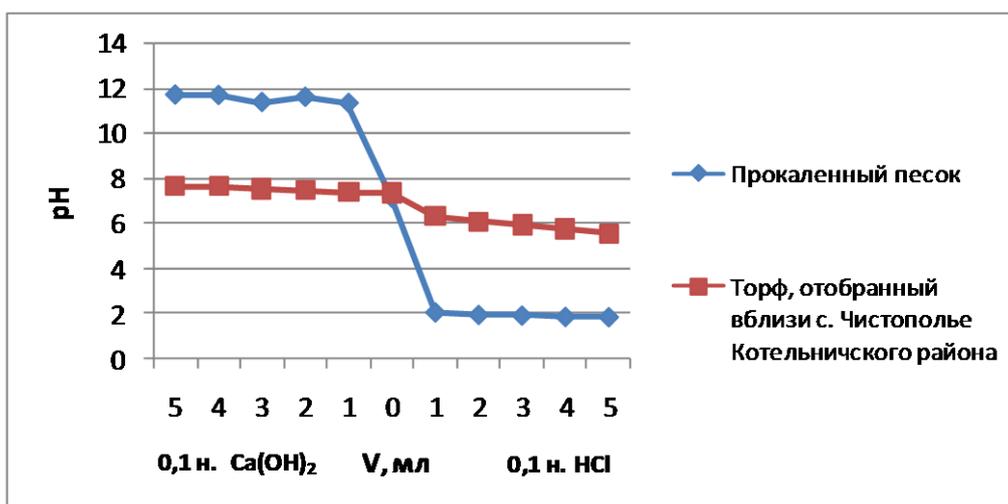


Рис. 2. Кривая буферности торфа, отобранного вблизи с. Чистополье (Котельничский район)

Общая щелочность торфа вблизи п. Зенгино Оричевского района – 0,06%. Общая щелочность торфа вблизи с. Чистополье Котельничского района – 0,04%.

Таким образом, в результате исследования было установлено, что оба образца торфа обладают высокой буферной емкостью по отношению как к солям ТМ, так и к кислотам и щелочам. При изучении влияния рН на степень извлечения ионов Pb^{2+} и Cu^{2+} было установлено, что степень извлечения из более кислых растворов (рН=3) у ионов меди выше, чем из растворов с кислотностью, обусловленной только гидролизом солей. Ионы свинца наоборот поглощаются слабее из более кислых растворов, чем из менее кислых. После контакта торфа с растворами солей меди и свинца с рН=3, ионы металлов поглощаются более, чем на 90%, а кислотность торфа увеличивается до слабо-кислого уровня на 1,5–2 единицы.

Литература

1. Соловьев А. Н. Озера // Энциклопедия земли Вятской / Отв. В. А. Ситников Киров: ГИПП «Вятка», 1997. Т. VII. Природа. С. 200–222.
2. Стрельцов А. А. О перспективах использования торфа в России [Электронный ресурс] // Российский институт стратегических исследований (РИСИ) URL: <https://riss.ru/analytics/2474>
3. Кузнецова И. А., Боголицын К. Г., Ларионов Н. С., Бойцова Т. А., Паламарчук И. А., Бровка О. С. Сорбционные свойства и модификация торфяных гуминовых кислот // Вестник САФУ. Естественные науки. 2013. № 1. С. 37–42.
4. Боголицын К. Г. Особенности комплексообразующих и сорбционных свойств гуминовых кислот верхового торфа Архангельской области // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2011. № 3. С. 132–139.
5. 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.
6. Наумова Л. Б., Горленко Н. П., Казарин А. И. Обменные катионы и их влияние на гидрофильность торфа // Химия растительного сырья. 2003. № 3. С. 51–56.
7. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
8. Возбуждая А. Е. Химия почвы. М.: Высшая школа, 1964. 398 с.
9. Воробьева Л. А. Химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 271 с.
10. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М., 1990. 236 с.
11. Назырова Ф. И. Влияние удобрений на буферные свойства чернозема типичного карбонатного // Агрехимия. 2002. № 2. С. 5–12.
12. Мазиров М. А., Трифонова Т. А. Практикум по агроэкологии: В 3 ч. Ч. 2. // Агрехимия. Владимир, 2001. 137 с.
13. Позняк С. П., Гамкало М. З. Кислотно-основная буферность буроземов Украинских Карпат // Почвоведение. 2001. № 6. С. 660–669.
14. Хабиров И. К., Габбасова И. М., Хазиев Ф. Х. Устойчивость почвенных процессов. Уфа: Изд. БГАУ, 2001. 326 с.

ФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОРФА

Е. А. Маликов-Пробульский, Е. В. Береснева
Вятский государственный университет,
jon-tukl@mail.ru, evberesneva@mail.ru

Торф – органическая горная порода, образующаяся в результате отмирания и неполного распада болотных растений в условиях повышенного увлажнения при недостатке кислорода и содержания не более 50% минеральных компонентов на сухое вещество [1].

По составу исходного растительного материала, условиям образования и физико-химическим свойствам различают три типа торфа: верховой, переходной и низинный [2].

Для определения возможности использования торфа в какой-либо отрасли производства необходима база данных о торфе, включающая информацию о его физических и химических свойствах.

В связи с этим *целью* данной работы явилось изучение некоторых физических свойств торфа различных месторождений Кировской области и Республики Коми.

В качестве *объекта исследования* было отобрано пять проб:

1. Кировская область, Зуевский район, поселок Торфопредприятие (бывшее место добычи торфа).

2. Республика Коми, Удорский район, поселок городского типа Усогорск (болотистая местность вблизи поселка).

3. Республика Коми, Удорский район, поселок городского типа Усогорск (старица реки Ус).

4. Кировская область, Оричевский район, поселок Зенгино (бывшее место добычи топливного торфа).

5. Кировская область, Котельничский район, село Чистополье (потенциальное место добычи торфа).

Отбор проб и подготовку их к анализу проводили в соответствии с ГОСТ Р54332-2011 [3]. Согласно ГОСТ 11305-2013, ГОСТ 11306-2013 и ГОСТ 10650-2013 проводили измерения влажности, зольности и степени разложения торфа соответственно.

Исследования проводились на всех объектах в одно и то же время в двух повторностях. Определение влажности торфа проводилось на AND-влажномере весовом, серии ML-50 [4].

Влажность – количество воды, находящейся в данный момент в почве, выраженное в весовых или объемных процентах.

В естественном залегании торф содержит до 96% воды. В процессе добычи влажность торфа изменяется и становится равной 30–60%, а после сушки – 10–22%.

Полученные в ходе эксперимента данные представлены в таблице.

Таблица

Результаты определения физических свойств торфа

Образцы	Показатели		
	Влажность, %	Зольность аналитической пробы торфа, %	Степень разложения торфа, %
1	38,6	33	6,7±3
2	34,1	24	13,3±5
3	40,1	8	32,8±5
4	18,2	30	5,3±3
5	10,15	42	0,2±3

Из результатов исследования видно, что образцы № 1, 2 и 3 не выходят за пределы допустимых значений влажности торфа во время добычи. Образцы № 4 и 5 содержали меньше влаги из-за длительного хранения образцов.

Для определения зольности торфа использовался метод определения зольности торфяной продукции природоохранного назначения [5]. Исследование проводилось в муфельной печи с электрическим обогревом, с устойчивой температурой нагрева (525±25) °С с терморегулятором.

Зольность торфа – отношение массы минеральной части торфа, оставшейся после прокаливания, к массе сухого торфа. Зольность – один из основных показателей, определяющий пригодность торфа для различных направлений использования. Торфа по зольности делятся на малозольные (< 5%), средnezольные (5–10%), высокозольные (< 50%) [6].

Результаты исследования показали, что все образцы, кроме № 3, относятся к высокозольному торфу, а № 3 к средnezольному. Высокозольный торф, как правило, хорошо подходит для удобрения почвы.

Степень разложения торфа определяли методом сокращенного ситового анализа [7].

Степень разложения – относительное содержание в общей массе торфа продуктов распада растительных тканей, утративших клеточную структуру.

Учитывая содержание органических соединений (остатков), торф подразделяют на слаборазложившийся – до 20%, среднеразложившийся – 20–35%, сильноразложившийся – более 35%.

Из таблицы видно, что все образцы, кроме № 3, относятся к слабо-разложившемуся торфу, а № 3 к среднеразложившемуся.

Согласно полученным данным наиболее высокая зольность характерна для низинных торфов.

В то же время надо отметить, что классификация торфа по типам, подтипам и группам не дает точных границ и значений отдельно взятых свойств торфа. Точный анализ и описание образца можно дать только после проведения комплекса исследований, включающего в себя не только исследование влажности, зольности и степени разложения, но и других свойств торфа.

Литература

1. ГОСТ 21123-85 Торф. Термины и определения (Дата введения 1986-07-01).
2. Голоссарий.ru [Электронный источник] // Классификация торфа [http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RKrgxxo\(oqg.o9!yuw\(g](http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RKrgxxo(oqg.o9!yuw(g)
3. ГОСТ Р54332-2011 Торф. Методы отбора проб.
4. ГОСТ 11305-2013 Торф и продукты его переработки. Методы определения влаги (Дата введения 2015-01-01).
5. ГОСТ 11306-2013 Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности (Дата введения 2015-01-01).
6. Сергеева М. А., Голубина О. А. Торф: химический анализ и основы комплексной переработки. Томск: Изд-во ТГПУ, 2011. 84 с.
7. ГОСТ 10650-2013 Торф. Методы определения степени разложения (Дата введения 2015-01-01).

АНАЛИЗ КИСЛОТНОСТИ ТОРФА

В. В. Опалева, Е. В. Береснева

*Вятский государственный университет,
V.opaleva@bk.ru, evberesneva@mail.ru*

По объемам запасов и приросту торфа Россия занимает одно из первых мест в мире. В середине XX века почти половина мировой добычи и использования торфа приходилась на СССР, была создана мощная научная школа изучения торфа, сохранившаяся до сих пор и ставившая одной из ключевых задач возможности комплексного и многоцелевого использования торфа и материалов на его основе. В этом направлении были достигнуты определенные успехи [1].

Торф, благодаря глубокой и комплексной переработке, дает спектр материалов, которые могут быть использованы в сельском хозяйстве, медицине, строительстве, химической промышленности, а также в качестве лекарств, сорбентов, изоляционных материалов, кормовых добавок.

В данной работе хочется обратить внимание на использование торфа в сельском хозяйстве. Необходимо выяснить, годится ли «чистый» торф, то есть без всяких сторонних добавок, для удобрения сада и огорода.

Торф, благодаря волокнистой пористой структуре, существенно улучшает физические свойства почв самого разного состава. Почва, хорошо сдобренная торфом, становится водо- и воздухопроницаемой, «дышит» легко и свободно, а корневая система растений чувствует себя в ней более чем уютно (при использовании низинного и промежуточного торфа, верховой вообще не используется в качестве удобрения, так как сильно закисляет почву) [2].

Однако есть немало растений, которым для нормальной вегетации требуется кислая или слабокислая почва. К ним относятся, например, вереск, эрика, рододендрон, гортензия, голубика. При высаживании таких растений на постоянное место в посадочную яму добавляют именно верховой торф, а потом периодически им же и мульчируют.

В связи с этим целью данной работы явилось определение кислотности торфа различных месторождений и влияние на нее ионов тяжелых металлов.

В качестве объекта исследования было отобрано пять проб:

1. Кировская область, Зуевский район, поселок Торфопредприятие (бывшее место добычи торфа).
2. Республика Коми, Удорский район, поселок городского типа Усогорск (болотистая местность вблизи поселка).
3. Республика Коми, Удорский район, поселок городского типа Усогорск (старица р. Ус).
4. Кировская область, Котельничский район, село Чистополье (потенциальное место добычи торфа)
5. Кировская область, Оричевский район, поселок Зенгино (действующая добыча торфа для сельскохозяйственных целей)

Отбор проб и подготовку их к анализу проводили в соответствии с ГОСТ Р 54332-2011 [3]. Согласно ГОСТ 11623-89 [4] проводили измерения обменной и активной кислотности, подвижного алюминия.

Исследования проводились в двух повторностях. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты определения кислотности и подвижного алюминия

Объект исследования	1	2	3	4	5
pH _{водн.}	7,1±0,7	5,5±0,2	5,6±0,1	7,1±0,1	6,6±0,1
pH _{сол.}	6,6±0,8	5,4±0,8	4,1±0,3	6,4±0,2	6,0±0,1
Общая обменная кислотность, Н _{общ}	0,79	1,47	6,80	0,61	1,05
Свободная кислотность, Н _{св}	0,61	0,44	1,05	0,44	0,70
Содержание подвижного алюминия (Al ³⁺) в мг на 100 г торфа	1,62	9,27	51,75	1,53	3,15

Наибольшая кислотность характерна для образцов 2 и 3.

Для определения обменной кислотности готовили хлоркалийевую торфяную суспензию и измеряли величину pH потенциометрическим методом [5]. Образцы 1, 4, 5 относятся к нейтральным или близким к нейтральным. Образец 3 – среднекислый, 2 – слабокислый – следовательно, они не пригодны для удобрения почв.

Подвижный алюминий обуславливает величину обменной кислотности. Он связывает фосфор в труднодоступные формы, вредно воздействует на сельскохозяйственные культуры и полезную микрофлору. Подвижный алюминий определяли по методу А. В. Соколова [5].

Из таблицы 1 видно, что образец 3 содержит большое количество подвижного алюминия, поэтому его нельзя использовать для смешивания с суперфосфатом с целью приготовления органоминеральных компостов.

Для изучения влияния содержания тяжелых металлов в торфе на величину pH определяли обменную кислотность после того, как через образцы торфа были пропущены растворы сульфата меди (II) и ацетата свинца (II) разной концентрации. Объектами исследования явились образцы низинного торфа, отобранные вблизи с. Чистополье Котельничского района (образец 4) и вблизи п. Зенгино Оричевского района (образец 5).

Результаты исследования приведены в таблице 2 и 3.

Таблица 2

Результаты определения влияния ионов меди (II) на изменение кислотности торфа

C _{исх.} Me ²⁺ , ммоль/л	1	0,5	0,3	0,2	0,08	0,05	0,02
Образец 4, pH	6,2±0,1	6,1±0,1	6,1±0,1	6,2±0,1	6,1±0,1	6,1±0,1	6,1±0,1
Образец 5, pH	6,7±0,1	6,7±0,1	6,7±0,1	6,7±0,1	6,7±0,1	6,7±0,1	6,8±0,1

**Результаты определения влияния ионов свинца (II)
на изменение кислотности торфа**

$C_{\text{исх. Me}^{2+}}$, ммоль/л	1	0,5	0,3	0,2	0,08	0,05	0,02
Образец 4, рН	6,1±0,1	6,1±0,1	6,1±0,1	6,1±0,1	6,1±0,1	6,1±0,1	6,2±0,1

При пропускании через торф раствора сульфата меди (II) и ацетата свинца (II), обменная кислотность изменилась незначительно (табл. 2, 3). Произошло уменьшение рН на 0,2–0,3 для ионов меди и свинца в образце 4 и на 0,7–0,8 в образце 5, однако эти изменения не зависят от концентрации растворов солей меди и свинца.

Таким образом, в ходе исследования была определена активная и обменная кислотность пяти образцов торфа, которая позволяет сделать выводы о возможности его применения. Торф с рН 5,5 и ниже (образцы 2 и 3) не допускается использовать без предварительного компостирования с известью, фосфоритной мукой, золой, навозом и т. д.

Чистый торф как удобрение наиболее эффективен на бедных некультуренных песчаных или глинистых почвах с низким содержанием органического вещества. Практически не влияя на обеспеченность почвы элементами питания для растений, торф все же увеличивает содержание органического вещества, улучшает структуру и свойства почвы.

Литература

1. http://pikabu.ru/story/torf__nedootsenyonnyiy_resurs_rossii_4182263
2. 7dach.ru// <http://www.7dach.ru/Alensel/osobennosti-primeneniya-torfa-kak-udobreniya-2693.html>
3. ГОСТ Р 54332-2011 Торф. Методы отбора проб.
4. ГОСТ 11623-89. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. М.: Министерство топливной промышленности РСФСР, 1990.
5. Сергеева М. А., Голубина О. А. Торф: химический анализ и основы комплексной переработки. Томск: Изд-во ТГПУ, 2011. 84 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ИНДУСТРИАЛЬНОГО ГОРОДА: ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Е. В. Напрасникова

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

Одной из экологических проблем современности является состояние почвенного покрова урбанизированных территорий, без которого комфортное, а главное безопасное жизнеобеспечение городского населения немислимо.

Экспериментальными исследованиями был охвачен почвенный покров индустриального г. Саяногорска в условиях Южно-Минусинской котловины (Республика Хакасия). Котловина относится к числу наиболее освоенных районов юга Красноярского края, как в промышленном, так и в сельскохозяйственном отношении. Здесь создан Саяно-Шушенский промышленный комплекс, в Койбальской степи построен Саяногорский алюминиевый завод (САЗ), работающий на полную мощность с 1999 г.

Город расположен на левом берегу р. Енисей у подножья Саянских гор, в степной зоне. Он основан в 1975 г.

Почвенный покров района исследований представлен средне- и легкосуглинистыми, реже супесчаными малогумусными черноземами с небольшой мощностью профиля. Преобладают обыкновенные и южные черноземы. В более засушливой части на древнеаллювиальных равнинах распространены темно-каштановые почвы (с разным содержанием гумуса) в комплексе с солончаками, солонцами и солонцеватыми почвами.

На территории города естественный почвенный покров большей частью отсутствует. Почвы селитебных зон различаются по характеру формирования, мощности, свойствам почвообразующего материала и органогенного слоя, по количеству и составу включений (строительный и бытовой мусор, промышленные отходы) и т.д. Для большинства городских почв характерно отсутствие генетических горизонтов и наличие различных по окраске и мощности слоев искусственного происхождения. Почвы Саяногорска в этом плане не являются исключением и представлены, согласно современной классификации и диагностике, в своем большинстве урбаноземами, реплантоземи и культуроземами. В городе доминируют разнотравно-злаковые растительные ассоциации, содоминирующие – злаково-бобовые с ковылем и полынью.

Величина рН почв рассматривается в качестве одной из важнейших интегральных почвенных характеристик, если учесть, что в условиях урбанизации и техногенеза она претерпевает существенную трансформацию. В условиях Сибири, где не наблюдаются «кислотные дожди», как правило, рН почв смещается в щелочную сторону.

Выявлено, что показатели рН городских почв колеблются в сравнительно узких пределах: от 6,9 до 7,7 ед. Расчеты показали, что площадь почвенного покрова с нейтральными значениями рН небольшая и составляет 3,8%. Еще меньшее распространение в городе получили щелочные почвы (рН 7,5–7,7). Массивы со слабощелочными почвами (рН 7,2–7,5) преобладают и занимают 92,6% от общей площади города. Они приурочены в основном к селитебной зоне.

Учитывая специфику индустриального города, было уделено внимание содержанию в почве некоторых тяжелых металлов I и II класса опасности. Концентрацию химических элементов определяли на оптическом эмиссионном спектрометре с индукционной плазмой «Optima 2000DV».

Анализ данных показал, что в основном содержание элементов (за редким исключением) превышает ОДК в несколько раз. Так, концентрация Zn в

разных пробах превышает ОДК от 1,3 до 20 раз. Содержание Cr превосходит допустимые нормы от 1,3 до 4,5 (реже равно или меньше ОДК). Что касается Cu, то во всех микрорайонах города наблюдается незначительное превышение ОДК (в 1,3–1,4 раза), а в некоторых почвах ниже его нормативов. Содержание Ni относительно ОДК повышенное (от 2,9 до 5,6 раза). Большинство микрорайонов города имеют сходство по концентрации данного элемента в почвах. Содержание Pb во всех почвенных образцах следует считать высоким. Его количество превышает нормативы на территории города от 1,8 до 5,9 ОДК. Более напряженная картина просматривается с концентрацией Cd. Данный элемент во всех образцах значительно превышает нормативы и колеблется в широком диапазоне показателей (от 20 до 100 ОДК). Такой уровень содержания элемента приближается к опасному.

Структура загрязнения почв города тяжелыми металлами весьма хаотична. Однако один из микрорайонов (Енисейский), расположенный вдоль берега Енисея, можно охарактеризовать сравнительно низким уровнем загрязнения. Сходство с данным районом по уровню загрязнения имеет микрорайон в самом центре города (Центральный). Данный факт можно считать положительным моментом в краткой геохимической характеристике города.

В работе был применен экспресс-метод определения биологической активности почв (БАП) по Аристовской, Чугуновой [1]. Метод относится к биоиндикационным и является высокоинформативным. Его сущность заключается в определении скорости (в часах) изменения рН от выделяемого аммиака при разложении карбамида, как суммарный результат биохимической деятельности почвенной микробиоты и отчасти растительности. Чем меньше количество часов, регистрирующих скорость реакции, тем выше биологическая активность почв. Данный метод широко апробирован нами в исследованиях экологического состояния почв городов и сопредельных территорий Восточной Сибири [2].

Определение степени БАП позволило выделить три основные группы. Первая группа – от 3,5 до 4,5 часов (далее единиц) с очень высокой активностью; вторая – от 5,0 до 6,0 ед. – с высокой и третья группа почв со средней активностью (от 6,5 ед. и более). В итоге, БАП г. Саяногорска можно отнести к активной и среднеактивной. Такой уровень активности почв согласуется с щелочно-кислотными условиями среды и с оптимумом для протекания данного гидролитического процесса, связанного с превращением биогенного элемента азота. Характер пространственной изменчивости уровня активности почв, как и в случае со значениями рН, достаточно мозаичный.

В прогностическом аспекте важно отметить, что если процесс урбанизации усилится, то почва может терять азот при разложении азотосодержащих органических веществ. Такому явлению могут способствовать щелочно-кислотные условия и термический режим почв в условиях степей Минусинской котловины. Данный факт будет расцениваться как экологический регресс.

Известно, что наряду с природными токсическими продуктами в окружающую среду индустриальных районов поступают разные по составу и свойствам техногенные загрязнители. Трудности диагностики не позволяют четко дифференцировать эти вещества и определять степень их влияния на среду. В связи с проблемами их прямого определения в познании активаторно-ингибиторной функции почвы полезно использовать косвенные методы. Речь идет об оценке уровня фитотоксичности почв методом биотестирования.

Фитотоксичность почв определена по ингибированию прорастания семян высших растений. В качестве тест-объекта служили семена редьки [3]. Лабораторные анализы показали, что все исследуемые образцы почв разных функциональных зон города не ингибируют процесс прорастания семян больше, чем на 10–20%. Следовательно, почвы исследуемой городской среды не достигают порога токсичности и их можно считать не фитотоксичными.

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. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. М.: Изд-во стандартов, 2009. 20 с.

НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. Г. Пасынкова, Е. С. Соловьёва

Вятский государственный университет, pasynkova.vika@gmail.com

Деятельность железнодорожного транспорта оказывает воздействие на окружающую природную среду. Особенно масштабные негативные последствия имеют аварии железнодорожного транспорта. 5 февраля 2014 г. в Нововятском районе г. Кирова на 710 км Горьковской железной дороги вспыхнул и потерпел крушение железнодорожный состав, который перевозил в вагонах газоконденсат.

Целью работы стало определение рН солевой вытяжки, активности каталазы, содержания органического вещества и интегральной токсичности почвы, отобранной вблизи железной дороги в Нововятском районе г. Кирова.

Для исследования осенью 2016 г. были отобраны пробы почв с различных участков в зоне влияния железной дороги в Нововятском районе г. Кирова. Участки в Нововятске вблизи лесополосы: в 10 м от железной дороги (ж/д) (№ 1), в 20 м от ж/д (№ 2), в 40 м от ж/д (№ 3). Участки в д. Корчемкино: у ж/д переезда в 10 м от ж/д (№ 4), в 20 м от ж/д (№ 5), в 40 м от ж/д (№ 6).

Участки вблизи места аварии: в 10 м от ж/д (№ 8), в 20 м от ж/д (№ 9), в 40 м от ж/д (№ 10). Участки в 200 м от места аварии по направлению на за-

пад: в 10 м от ж/д (№ 11), в 20 м от ж/д (№ 12), в 40 м от ж/д (№ 13). Участки в 500 м от места аварии по направлению на восток: в 10 м от ж/д (№ 14), в 20 м от ж/д (№ 15); в 40 м от ж/д (№ 16).

В качестве фоновой была взята проба почвы в садоводческом обществе «Мариевское» Новоятского района (№ 7). Смешанные образцы почв были отобраны с глубины 0–10 см.

Определение рН солевой вытяжки проводилось потенциометрическим методом, определение ферментативной активности каталазы – газометрическим методом, определение содержания органического вещества – фотоэлектродиметрическим методом [1, 2] и определение токсичности проводилось по изменению интенсивности бактериальной биоллюминесценции тест-системы «Эколюм» на приборе «Биотокс-10» [3]. Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица

Показатели состояния исследуемых почв

	№ участка п/п	рН _{KCl}	Активность каталазы, см ³ О ₂ на 1 г почвы за 1 мин	Сорг, %
Лесополоса	1	6,1±0,2	1,9 (бедная)	1,28±0,26
	2	5,5±0,2	1,7 (бедная)	1,28±0,26
	3	6,4±0,2	1,0 (бедная)	0,50±0,10
Корчемкино	4	7,3±0,2	3,3 (среднеобогатченная)	3,13±0,47
	5	7,4±0,2	3,8 (среднеобогатченная)	1,83±0,37
	6	7,3±0,2	4,6 (среднеобогатченная)	2,38±0,48
Фон	7	7,2±0,2	0,9 (очень бедная)	1,15±0,23
Место аварии	8	7,4±0,2	1,1 (бедная)	0,40±0,08
	9	7,4±0,2	1,4 (бедная)	0,88±0,18
	10	7,4±0,2	2,0 (бедная)	1,18±0,24
200 м на запад от места аварии	11	7,3±0,2	1,8 (бедная)	2,08±0,42
	12	7,4±0,2	0,8 (очень бедная)	0,15±0,03
	13	7,3±0,2	1,3 (бедная)	0,50±0,10
500 м на восток от места аварии	14	7,1±0,2	2,9 (бедная)	0,83±0,17
	15	7,4±0,2	3,5 (среднеобогатченная)	2,60±0,52
	16	7,3±0,2	3,8 (среднеобогатченная)	0,90±0,18

По результатам исследований почва характеризуется нейтральной и слабощелочной реакцией. Исключение составляют почвы, отобранные с лесной территории, где почва характеризуется слабокислой реакцией.

Большинство исследованных образцов почв имеют низкую активность каталазы. Исключение составляют образцы почв, отобранные с территории у железнодорожного переезда в д. Корчемкино и с двух участков через 500 м от места аварии по направлению на восток. В этих пробах почва является среднеобогатченной. В фоновой пробе почва является очень бедной.

Наибольшее содержание органического вещества было получено в пробе № 4, что связано с богатой травянистой растительностью на данной территории. Самое низкое содержание органического вещества было отмечено в

точке № 12. На данном участке растительности практически нет, так как там пролегает дорога к гаражам и овощным ямам. В фоновой пробе содержание органического вещества невелико.

По результатам определения интегральной токсичности с использованием тест-системы «Эколюм» все почвы являются нетоксичными.

Закономерности между расстоянием участков отбора почвы от железной дороги и величиной определяемого показателя не выявлено.

Литература

1. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001.

2. Минеев В. Г. Агрохимия: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004.

3. Методика определения интегральной токсичности поверхностных, в том числе морских, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных экстрактов почв, отходов, осадков сточных вод по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм». ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04, Т 16.1:2:3:3.8-04.

ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ г. КИРОВО-ЧЕПЕЦКА ЗА ТРЕХЛЕТНИЙ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЯ

С. С. Кузнецова, Е. С. Соловьёва

Вятский государственный университет, SSKuz1993@mail.ru

Кирово-Чепецк является городом, в котором находится крупнейшее промышленное предприятие Кировской области Кирово-Чепецкий химический комбинат, который может оказывать негативное влияние на окружающие природные среды, в том числе на почву.

Почвенный покров выполняет функции биологического поглотителя, разрушителя и нейтрализатора различных загрязнений, а так же почве отведена важнейшая роль в жизни общества [1].

Целью работы является определение кислотности, ферментативной активности, содержания органического вещества и подвижного аммония в почвах г. Кирово-Чепецка и сравнение их значений с результатами, полученными в 2014 и 2015 гг. [2].

Пробы почвы в течение 3-х лет отбирались в следующих городских функциональных зонах, расположенных в различных районах города: на территории предприятий (участки № 11 – МЦ5, 12 – ЗМУ, 13 – ТЭЦ, 14 – СЭС, 15 – Автовокзал), вблизи автомобильных дорог (участки № 1 – перекресток России – Луначарского, 2 – проспект Мира, 3 – перекресток Ленина-Сосновая, 4 – въезд в город, 5 – улица Школьная) и во дворах (участки № 6 – Регистрационная палата, 7 – Южный «Летучий корабль», 8 – церковь Благодати, 9 – Центр занятости населения, 10 – Горсовет). В качестве фоновой территории был выбран парк (участок № 16) в районе восьмого микрорайона.

По сравнению с данными 2014 г. в 2015 г. во всех пробах почвы наблюдалось незначительное увеличение показателя рН, за исключением участка № 10 (табл. 1). В 2016 г. показатель рН уменьшился по сравнению с 2014 и 2015 гг. Максимальные показатели рН за три года были отмечены в пробах почв, отобранных вблизи предприятий, а минимальные – в почвах дворовых территорий, а также в фоновой почве.

Таблица 1

Показатели кислотности, содержание подвижного аммония и органического вещества в 2014, 2015 и 2016 гг.

№ участка	рН			Содержание подвижного NH_4^+ , мг/100г		Содержание орг. в-ва, %			
	2014	2015	2016	2015	2016	2014	2015	2016	
Дороги	1	9	9,2	8,9	3,20±0,15	3,30±0,15	2,00±0,20	2,10±0,20	2,30±0,20
	2	8,8	8,9	8,7	2,50±0,17	2,70±0,17	1,04±0,20	1,10±0,20	1,20±0,20
	3	8,8	9	8,5	2,70±0,14	2,80±0,14	3,24±0,15	3,12±0,15	3,02±0,15
	4	8,3	8,5	8,3	2,30±0,15	2,20±0,15	4,56±0,15	4,36±0,15	4,21±0,15
	5	8,2	8,3	7,9	2,50±0,18	2,70±0,18	3,76±0,15	3,52±0,15	3,64±0,15
Дворы	6	8,3	8,4	8	0,70±0,16	0,60±0,16	4,48±0,15	4,32±0,15	4,42±0,15
	7	8,4	8,6	8	0,50±0,20	0,70±0,20	1,36±0,20	1,14±0,2	1,10±0,2
	8	8,3	8,6	8,2	1,50±0,17	1,90±0,17	3,92±0,15	3,52±0,15	3,78±0,15
	9	8,5	8,5	8,3	1,20±0,12	1,10±0,12	3,40±0,15	3,46±0,15	3,60±0,15
	10	7,3	7,2	7,2	1,80±0,14	1,50±0,14	5,92±0,10	5,54±0,10	5,24±0,10
Предприятия	11	10	10,2	9,8	1,20±0,24	1,40±0,24	0,07±0,20	0,12±0,20	0,14±0,20
	12	8,4	8,5	8	1,70±0,15	2,10±0,15	5,32±0,10	5,28±0,10	5,08±0,10
	13	8,5	8,6	8,1	0,90±0,15	0,80±0,15	2,36±0,15	2,54±0,15	2,32±0,15
	14	8,7	8,8	8,4	1,10±0,18	1,50±0,18	2,12±0,15	2,04±0,15	2,14±0,15
	15	9,1	9,1	8,6	1,50±0,12	1,20±0,12	0,28±0,2	0,36±0,2	0,43±0,2
фон	16		7,1	6,9	1,30±0,12			5,50±0,15	5,10±0,15

В большинстве образцов почвы, отобранных в 2016 г., было отмечено увеличение содержания подвижного аммония по сравнению с образцами 2015 г. (табл. 1). Максимальный показатель содержания подвижного аммония, как в 2015, так и в 2016 гг., наблюдался в образцах почв, отобранных вблизи автодорог (№ 1). Минимальным содержанием обменного аммония характеризовались почвы селитебной зоны (№ 7).

По результатам исследования максимальное содержание органического вещества за три года было отмечено в почве участка № 10 дворовой территории. По сравнению с 2014 г. в 2015 и 2016 гг. на данном участке наблюдается незначительное уменьшение содержания органического вещества. В почвах, отобранных на территории вблизи предприятий, содержание органического вещества существенно не изменяется (табл. 1).

Наиболее высокие значения каталазной активности в течение трех лет были отмечены для почвы участка № 8, расположенного в селитебной зоне, а также для почвы фонового участка (табл. 2). По сравнению с данными 2014 г., в 2015 г. наблюдается незначительное уменьшение каталазной активности в образцах почвы большинства участков вблизи дорог. В 2016 г. показатели активности каталазы в почве большинства участков незначительно увеличиваются, но превышение показателей 2014 г. было отмечено только на участках № 1, 5, 13, 14 и 16. В целом исследованные за три года образцы почв характеризовались низкой каталазной активностью.

Таблица 2

Определение активности каталазы и уреазы в 2014, 2015 и 2016 гг.

№ участка		Активность каталазы, мл O ₂ /г мин			Уреазы, мкг N-NH ₄	
		2014 г	2015 г	2016 г	2015 г	2016 г
Дороги	1	1,60±0,14	1,50±0,14	1,80±0,14	6,02±0,15	6,28±0,15
	2	1,10±0,15	1,20±0,15	1,00±0,15	7,20±0,20	7,50±0,20
	3	0,30±0,14	0,20±0,14	0,40±0,14	7,04±0,12	7,22±0,12
	4	1,70±0,14	1,60±0,14	1,30±0,14	6,12±0,20	6,07±0,20
	5	1,40±0,13	1,20±0,13	1,40±0,13	6,32±0,15	6,50±0,15
Дворы	6	0,90±0,12	0,70±0,12	0,80±0,12	8,25±0,30	8,05±0,30
	7	0,90±0,14	0,60±0,14	0,60±0,14	9,15±0,12	9,30±0,12
	8	2,10±0,17	2,20±0,17	1,90±0,17	9,40±0,15	9,70±0,15
	9	1,40±0,14	1,70±0,14	1,50±0,14	8,56±0,20	8,40±0,20
	10	0,70±0,12	0,90±0,12	1,00±0,12	9,45±0,15	9,02±0,15
Предприятия	11	0,00	0,00	0,00	3,17±0,21	3,42±0,21
	12	1,00±0,1	1,00±0,1	0,80±0,1	3,47±0,14	3,90±0,14
	13	0,90±0,12	0,70±0,12	1,10±0,12	3,07±0,20	2,84±0,20
	14	1,00±0,11	1,00±0,11	1,10±0,11	4,12±0,17	4,60±0,17
	15	0,90±0,13	1,1±0,13	0,70±0,13	4,15±0,12	3,97±0,12
Фон	16		2,0±0,12	2,10±0,12	11,01±0,20	10,86±0,20

Показатель активности уреазы в образцах почвы за исследуемый период в целом оставался стабильным (табл. 2). Наибольший показатель активности уреазы как в 2015, так и в 2016 годы наблюдался в образцах почв, отобранных во дворах. Максимальное значение было отмечено для фонового образца. Наименьшей уреазной активностью характеризовались образцы почв, отобранных вблизи предприятий.

Таким образом, наблюдение за состоянием почв в течение 3-х лет показало, что почвы г. Кирово-Чепецка в целом характеризуются низкой ферментативной активностью и нейтральной или слабощелочной реакцией почвенного раствора. Содержание органического вещества зависит от места отбора почвенных образцов. Наиболее высокие значения были отмечены в почвах селитебной зоны (до 5,92%). Полученные значения являются характерными для большинства городских почв. Различия в показаниях за три года в почвенных образцах большинства участков незначительны.

Литература

1. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
2. Практикум по агрохимии: Учебное пособие-2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Академика РАСХН В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ пгт. ШАЙГИНО НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ТРЕХЛЕТНИЙ ПЕРИОД

М. А. Хлыбова, Е. С. Соловьёва

Вятский государственный университет, masha.hlybova@yandex.ru

Почва представляет собой наиболее объективный и стабильный индикатор техногенного загрязнения экосистемы [1]. В настоящее время наиболее актуально изучение состояния окружающей среды крупных городов, в то время как экологическое состояние небольших городов и поселков часто остается без должного внимания [2].

Целью работы было оценить изменение некоторых показателей состояния почв пгт. Шайгино Нижегородской области за трехлетний период 2014–2016 гг.

Поселок Шайгино располагается в западной части Тоншаевского района Нижегородской области. Население поселка составляет около 900 человек.

Образцы почвы отбирали на глубину около 10 см на следующих территориях: прилегающие к железной дороге; жилые дворы; вдоль автомобильные дороги поселка. Было отобрано 16 проб: по 5 почвенных образцов на каждой территории и фоновый образец. В качестве фоновой была использована почва, отобранная на территории д. Лопатино, расположенной в километре от поселка.

Органическое вещество почвы определяли фотометрически по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, кислотность – потенциометрическим методом в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26483), активность каталазы – газометрическим методом, активность уреазы и содержание обменного аммония фотометрическим методом [3, 4]. Была проведена оценка токсичности почвенных образцов с использованием тест-системы «Эколюм».

Значения ферментативной активности исследованных образцов почвы по каталазе возросли в 2015 г. по сравнению с 2014 г. (табл. 1). Особенно заметно увеличение каталазной активности в 2015 году почв дворовых территорий. В пробах 2016 г., в основном наблюдается уменьшение показателя ферментативной активности по сравнению с 2015 г. Исключения составили образцы почвы под номерами 7, 14, 15, 16, каталазная активность которых возросла по сравнению с 2015 г.

Значения активности уреазы в пробах 2016 г., по сравнению с 2015 г., в целом изменились незначительно (табл. 1). Исключение составляет проба № 8, взятая у дороги, значение активности уреазы которой увеличилось почти в 2 раза по сравнению с 2015 г. Наименьшее значение активности уреазы

наблюдается в пробах № 3 и № 6 (2015 г.), отобранных у железной дороги и на обочины автодороги соответственно. Как в 2015 г., так и в 2016 г. наибольшая уреазная активность характерна для пробы № 13 (дворовая территория).

Изменения ферментативной активности почвы в указанный период свидетельствуют о высокой чувствительности почвенной микробиоты к разнообразным экологическим факторам, таким как уровень атмосферного загрязнения, количество осадков.

Таблица 1

Результаты оценки активности каталазы и уреазы за 2014–2016 гг.

Место отбора	№ пробы	Активность каталазы см ³ O ₂ на 1 г почвы за 1 мин			Активность уреазы мг N-NH ₄ на 100 г почвы	
		2014	2015	2016	2015	2016
ЖД	1	2,8	3,1	2,0	14,0±1,2	12,0±1,4
	2	1,6	3,3	3,3	15,4±1,0	16,3±1,5
	3	3,2	5,0	1,6	7,0±0,6	10,0±1,0
	4	0,9	2,6	2,2	14,0±2,4	12,6±1,1
	5	1,0	5,3	1,5	7,7±1,0	7,7±0,8
Дорога	6	1,0	1,9	1,2	7,0±0,9	8,3±1,0
	7	1,2	3,7	4,2	7,7±0,8	6,3±0,5
	8	3,6	3,9	1,2	15,4±1,6	8,2±0,8
	9	0,8	2,9	0,6	11,2±2,8	10,4±1,6
	10	1,6	1,1	1,0	15,4±3,6	12,5±1,2
Дворы	11	4,3	9,0	5,2	14,7±2,7	15,3±1,4
	12	4,5	4,2	3,6	10,5±1,3	12,6±0,8
	13	3,5	8,8	3,6	17,5±2,2	16,6±2,1
	14	3,8	6,6	6,8	11,9±2,4	10,2±1,0
	15	2,6	2,0	4,6	14,7±1,0	15,5±1,6
Фон	16	-	3,1	4,6	14,0±2,1	13,2±1,6

Значения рН, полученные в ходе анализа образцов 2015 г. характеризуют слабокислую и нейтральную реакцию почвы, тогда как по результатам 2014 г. наблюдались щелочные значения (табл. 2). Это может быть связано с более дождливым летом 2015 г. Значение рН фонового образца почвы является характерным для дерново-подзолистых почв (рН=4,9) данной местности. Значения рН образцов почв, отобранных в 2016 г. близки к результатам, полученным в 2014 г., и соответствуют слабощелочной и нейтральной реакции почвенного раствора. Наименьшее значение рН в образцах 2016 г. отмечено для фонового образца, наибольшее значение в пробе № 5 (8, 4), взятой на территории железной дороги.

Значения содержания обменного аммония в 2016 г. изменились по сравнению с 2015 г. (табл. 2). Наибольшее значение содержания обменного аммония в 2015 г. наблюдалось в пробе № 5 и превышало значение фона более чем в 2 раза. Наименьшее содержание обменного аммония было зафиксировано в пробе № 10. В пробах 2016 г., наибольшее значение было отмечено в пробе № 14, наименьшее в пробе № 13.

В период с 2014–2016 гг. в целом наблюдалось уменьшение содержания органического вещества в пробах исследованных почв. Исключение составила проба почвы № 7, взятая у автодороги, содержание органического вещества в которой возросло по сравнению с 2015 г. и явилось максимальным по сравнению с другими пробами 2016 г. Это может быть связано с попаданием в почву веществ органической природы в результате деятельности транспорта.

Таблица 2

Содержание обменного аммония в почве и рН почвенных образцов за период 2014–2016 гг.

Место отбора	№ пробы	рН _{KCl}			Содержание обменного аммония мг NH ₄ ⁺ на 100 г почвы	
		2014	2015	2016	2015	2016
ЖД	1	8,7	7,6	7,0	14,4±1,5	14,4±1,2
	2	8,4	6,4	7,5	23,4±2,1	30,6±2,4
	3	7,7	6,1	7,9	21,6±1,9	41,4±2,8
	4	6,9	5,4	8,2	34,2±2,3	28,8±0,8
	5	8,6	6,4	8,4	45,0±3,6	10,8±1,4
Дорога	6	8,5	6,6	6,8	18,0±1,2	7,2±0,8
	7	8,7	6,8	6,7	16,2±1,8	30,6±2,3
	8	8,4	6,9	6,8	14,4±0,8	5,4±0,6
	9	9,4	6,7	6,8	14,4±1,6	1,8±0,4
	10	8,5	6,8	6,7	12,6±1,5	25,2±1,5
Дворы	11	7,9	6,6	6,5	16,2±2,1	19,8±1,4
	12	7,9	6,4	7,2	18,0±1,4	5,4±0,6
	13	7,7	6,4	6,7	19,8±2,3	3,6±0,2
	14	7,0	6,7	7,2	16,2±2,1	57,6±3,6
	15	6,9	5,8	7,5	21,6±1,3	14,4±0,8
Фон	16	-	4,9	6,2	19,8±0,8	46,8±3,2

При анализе почвенных образцов 2016 г. на токсичность с помощью тест-системы «Эколюм» установлено, что пробы не являются токсичными.

Установлено, что состояние почв в течение трех лет изменилось, что может быть следствием как антропогенной деятельности, так и естественных факторов.

Литература

1. Мотузова, Г. В. Экологический мониторинг почв: учебник / Г. В. Мотузова, О. С. Безуглова. М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. 237 с.
2. Муравьев А. Г., Каррыев Б. Б., Лянцзберг А. Р. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство / Под ред. А. Г. Муравьева. Изд. 2-е, перераб. и дополн. СПб.: Кримас⁺, 2008. 216 с.
3. Курбатова А. С. Экологические функции городских почв. Смоленск: Маджента, 2004. 232 с.
4. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИК-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ И ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ УРОВНЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Э. Р. Зайнулгабидинов, Ю. А. Игнатъев, А. М. Петров

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, comr05@mail.ru

Ни один другой загрязнитель, как бы опасен он не был, не может сравниться с нефтью по широте распространения, по количеству источников загрязнения, величине единовременных нагрузок на все компоненты природной среды во время различных аварийных ситуаций. Учитывая эту особенность, уже давно всеми признана необходимость проведения регулярного контроля содержания нефти и продуктов ее переработки в объектах окружающей среды (ОС).

Для этих целей разработаны различные инструментальные методы, которые можно разделить на 2 группы – интегральные и дифференциальные. Они основаны на различных физико-химических принципах. Наибольшее распространение получили спектроскопические или интегральные (ИК-, УФ-спектроскопические, люминесцентные) и хроматографический или дифференциальный методы.

В рамках экологического мониторинга осуществляется регулярный контроль содержания нефти и продуктов ее переработки в различных объектах окружающей среды. Однако следует отметить, что регламентирующие показатели в полной мере разработаны не для всех компонентов ОС. Так, сложность разработки нормативов содержания нефтепродуктов (НП) для почв связана, в первую очередь, с многообразием почвенного покрова.

Нефть представляет собой сложную смесь органических веществ различных классов и по химическому составу подразделяется на несколько типов [1]. При длительном нахождении нефтяных углеводородов (УВ) в почве в результате физико-химических и микробиологических процессов происходит трансформация поллютанта с образованием новых соединений, что ведет к изменению его первоначального структурно-группового состава.

Несмотря на разнообразие существующих методов определения содержания НП, вопрос их достоверной количественной оценки остается открытым. Так, при ИК-спектроскопическом измерении количественную информацию получают на основании интенсивности поглощения валентных колебаний CH_2 - и CH_3 - групп [2, 3] в области $2700\text{--}3100\text{ см}^{-1}$, что позволяет оценить содержание УВ, которые имеют в своем составе эти группы. Кроме того, при калибровке прибора по государственному стандартному образцу (ГСО) не учитывается структурно-групповой состав реальной или трансформированной нефти. С другой стороны, хроматографический метод (ГХ) позволяет определить индивидуальный состав загрязняющих веществ. Полученные на его основе данные отражают содержание углеводородов различных классов [4].

Решение вопросов, направленных на идентификацию и мониторинг НП в ОС, должно базироваться на результатах исследования поведения компонентов нефти в процессе физико-химической и микробиологической трансформации и деградации, скорость которой зависит от типа почвы [5, 6].

Целью настоящей работы является сравнительный анализ данных по содержанию нефтяных УВ, полученных нами с использованием ИК-спектрометрического и газохроматографического методов в зависимости от почвенных характеристик и условий увлажнения серых лесных почв.

В качестве объектов исследования в работе были использованы 5 образцов почв: темно-серая лесная (ТСЛ), серая лесная (СЛ), светло-серая лесная (ССЛ). Характеристики рассматриваемых почв представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические характеристики исследуемых почв

Тип почвы	Гумус, %	Гранулометрический состав (ГМС), мм						
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
ССЛ ₁	2,8	45,7	24,7	8,6	3,4	4,7	12,9	21,0
ССЛ ₂	6,3	5,3	23,8	27,8	17,0	13,5	12,7	43,2
СЛ ₁	2,7	1,0	11,0	53,4	8,5	10,5	15,5	34,6
ТСЛ ₁	4,1	0,9	14,7	46,2	11,2	10,3	16,7	38,3
ТСЛ ₂	7,9	1,2	16,8	47,9	7,7	10,7	15,8	34,1

В качестве загрязнителя использовали нефть Ямашинского месторождения РТ парафинистого типа.

Рассматривались два варианта экспериментов, которые в момент загрязнения отличались по содержанию влаги. Если в первом варианте («сухой») использовали почвы в воздушно-сухом состоянии, то во втором («влажный») – влажность почвенных образцов доводили до 60% от полной влагоемкости (ПВ) и поддерживали ее в течение всего времени инкубации. Во время проведения эксперимента проводилось периодическое рыхление почвенных образцов. Температура окружающей среды составляла 20–24 °С. Длительность инкубации нефтезагрязненных почв – 6 месяцев.

Почвы рассматриваемых вариантов смешивали с нефтью в соотношении 15 г нефти на 85 г почвы. Определение степени нефтяного загрязнения проводили после рассматриваемого срока инкубирования.

Растворы для проведения анализа получали в соответствии с [7]. Компоненты нефти экстрагировали из почвенных образцов четыреххлористым углеродом. Полученный экстракт пропускали через колонку, заполненную оксидом алюминия, и полученный раствор анализировали ИК и ГХ методами [7, 8].

Содержание НП определяли на концентратомере «КН-2М». Определение суммарного содержания УВ нефти проводили на газожидкостном хрома-

тографе «Хроматэк Кристалл-5000» с пламенно-ионизационным детектором на капиллярной колонке длиной 30 м и внутренним диаметром 0,255 мм.

Расчет хроматограмм осуществляли при помощи программы Хроматэк Аналитик 2,6. В качестве отклика для расчетов использовали площадь пиков. Общее содержание органических соединений определяли по сумме площадей всех пиков.

В таблице 2 представлены данные по общему содержанию УВ нефти в рассматриваемых образцах почв, полученные используемыми методами.

Таблица 2

Содержание УВ, полученных ИК и ГХ методами в ряду СЛ почв с различными условиями увлажнения

Типы почв	«Сухой» вариант			«Влажный» вариант		
	ССЛ ₁	СЛ ₁	ТСЛ ₁	ССЛ ₂	СЛ ₁	ТСЛ ₂
ИК показатели, мг/кг	39,0	39,2	30,0	21,3	21,3	32,3
ГХ показатели, у.е.	368,9	314,3	211,3	1987,9	2283,4	3038,9

Следует отметить, что общее количество извлекаемых УВ нефти зависело не только от почвенных характеристик и используемого метода инструментального анализа, но и от условий увлажнения рассматриваемых почв. Так, по данным ИК, концентрация НП в вариантах с воздушно-сухой почвой выше, чем в опытных образцах, где условия влажности поддерживались на уровне 60% от ПВ – порядка 30–39,2 мг/кг и 21,3–32,3 мг/кг соответственно. При использовании ГХ метода выявлена противоположная зависимость. Если в варианте с «сухими» почвенными образцами содержание УВ колебалось в пределах от 211,3 до 368 усл. ед., то для «влажных» образцов аналогичные показатели были выше практически на порядок – от 1987,9 до 3038,9 (табл. 2).

Между данными, полученными с использованием ИК и ГХ методов, выявляется сходная тенденция в изменении содержания НП в ряду серых лесных почв – либо снижение, либо повышение, в зависимости от содержания влаги. Между полученными ИК и ГХ данными выявлена высокая корреляционная зависимость – коэффициент корреляции составил более 0,9 как для «сухого», так и для «влажного» вариантов эксперимента.

Анализ рассматриваемых показателей выявил тесную связь с уровнем содержания гумуса и самой мелкой почвенной фракцией (<0,001 мм). Однако следует отметить, что при минимальном содержании почвенной влаги коэффициенты корреляции были отрицательными (от –0,6 до –1,0), а в варианте с «влажными» почвами регистрируется значимая положительная зависимость только от илистой фракции – 0,7 и 0,9 для ИК и ГХ данных соответственно (табл. 1, 2).

Таким образом, скорость трансформации и деградации нефтяных УВ в различных подтипах почв зависит не только от рассматриваемых почвенных характеристик, но и от влажности почв. От уровня содержания влаги в почве зависят особенности деградации и трансформации нефти в рассматриваемых почвенных образцах, что может привести к различным структурно-группо-

вым изменениям изначального состава загрязнителя. Вероятно, этим можно объяснить отмеченное расхождение данных, полученных ИК и ГХ методами при анализе рассматриваемых вариантов.

Литература

1. Петров А. А. Углеводороды нефти. М.: Наука, 1984. 264 с.
2. Беккер Ю. Спектроскопия. М.: Техносфера, 2009. 528 с.
3. Тарасевич Б. Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. М.: МГУ, 2012. 54 с.
4. Другов Ю. С., Родин А. А. Мониторинг органических загрязнений природной среды. 500 методик. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. 893 с.
5. Игнатъев Ю. А., Зайнулгабидинов Э. Р., Петров А. М. Изменение углеводородного состава нефтезагрязненной дерново-подзолистой почвы в стандартизированных условиях инкубации // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 15. С. 256–260.
6. Зайнулгабидинов Э. Р., Игнатъев Ю. А., Петров А. М., Хабибуллин Р. Э. Влияние длительной инкубации на состав нормальных углеводородов при разных уровнях начального содержания нефти в почве // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 10. С. 56–60.
7. ПНД Ф. 16.1:2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии. М., 1998. 11 с.
8. ПНД Ф 16.1.38-02. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почвы методом капиллярной газо-жидкостной хроматографии. М., 2002. 15 с.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПОВЕДЕНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ В ПОЧВАХ НА ПРИМЕРЕ БИХРОМАТ-ИОНА

В. Г. Петров, М. А. Шумилова, Н. В. Новикова
Институт механики УрО РАН, petrov@udman.ru

Для изучения особенностей поведения загрязняющих веществ (ЗВ) в почвах нами были разработаны новые методы, которые позволяют проводить исследования в лабораторных и полевых условиях [1, 2].

Исследование свойств ЗВ в почвах в лабораторных условиях: Для изучения подвижности ЗВ в почвах нами был создан лабораторный стенд. Стенд представляет собой конструкцию из нескольких колонок и дозирующего устройства. В колонки помещается образец почвы и проводится его загрязнение, далее из дозирующего устройства через загрязненный образец пропускается дистиллированная вода. В нижней части колонки устанавливается фильтрующее устройство и отбираются фракции воды, прошедшей через загрязненный образец. Стенд моделирует воздействие атмосферных осадков в виде дождя на верхнюю загрязненную часть почвы. Фиксируется скорость прохождения, а также объем пропущенной воды через загрязненный образец. В отобранных фракциях определяют содержание ЗВ. Количество вносимого ЗВ было кратным значениям ПДК данного элемента в почве. По полученным

данным рассчитывали степень выделения поллютанта из почвы, кинетические параметры процесса и период полувыведения с учетом интенсивности воздействия атмосферных осадков в регионе.

Исследование поведения ЗВ в почвах в полевых условиях: Для исследования особенностей поведения тяжелых металлов (ТМ) в почве были разработаны специальные устройства, устанавливаемые в специальные углубления в грунте. С их применением проводятся определения степени выделения ЗВ из загрязненной почвы в природных условиях, когда в летне-осенний период на почву воздействуют атмосферные осадки, а в весенне-зимний период – талые воды.

Разработанные методы были опробованы нами для исследования поведения в региональных почвах загрязнения Cr(VI) в форме бихромата калия. Соединения хрома могут попадать в окружающую среду вследствие техногенного воздействия различных производств. Наиболее часто соединения хрома используются в металлургии в качестве легирующих добавок в стали, в металлообработке – для гальванических покрытий, в приборостроительной отрасли соединения хрома входят в состав травильных растворов [3]. Наиболее опасными являются отходы, содержащие шестивалентный хром. Согласно [4] ПДК Cr(VI) – 0,05 мг/кг сухого вещества, что значительно ниже ПДК для соединений Cr(III). Поэтому представляет интерес изучение подвижности соединений шестивалентного хрома в почве с точки зрения организации мониторинга промышленных загрязнений и разработки мер по обезвреживанию поллютантов и загрязненных территорий. Следует также отметить, что шестивалентный хром находится в форме хроматов и бихроматов, поэтому при загрязнении почвы происходят анионообменные процессы в почвенном поглощающем комплексе (ППК), которые отличаются от механизма сорбции ППК почв катионов тяжелых металлов, таких как цинк (II), никель (II), медь (II), кадмий (II) и др. [5]. В данной работе проведен расчет параметров подвижности $K_2Cr_2O_7$ для различных типов почв, характерных для Удмуртской Республики, при моделировании воздействия атмосферных осадков в виде дождя на загрязненный слой почвы в лабораторных условиях и проведено исследование подвижности ЗВ в почвах в полевых условиях.

Исследование подвижности в почве бихромат-иона квалификации «осч» осуществляли на лабораторном стенде. Расчет параметров подвижности в поверхностном слое проводили для типичных региональных почв. Загрязнение почв бихроматом калия проводили в количестве 5 мг Cr(VI)/кг сухого вещества, что соответствовало 100 ПДК [4]. Такое загрязнение почвы возможно при крупном техногенном инциденте, оно позволяет провести сравнение с подвижностью в почвах других ТМ, имеющих более высокие значения ПДК. Определение содержания хрома в растворе, прошедшем через загрязненный образец, проводили методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе «Shimadzu-AA7000». Скорость фильтрации раствора через почвенный образец составляла $2,5-2,8 \cdot 10^{-2}$ мл/с.

Для расчета параметров подвижности ЗВ в поверхностном почвенном слое на экспериментальном стенде использовали модифицированное уравнение кинетики для гетерогенных процессов [6]. Было установлено, что порядок выделения бихромата калия из загрязненного почвенного слоя близок к первому. В таблице 1 приведены рассчитанные значения наблюдаемых констант скорости выделения ЗВ из этих почв и из образцов песка. Определение периода полувыведения для первого порядка определяется по формуле [7]:

$$T_{г,0,5} = \frac{0,693}{K_n S \sum_{i=0}^m \frac{H_{г,i}}{\omega_i}},$$

где $T_{г, 0,5}$ – период полувыведения ЗВ из слоя почвы, в годах; K_n – наблюдаемая константа скорости выделения ЗВ из почвенного слоя, S – площадь почвенного покрова, на которое было оказано техногенное воздействие; $H_{г,i}$ – годовая высота отдельного вида атмосферных осадков в виде дождя (слабый дождь, дождь, сильный дождь), в мм; ω_i – скорость фильтрации воды через загрязненную почву, мл/с, m – количество видов осадков в виде дождя.

Общее количество осадков для Удмуртии составляет до 600 мм в год [8]. Приняв среднюю скорость фильтрации осадков, близкой к используемой в эксперименте, получим $T_{г, 0,5}$ в годах. Рассчитанные значения $T_{г, 0,5}$ для различных типов почвы приведены в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что Cr(VI) лучше всего удерживается в дерново-сильнопodzолистой почве и менее всего – в дерново-сильнопodzолистой слабосмытой почве и в речном песке.

Таблица 1

**Значения наблюдаемых констант скорости выделения Cr(VI)
из загрязненного почвенного слоя и периода полувыведения
из различных почв и образцов песка**

Тип почвы	Загрязнение, ПДК	K_n, c^{-1}	$T_{г, 0,5}, лет$
Дерново-сильнопodzолистая	100	$8,008 \cdot 10^{-7}$	6,06
Дерново-сильнопodzолистая слабосмытая	100	$4,815 \cdot 10^{-6}$	1,01
Дерново-карбонатная выщелоченная слабосмытая	100	$2,457 \cdot 10^{-6}$	1,97
Серая лесная опodzоленная	100	$3,533 \cdot 10^{-6}$	1,37
Речной песок	10	$5,382 \cdot 10^{-6}$	0,90
Речной песок	100	$5,445 \cdot 10^{-6}$	0,89

Было проведено сравнение данных полевых испытаний по выделению Cr(VI) из различных типов почв под действием атмосферных осадков с использованием специальных устройств и расчетных данных в соответствии с рассчитанными константами скорости выделения ЗВ (табл. 2). Устройства с загрязненной почвой были установлены в условия воздействия природных факторов в летне-осенний период 2015 г. Сравнение экспериментальных данных полевых испытаний и расчетных данных с использованием константы выделения вещества показало, по нашему мнению, удовлетворительное со-

гласование между собой. Для дерново-подзолистой почвы установлены минимальные значения выведения ЗВ, для дерново-подзолистой слабосмытой почвы – максимальные. Оба метода могут быть использованы при оценке поведения ЗВ в почве.

При сравнении параметров подвижности $K_2Cr_2O_7$ в загрязненном почвенном слое с параметрами подвижности других ЗВ [7, 9] можно видеть, что подвижность в почве иона хрома в форме бихромата значительно выше подвижности соединений двух- и трехвалентных металлов и близка к подвижности арсенита натрия [10]. Данный факт можно объяснить тем, что сорбция ППК как бихромат-, так и арсенит-ионов происходит по анионообменному механизму, в то время как двух- и трехвалентных металлов по катионообменному.

Таблица 2

Степень выделения α - Cr(VI) из некоторых типов почв

Тип почвы	Экспериментальные данные	Расчетные данные
Дерново-сильноподзолистая	$5,739 \cdot 10^{-3}$	$1,336 \cdot 10^{-2}$
Дерново-сильноподзолистая слабосмытая	$3,170 \cdot 10^{-1}$	$1,033 \cdot 10^{-1}$
Дерново-карбонатная выщелоченная слабосмытая	$2,632 \cdot 10^{-2}$	$7,172 \cdot 10^{-2}$
Серая лесная оподзоленная	$3,653 \cdot 10^{-2}$	$6,321 \cdot 10^{-2}$

В результате проведенных исследований были определены параметры подвижности в поверхностном слое почвы шестивалентного хрома в форме бихромата калия в качестве поллютанта при моделировании воздействия атмосферных осадков в виде дождя. Установлено, что подвижность бихромат-иона существенно выше подвижности соединений двух- и трехвалентных металлов как загрязняющих веществ. Ион Cr(VI) стремится к делокализации в почвенном поверхностном слое, что необходимо учитывать при организации мониторинга промышленного загрязнения таким ЗВ. При осуществлении производственной деятельности следует исключить попадание солей шестивалентного хрома в окружающую среду. Сравнение данных метода исследования подвижности с данными полевых исследований с применением специальных устройств показало, что методы удовлетворительно согласуются друг с другом.

Литература

1. Петров В. Г., Шумилова М. А. Способ исследования особенностей поведения загрязняющих веществ в почвах. Патент РФ на изобретение № 2590554 от 19.12.14.
2. Петров В. Г., Шумилова М. А. Способ испытания загрязненных почв и грунтов. Заявка на получение патента РФ на изобретение № 2016113044/(020466) от 03.04.2016.
3. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. М.: «Глобус», 1998. 302 с.
4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://yav.org.ru/laws/nature/pdk/soil.htm> свободный.

5. Орлов Д. С., Малинина М. С., Мотузова Г. В. и др. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник. М.: Агропромиздат, 1991. 303 с.

6. 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.

7. Петров В. Г., Шумилова М. А., Харалдина Е. А., Сергеев А. А. Определение параметров подвижности в почве для оксидов некоторых тяжелых металлов // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т. 14. № 3. С. 430–435.

8. Петров В. Г., Шумилова М. А., Янников И. М., Набокова О. С., Костылева И. И. Связь между содержанием мышьяка в почве и количеством осадков для объекта по уничтожению химического оружия в г. Камбарке // Вестник Удмуртского университета. серия: Физика и химия. 2014. Вып. 1. С. 24–31.

9. Петров В. Г., Шумилова М. А., Санникова А. И. Моделирование поведения загрязнения радиоактивным Со-60 в почве // Вестник Удмуртского университета, серия: Физика и химия. 2014. Вып. 1. С. 18–23.

10. Шумилова М. А., Петров В. Г., Набокова О. С. Кинетика выделения арсенита натрия из загрязненной почвы // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т. 14. № 4. С. 626–632.

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОЦЕНКИ ОБСТАНОВКИ НА РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ЗЕМЛЯХ

*Г. В. Седукова¹, С. А. Исаченко¹, О. М. Жукова²,
Ж. В. Бакарикова², А. О. Грубич³*

¹ РНИУП «Институт радиологии» г. Гомель Республика Беларусь,

² ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»,

³ ЗАО «ТИМЕТ»,

g.sedukova@gmail.com, zom@rad.org.by, timet@inbox.ru

В настоящее время в Республике Беларусь 245 тыс. га имеют статус радиационно-опасных и выведены из сельскохозяйственного оборота после катастрофы на Чернобыльской АЭС. На территории Гомельской области находится 201,1 тыс. га, Могилевской – 43,5 тыс. га [1]. За постчернобыльский период оценка радиационной обстановки на землях данной категории не проводилась. Однако, для принятия решения о возможности возвращения земель в хозяйственный оборот, выработки стратегии дальнейшего содержания и использования, сведения о радиоактивном загрязнении являются ключевыми.

В Республике Беларусь отсутствует методика обследования бывших сельскохозяйственных земель, выведенных из оборота по причине радиоактивного загрязнения, что обусловило необходимость выработки данной методологии. Специфической особенностью земель, выведенных из оборота, является широкая вариация форм их контуров, размеров площадей, а также, неравномерная пространственная распределенность по территории двух областей. Так, форма контура может быть, как близкой к правильной (прямоугольная, треугольная, овальная и пр.), так и извилистая (с изгибами вдоль берега водного объекта) (рис. 1).



Рис. 1. Примеры форм контуров земельных массивов, выведенных из оборота

Размеры земельных массивов, сформированных за счет объединения земельных участков, идентичных по культуртехническому состоянию, изменяются в пределах 0,1–1248 га. На основании оценки культуртехнического состояния участка определяется его потенциальная пригодность для использования в хозяйственном обороте. Количество отбираемых проб с выведенного из оборота участка земель, загрязненных радионуклидами, устанавливается на основании потенциальной пригодности и размера. Для выполнения корректной оценки радиационной обстановки на землях, выведенных из оборота после катастрофы на Чернобыльской АЭС, при формировании сети пунктов отбора предполагается на участках с площади менее 1 га отбирать 1 смешанную пробу, представляющую собой однородную, гомогенизированную партию, состоящую из 5 точечных проб почвы (табл.). Точечная проба формируется при одном уколе бура диаметром 40 мм на глубину 20 см.

Таблица

Количество отбираемых проб с выведенного из оборота участка земель, загрязненных радионуклидами, шт

Вид пробы	Площадь участка					
	менее 1 га	1,1–10 га	10,1–50 га	50,1–100 га	100,1–500 га	более 500 га
Потенциально пригодные участки						
Точечные	5	5	10	20	30	50
Смешанные	1	1	5	10	15	25
Объединенные	1	1	1	2	3	5
Потенциально не пригодные участки						
Точечные	5	5	5	10	20	30
Смешанные	1	1	5	10	10	15
Объединенные	1	1	1	1	2	3

Определение удельной активности и поверхностного загрязнения местности ^{137}Cs определяется *in situ* (лат. на месте) или в лабораторных условиях спектрометрическим методом.

Формирование объединенных почвенных образцов для определения удельной активности ^{90}Sr предполагается при площади участка более 10 га. Объединенный почвенный образец формируется из 5 смешанных проб. При площади участка до 10 га определение удельной активности ^{90}Sr осуществляется в сформированных смешанных пробах. Определение удельной активности ^{90}Sr выполняется радиохимическим методом.

При условии недоступности участков размером более 1 га (сильной заболоченности, островной участок, под водой и т.п.) отбор проб осуществляется в ближайших к участку доступных местах (не менее двух). На участках, имеющих площадь 1 га и менее, расположенных в понижениях рельефа или характеризующихся как «вымочки» или «неудобицы», отбор проб и определение удельной активности радионуклидов в почве не проводятся.

На основании вышеизложенной методологии, разработана «Инструкция по обследованию земель, выведенных из оборота после катастрофы на Чернобыльской АЭС, и отбору проб почвы на участке» (далее Инструкция). При разработке Инструкции также использованы методические подходы к проведению радиоэкологического обследования радиационно-загрязненных территорий [2–6].

Согласно Инструкции, обследование делится на 2 этапа: подготовительный и основной. На подготовительном этапе участок, выведенный из оборота, делится на страты (часть обследуемого участка, на которой отбирается одна смешанная проба):

1) Рассчитывается площадь поверхности идеального суб-участка для отбора одной смешанной пробы (м^2)

$$q = 10000 \cdot Q/n \quad (1)$$

где Q – площадь участка (га) согласно базе данных по землям, выведенным из оборота после катастрофы на Чернобыльской АЭС; n – количество смешанных проб, отбираемых на данном участке.

2) Рассчитывается длина стороны блока квадратной формы с площадью, равной q , (м)

$$r = \sqrt{q} \quad (2)$$

Численное значение длины r округляется до целого значения (две значащих цифры для $r \leq 100$ м и одна значащая цифра для $r > 100$ м).

3) На план участка наносится квадратная решетка с блоками площадью $q = r \cdot r$ (рис. 2).

4) Поверхность квадратного блока решетки, совпадающая с поверхностью участка, назначается стратой данного участка (рис. 3).

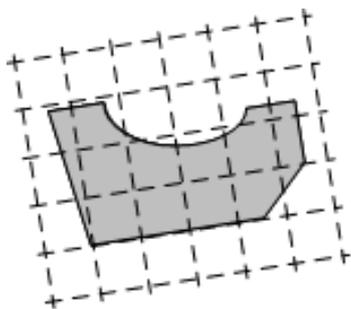


Рис. 2. План участка с площадью $Q = 483$ га с нанесенной квадратной решеткой. Длина стороны блока решетки равна $r = 700$ м.

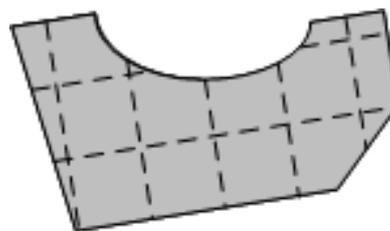


Рис. 3. Страты, образованные наложением квадратной решетки на план участка

В процессе основного этапа:

1) На каждой страте участка отбирается k точечных проб, согласно таблице. Место отбора каждой точечной пробы должно быть открытым и без явно выраженных локальных впадин и бугров.

2) Места отбора точечной пробы на поверхности страты выбираются случайным образом.

3) Определяются географические координаты места отбора точечной пробы с помощью топопривязчика.

4) При отборе каждой точечной пробы выполняются измерения мощности дозы (МД) гамма-излучения на высоте 1 м и 3–4 см от поверхности почвы в месте укола в трехкратной повторности дозиметром типа ДБГ, МКС или их аналогами. При наличии в дозиметре индикации погрешности в каждой точке проводится одно измерение до достижения статистической погрешности не более 10%. Значения МД на высоте 1 м и на высоте 3–4 см от поверхности в точке отбора точечной пробы почвы не должны отличаться более чем в полтора раза. В случае неравномерности радиоактивного загрязнения в точке отбора пробы ($M_{Dmax}/M_{Dmin} \geq 1,5$), поблизости выбирается другая точка отбора и производится измерение МД гамма-излучения.

5) В случае равномерного радиоактивного загрязнения ($M_{Dmax}/M_{Dmin} < 1,5$) отбор точечной пробы почвы производится стандартным пробоотборником диаметром 40 мм и глубиной отбора 200 мм.

6) Измеренные значения МД гамма-излучения, географические координаты, номер точечной пробы и др. записываются в паспорт смешанной пробы.

7) Отобранные точечные пробы смешиваются, образуя смешанную пробу, которая помещается в полиэтиленовый пакет. Пакет завязывается и укладывается во второй пакет. Между пакетами помещается паспорт смешанной пробы лицевой стороной наружу, второй пакет завязывается.

8) Смешанная проба доставляется в лабораторию для выполнения необходимых измерений.

Используя разработанную методологию и специализированное оборудование выполнено радиологическое обследование земель, выведенных из оборота после катастрофы на Чернобыльской АЭС. Обследовано 50 тыс. га радиационно-опасных земель, находящихся на балансе сельскохозяйственных организаций и районных исполнительных комитетов Гомельской и Могилевской областей. По результатам обследования выполнена комплексная оценка возможности возвращения в хозяйственное пользование земель, выведенных из оборота после катастрофы на Чернобыльской АЭС, сформирован банк данных по выведенным из хозяйственного пользования землям. Используя ГИС-технологии построены картосхемы плотности загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr на радиационно-опасных землях Республики Беларусь.

Литература

1. 30 лет чернобыльской аварии: итоги и перспективы преодоления ее последствий. Национальный доклад Республики Беларусь. Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. 2016. 116 с.
2. Хомутин Ю. В., Кашпаров В. А., Жебровская Е. И. Оптимизация отбора и измерений проб при радиоэкологическом мониторинге: Монография. К.: УкрНИИСХР, 2001. 160 с.
3. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь) / Под. ред. Ю. А. Израэля и И. М. Богдевича. Москва-Минск: Фонд «Инфосфера» - НИИ-Природа, 2009. 140 с.
4. Методические указания по отбору проб почвы на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ), утвержденные начальником Республиканского центра радиационного контроля и мониторинга окружающей среды 03.12.2010.
5. AndryGrubich, V.I. Makarevich, O.M. Zhukova. Description of spatial patterns of radionuclide deposition by lognormal distribution and hot spots / Journal of Environmental Radioactivity № 126 (2013), pp. 264-272.
6. Gilbert R. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. JohnWiley&Sons, Inc. 1987.

О НОРМИРОВАНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

В. А. Титова

Вятский государственный университет, nial208539@mail.ru

Нормирование загрязнения почв – это сложная задача, т.к. существует множество типов почв, отличающихся по составу и свойствам. В течение длительного времени почва накапливает вредные вещества, попадающие из атмосферного воздуха и подземных вод.

Существуют несколько методов оценки загрязнения почв:

– использование предельно допустимых концентраций химических веществ (ПДК) в почве (метод является основным показателем при санитарно-гигиенической оценке загрязненности почвы вредными веществами);

– использование ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) в почве (в основе методики исследования заложены нормативы, рассчитанные для оценки безопасности продуктов питания);

– биотестирование (выявление уровня токсичности почвенной пробы с использованием живых организмов);

– биоиндикация (в основе метода лежит исследование влияния загрязняющих факторов на живые организмы).

ГОСТ 17.4.3.04-85 [1] устанавливает общие требования к контролю и охране почв от загрязнения в процессе производственной и непроизводственной деятельности. Стандартом установлено, что охране от загрязнения подлежат почвы сельскохозяйственных и лесных угодий, включая пашню, сенокосы, пастбища, почвы под многолетними насаждениями, а также почву заповедников, национальных природных парков, зон рекреации, населенных пунктов. Основными критериями, используемыми для оценки степени загрязнения почв, должны быть предельно допустимые количества и ориентировочные допустимые количества химических веществ в почве по ГОСТ 27593-88 [2], нормативы допустимых количеств загрязняющих веществ в смежных природных средах и в сельскохозяйственной продукции, показатели санитарного состояния почв по ГОСТ 17.4.2.01-81 [3].

При разработке порядка определения и установления критериев оценки качества почв и земель целесообразно расширить перечень утвержденных нормируемых параметров (ПДК или ОДК) и характеристик состояния почв с учетом их назначения, типа, свойств, состава. При установлении и утверждении нормативных концентраций загрязняющих веществ в почвах необходимо учитывать возможность их миграции в водную среду, воздух и в растения, а также непосредственное влияние на здоровье человека.

Фоновые концентрации химических веществ или элементов нужны для определения техногенной нагрузки на почвы, когда мы оцениваем уровень загрязнения почв в результате деятельности хозяйствующих субъектов. Повышенные фоновые концентрации загрязняющих веществ могут оказывать неблагоприятное воздействие на человека. Кроме того, нет четкого понятия определению фоновых концентраций химических веществ или элементов в почвах. Существуют разные мнения: с одной стороны, фоновая концентрация рассматривается как среднее содержание какого-либо вещества в почвах данного региона, с другой – содержание вещества в почвах на участке, удаленном от источников загрязнения.

Для каждого региона необходимо создать банк (фонд) фоновых концентраций загрязняющих веществ в конкретных типах почв с учетом климатических особенностей региона, зональной растительности и рельефа. Необходимо создание центров, в которых можно было бы получить достоверную информацию о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в почвах конкретного региона.

К категории загрязненных следует относить почвы в тех случаях, когда содержание загрязняющих веществ превышает как фоновые значения, так и предельно допустимые концентрации.

Литература

1. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
2. ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения.
3. ГОСТ 17.4.2.01-81. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния.

СЕКЦИЯ 5 ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

СОСТОЯНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСОВ КЫРГЫЗСТАНА

*Ш. Б. Бикиров, Н. К. Уметалиева, Ы. Жумагул кызы,
Р. Ж. Окенов, Б. Б. Ашырова, Н. И. Каримов
Институт леса и ореховодства им. П. А. Гана НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызская Республика
bikirovs@mail.ru, Kimsanbaeva63@mail.ru, rysgulya@bk.ru,
okenovr@mail.ru, Begim.89@mail.ru, nurbek.karimov.1976@mail.ru*

Леса – национальное богатство Кыргызской Республики. Они являются государственной собственностью и, несмотря на незначительную площадь, играют важную роль в развитии экономики и улучшении условий окружающей среды. Являются хранилищем генофонда и многообразия видов и форм древесно-кустарниковых пород. Интенсивная эксплуатация этих лесов на протяжении многих лет с использованием приисковых и сплошных рубок, в особенности еловых лесов, привело к сокращению общей площади лесов, обеднению формационного состава и снижению их защитной и средообразующей роли, в результате чего покрытая лесом площадь сократилась по сравнению с 1930 г. на треть [1].

Общая площадь Гослесфонда Кыргызской Республики составляет 2,613740 га, в том числе покрытая лесом площадь 1,123050 га, что составляет 5,62% лесистости. Из них древесная растительность составляют 677,2 тыс. га, или 3,4%, кустарниковая растительность – 445,8 тыс. га, или 2,22% соответственно [2]. Возрастная структура лесов республики выглядит следующим образом: молодняки – 8,7%, средневозрастные – 30,5%, приспевающие – 14,0%, спелые и перестойные – 47,0%. Из приведенных выше данных видно, что идет естественное старение лесов, и это вызывает тревогу. Поэтому необходимы конкретные мероприятия по искусственному омоложению лесов путем их восстановления, вырубке спелых и перестойных, которые в отдельных лесхозах составляют 50% и находятся в трудно доступных местах. Таким образом, возникли новые проблемы по сохранению и повышению устойчивости лесов, их рациональному использованию, воспроизводству, преодолению противоречий между ведением лесного хозяйства с одной стороны и экологией с другой [3].

В связи с этим необходимо обследовать и выделять лучшие ценные участки лесов, создавая резерваты и природные национальные парки; разрабатывать принципы ведения хозяйства, направленные на увеличение рекреационной емкости лесов. Национальные парки организуются в мало нарушен-

ных природных комплексах, способных к саморегулированию, а посещение парков (индивидуальные или групповые) строго регламентируются для сохранения экологического равновесия в природе. Вследствие этого достигается возможность сохранения и восстановления ценного генофонда флоры и фауны, водных источников и геологических объектов, имеющих историческую ценность.

Кроме того в регионе накоплен определенный опыт искусственного лесоразведения. Несмотря на это, до сих пор не достаточно изучены экологические особенности роста, развития и жизнеспособности сохранившихся древесных пород, применяемых в защитных лесных насаждениях различного целевого назначения. В течение многих лет для восстановления горных лесов проведены исследования, направленные на привлечение ценных древесных пород инорайонного происхождения. В результате были созданы лесные культуры из сосны обыкновенной, лиственницы сибирской, псевдоуги, пихты, различных видов лиственных пород. В лесоразведении и в озеленительных посадках встречаются прошедшие соответствующие испытания и рекомендованные для их использования экзоты. К ним относятся не только иноземные, но и местные породы, выращиваемые за пределами естественного его ареала, которые показали лучшие результаты при их испытании в лесных культурах, в озеленении в городах и в курортной зоне озера Иссык-Куль.

Использование биологических ресурсов всегда регламентируется экономическими условиями, из-за чего некоторые важные экосистемы, а также ценные, эндемичные и реликтовые растения находятся на грани исчезновения. В 1996 г. Кыргызская Республика ратифицировала Конвенцию о биологическом разнообразии и подготовила стратегию плана действий по сохранению биоразнообразия. В целях устойчивого сохранения и рационального использования лесного биоразнообразия и лесных генетических ресурсов в республике к настоящему времени функционируют 10 государственных заповедников, 11 национальных и природных парков, 68 заказников. Общая площадь всех природных охраняемых территорий составляет 1220285,27 га, что составляет 6,23% от всей территории республики, и охватывают основные типы лесов и популяции древесно-кустарниковых пород. Среди них некоторые виды сокращаются в численности и ареале, стоят перед угрозой исчезновения. Для их сохранения в Красную Книгу Республики внесены 6 видов деревьев, 11 кустарников и 1 вид лиан. Однако следует отметить, особенно тревожное положение в последние годы сложилось с охраной таких редких видов растений как: виноград узун-акматский – *Vitis usunachmatica*, груша Средней Азии – *Pyrus asiae-mediae*.

Необходимость выделения единого самостоятельного блока Программы по лесному биоразнообразию объясняется исключительной экологической и генетической ролью лесов республики и их спецификой, особенно орехово-плодовых лесов южного Кыргызстана, как хранителей особо ценных и богатых видовых и внутривидовых разнообразий. Леса и земли гослесфонда Кыргызстана являются богатейшим естественным хранилищем генофонда и мно-

гообразия видов: из 4500 видов растений. 300 дикорастущих относятся к редким и находящимся под угрозой исчезновения; 125 видов – эндемики; 200 видов – лекарственные; более 180 видов представляют древесно-кустарниковые растения, составляющие леса Кыргызской Республики. Кроме того, более 65% всего состава эндемичных растений произрастает на лесной территории. Исключительную ценность представляют аборигенные, реликтовые и особо важные уникальные автохтонные лесные виды и их внутривидовое биоразнообразие, не имеющих аналогов в мире. Генетическим центром первичного происхождения этих растений является территория Кыргызстана. Они составляют основное ядро растительных сообществ лесных экосистем республики и их нельзя заменить иноземными видами.

Как показали наблюдения, отбираемые особи в природных условиях прошли длительный процесс дифференцированного избирательного выживания и воспроизведения организмов в ходе эволюции вида. Предшествующий естественный отбор обусловил относительную целесообразность строения и функций организмов особей и обеспечил воспроизведение, сохранение генотипов в популяции. Испытание отобранных форм биоразнообразия деревьев в культуре подтвердил справедливость сказанного. Отобранные и испытанные внутривидовые формы деревьев и кустарников с ценными биологическими свойствами необходимо использовать для закладки коллекционно-маточных и сырьевых насаждений на плантациях в культуре, восстановления генетической структуры деградированных естественных лесов [4].

Литература

1. Ган, П. А. Лесной фонд Киргизии за последние 50 лет и его современное состояние [Текст] / П. А. Ган // Проблемы освоения гор. Фрунзе, 1982. С. 94–115.
2. Единовременный учет государственного лесного фонда Кыргызской Республики на 1.01.2013 г. Бишкек, 2014.
3. Бикирова, Н. С. Современное состояние горных лесов Кыргызстана и перспективы их развития [Текст] / Н. С. Бикирова, О. В. Колов, Ш. Б. Бикиров // Аграрная наука и образование – Году Кыргызской государственности, посвященной 70-летию КАУ: КАУ, 2003. Вып. 2. Ч. 1. С. 30–35.
4. Бикиров, Ш. Б. Биологическое разнообразие лесов Западного Тянь-Шаня и перспективы его сохранения [Текст] / Ш. Б. Бикиров // Актуальные вопросы негосударственного сектора высшего образования Кыргызской Республики // Материалы науч. конф., посвящ. 15-летию Чуйского ун-та. Бишкек, 2005. С. 169–174.

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ И ПРОДУКЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *VACCINIUM MYRTILLUS* L. В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Кислицына

*Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства
и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, an_kislicyna@mail.ru*

В последнее время в России наблюдается резкое увеличение заготовок и потребления пищевых ресурсов леса, среди которых одним из наиболее значимых является сырье черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.). В связи с увеличением антропогенного пресса актуальным является ее всестороннее изучение. В настоящий момент накоплен значительный материал по данной тематике, однако он фрагментарен и нуждается в доработке [1–5].

Целью данной работы являлось выявление видового состава лесных сообществ с *V. myrtillus* в южно-таежных условиях Кировской области, а также изучение ее популяционных и ресурсных параметров.

Исследование фитоценозов с участием *V. myrtillus* проводилось в Котельничском районе Кировской области (подзона южной тайги). Наблюдения проводились в 8-ми различных фитоценозах: № 1 – сосняк бруснично-черничный, № 2 – елово-сосновый вейниково-черничный лес, № 3 – сосняк чернично-зеленомошный, № 4 – сосняк черничный, № 5 – елово-сосновый черничник, № 6 – елово-сосновый чернично-зеленомошный лес, № 7 – осиново-еловый черничник, № 8 – березняк черничный с примесью сосны. В исследуемых растительных сообществах с *V. myrtillus* проведены полные геоботанические описания с использованием общеизвестных методических подходов [6]. Название видов приведены по С. К. Черепанову [7]. Основу исследования популяционных и ресурсных параметров составляли методы постоянных учетных площадей и ключевых участков с последующей экстраполяцией полученных данных на однотипные фитоценозы [8].

В результате исследования было выявлено, что в южно-таежной подзоне *V. myrtillus* является доминантом травяно-кустарничкового яруса, преимущественно в сосновых, елово-сосновых и смешанных лесах с сомкнутостью крон древостоя от 0,4 до 0,9 (табл. 1).

Растительные сообщества с *V. myrtillus* обладают следующими характеристиками: общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса варьирует от 65 до 80%, составляя в среднем 73%; средняя высота травостоя колеблется от 26 до 31 см, в среднем 29 см; общее число видов в изученных сообществах с *V. myrtillus* от 12 до 28, проективное покрытие *V. myrtillus* от 20 до 70%.

Среди представителей древесного яруса встречались следующие виды: *Picea abies* (L.) Н. Karst. (63%), *Populus tremula* L. (62%), *Betula pendula* Roth. (88%). Во всех изученных фитоценозах отмечалась *Pinus sylvestris* L.

**Характеристика фитоценозов с черникой обыкновенной
(*Vaccinium myrtillus* L.)**

№ фитоценоза	Состав древостоя	Сомкнутость крон древостоя	Травяно-кустарничковый ярус, доминирующие виды	Высота травостоя, см (M±m /лимит)
1	7С2Е1Б	0,7	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., <i>Rubus saxatilis</i> L., <i>Melampyrum pratense</i> L., <i>Vaccinium myrtillus</i> L., <i>Hieracium umbellatum</i> L.	<u>29,3±7,3</u> 10–101
2	5С5Е+Б	0,7	<i>Milium effusum</i> L., <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., <i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth., <i>Rubus saxatilis</i> L., <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	<u>29,9±7,5</u> 6–110
3	7С3Е	0,4	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., <i>Rubus saxatilis</i> L., <i>Linnaea borealis</i> L., <i>Melampyrum pratense</i> L., <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	<u>25,8±6,0</u> 3–105
4	8С2Е	0,5	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., <i>Rubus saxatilis</i> L., <i>Lycopodium complanatum</i> L., <i>Melampyrum pratense</i> L., <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	<u>30,8±7,0</u> 13–99
5	7С3Е+Б	0,8	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., <i>Paris quadrifolia</i> L., <i>Rubus saxatilis</i> L., <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	<u>31,3±11,8</u> 2–105
6	6С4Е+Б	0,9	<i>Vaccinium myrtillus</i> L., <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., <i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth., <i>Melampyrum pratense</i> L.	<u>21,2±3,2</u> 3–40
7	6С4Ос+Б+Е	0,8	<i>Vaccinium myrtillus</i> L., <i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth., <i>Rubus saxatilis</i> L., <i>Trientalis europaea</i> L., <i>Oxalis acetosella</i> L.	<u>30,7±7,9</u> 3–129
8	6С4Б+Ос	0,7	<i>Milium effusum</i> L., <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn, <i>Melampyrum pratense</i> L., <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	<u>28,6±4,9</u> 8–94

В подлеске часто встречаемые виды представлены *Chamaecytisus ruthenicus* (Fish. ex Vorosch.) Klask. (62%), *Frangula alnus* Mill. (75%), *Juniperus communis* L. (63%). Основным спутником *V. myrtillus* в обследованных растительных сообществах является *Sorbus aucuparia* L. Ее наличие отмечалось во всех фитоценозах.

Основными представителями травяно-кустарничкового яруса являются такие виды, как *Chimaphila umbellata* (L.) W.P.C. Barton, *Luzula pilosa* (L.) Willd. и *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt (по 50%), *Hieracium umbellatum* L., *Melampyrum pratense* L., *Milium effusum* L., *Solidago virgaurea* L. (по 75%), *Rubus saxatilis* L. (88%). Постоянным сопровождающим *V. myrtillus* видом является *Vaccinium vitis-idaea* L. Несколько реже встречаются следующие виды: *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Convallaria majalis* L., *Lin-*

naea borealis L., *Lycopodium complanatum* L., *Poa nemoralis* L., *Viola rupestris* F.W. Schmidt (по 25%), *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Fragaria vesca* L., *Paris quadrifolia* L., *Pyrola rotundifolia* L. (38%).

В исследованных фитоценозах с участием *V. myrtillus* отмечено 47 видов сосудистых растений, что составляет 3,1% от общего числа видов сосудистых растений Кировской области.

Проведенное исследование по изучению ценопопуляционных параметров показало, что урожайность *V. myrtillus* в 2016 г. максимальна в сосняке чернично-зеленомошном – $19,2 \pm 3,0$ г/м² (табл. 2). Кроме того, в данном типе фитоценоза выявлены максимальные значения следующих показателей: общее число побегов ($176,3 \pm 5,1$ шт./м²), количество вегетативных побегов ($152,4 \pm 4,4$ шт./м²), количество плодоносящих побегов ($23,9 \pm 1,7$ шт./м²), количество ягод ($19,2 \pm 3,0$ шт./м²). Следует отметить, что урожайность черники в сосняке чернично-зеленомошном, согласно данным 2014 г., также была максимальна в данном типе леса и составляла $44,2 \pm 3,9$ г/м² [5].

Таблица 2

Показатели участия в сложении травяно-кустарничкового яруса фитоценозов и продуктивности *Vaccinium vitis-idaea* L. в подзоне южной тайги Кировской области в 2016 г.

Показатели	Сосняк бруснично-черничный	Елово-сосновый вейниково-черничный	Сосняк чернично-зеленомошный	Сосняк черничный	Елово-сосновый черничник	Елово-сосновый чернично-зеленомошный	Осиново-еловый черничник	Березняк черничный с примесью сосны
Ассоциация								
Общее число побегов, шт./м ²	90,1±5,5	72,6±5,0	176,3±5,1	136,3±4,7	56,3±2,6	69,0±4,1	53,5±2,0	169,1±8,6
Количество вегетативных побегов, шт./м ²	80,4±6,0	61,7±4,4	152,4±4,4	116,6±4,2	48,0±2,3	65,1±4,2	46,5±1,9	149,4±8,6
Количество плодоносящих побегов, шт./м ²	9,7±0,9	10,9±1,3	23,9±1,7	19,7±1,9	8,3±1,0	3,9±0,6	7,0±0,4	19,7±0,9
Количество ягод, шт./м ²	23,1±2,9	38,9±6,2	75,0±12,0	61,9±8,9	30,0±3,4	6,8±0,9	37,4±4,3	38,7±3,6
Средняя высота плодоносящего побега, см	30,9±0,4	34,3±1,1	27,7±1,3	23,4±0,9	38,3±1,5	24,9±0,7	38,6±1,1	34,7±1,1
Масса ягод, г/м ²	2,3±0,5	9,7±1,7	19,2±3,0	10,7±1,6	7,1±0,9	1,1±0,3	7,0±0,9	8,9±1,0
Проективное покрытие, %	74,0±1,6	60,7±2,2	85,7±2,0	75,7±2,8	59,7±2,9	92,6±3,4	57,7±2,2	89,3±1,4

Минимальные значения вышеперечисленных показателей: общее число побегов ($53,5 \pm 2,0$ шт./м²) и количество вегетативных побегов ($46,5 \pm 1,9$ шт./м²) выявлены в осиново-еловом черничнике; число плодоносящих побегов ($3,9 \pm 0,6$ шт./м²), количество ягод ($6,8 \pm 0,9$ шт./м²) и урожайность ($1,1 \pm 0,3$ г/м²) – в елово-сосновом чернично-зеленомошном лесу. Наибольшая величина проективного покрытия *V. myrtillus* наблюдалась в елово-сосновом чернично-зеленомошном лесу ($92,6 \pm 3,4\%$), в то время как в осиново-еловом черничнике она была наименьшей ($57,7 \pm 2,2\%$).

Таким образом, проведенное исследование позволило выявить видовой состав растительных сообществ с *V. myrtillus* в южно-таежных условиях Кировской области, а также определить встречаемость видов в различных фитоценозах. Типичными фитоценозами для произрастания *V. myrtillus* в районе исследования являются сосновые, елово-сосновые и смешанные леса. Такие виды, как *Pinus sylvestris* L., *Sorbus aucuparia* L., *Vaccinium vitis-idaea* L. являются постоянными спутниками *V. myrtillus*. В ходе исследования выявлено, что наиболее продуктивным типом фитоценоза в подзоне южной тайги являлся сосняк чернично-зеленомошный (192 кг/га). В елово-сосновом чернично-зеленомошном лесу (11 кг/га) *V. myrtillus* плодоносила менее интенсивно.

Литература

1. Егошина Т. Л., Шихова Л. Н., Сафонов В. Г. и др. Современное состояние недревесных растительных ресурсов России. Киров, 2003. 263 с.
2. Егошина Т. Л. Недревесные растительные ресурсы России. М.: НИИ-Природа, 2005. 80 с.
3. Кислицына А. В., Токмакова О. А. Урожайность черники обыкновенной в условиях южной и средней тайги Кировской области // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров: ООО «Веси», 2014. С. 19–23.
4. Оботнин С. И., Кислицына А. В., Токмакова О. А. Трофическая роль черники обыкновенной в условиях южной тайги (*Vaccinium myrtillus* L.) // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Материалы VI Всерос. конф. с междунар. участием. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2015. С. 346–347.
5. Кислицына А. В., Егошина Т. Л. Основные ресурсные и популяционные параметры *Vaccinium myrtillus* L. в южнотаежных лесных экосистемах Кировской области // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 3 (31). С. 77–86.
6. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Наука о растительности. М.: Гилем, 1998. 104 с.
7. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 992 с.
8. Мазная Е. А. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И РЕСУРСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *VACCINIUM MYRTILLUS* L. В ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Ю. Егорова¹, Д. А. Шлыкова², Т. Л. Егорова^{1,2}

¹ ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова, n_chirkova@mail.ru

² Вятская государственная сельскохозяйственная академия, etl@inbox.ru

Черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.) – ценное дикорастущее ягодное и лекарственное растение [1, 2], является значимым составляющим компонентом лесных сообществ, нередко определяя облик травяно-кустарничкового яруса. Особенностью современных социально-экономических условий является резкое увеличение потребления населением России дикорастущей продукции, прежде всего грибов, ягод, лекарственных растений. Одновременно увеличивается антропогенное влияние на ценопопуляции ресурсных видов растений [3, 4].

В связи с этим исследование распространения, экологии, биологии и плодоношения *V. myrtillus* с целью сохранения и рационального использования природными ресурсами вида, представляется весьма актуальным.

Исследования проводились в Слободском районе Кировской области (подзона южной тайги). Описания исследованных растительных сообществ, проводили согласно общепринятым геоботаническим методам [5, 6]. Всего было изучено 10 ценопопуляций (ЦП) *V. myrtillus*. Оценка экологических условий местообитаний проведена по составу видов в сообществах с использованием экологических шкал Х. Элленберга [7]. Урожайность плодов определялась в 8 фитоценозах (табл. 1). Для оценки урожайности *V. myrtillus* был использован метод учетных площадок [5].

Ценопопуляции *V. myrtillus* приурочены к бореальным хвойным и смешанным лесным сообществам мезофильного и заболоченного типов. *V. myrtillus* является доминантом или субдоминантом травяно-кустарничкового яруса преимущественно средневозрастных, спелых, приспевающих низко- и среднеполнотных хвойных и лиственных типов леса. Возраст древостоя в сообществах с *V. myrtillus* варьирует от 55 до 110 лет, высота – от 17 до 28 м, сомкнутость крон – от 0,4 до 0,75 (табл. 1).

В травяно-кустарничковом ярусе черничных фитоценозов отмечено от 5 до 15 видов растений; проективное покрытие вида изменяется от 30% (3 ЦП) до 70% (10 ЦП). В большинстве исследованных фитоценозах *V. myrtillus* сопутствуют следующие виды: *Vaccinium vitis-idaea* L., *Rubus saxatilis* L., *Juncus filiformis* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Thelypteris palustris* Schott, *Melampyrum sylvaticum* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt.

В условиях южнотаежного фрагмента своего ареала *V. myrtillus* чаще всего встречается на подзолистых глеевых и глееватых почвах, преимуще-

ственно супесчаных, реже песчаных, кроме того отмечено произрастание вида на торфянисто-глеевых почвах (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика исследованных фитоценозов

№ ЦП	Тип фитоценоза	Проективное покрытие, %		Тип почв
		травяно-кустарничкового яруса	<i>V. myrtillus</i>	
1	Сплошная вырубка зимой 2015–2016 на месте елово-пихтового с примесью березы чернично-долгомошно-сфагнового леса	60	50	Подзолистая глеевая супесчаная на водно-ледниковых отложениях
2	Сплошная вырубка зимой 2015–2016 на месте ельника с примесью березы чернично-сфагнового	60	50	Торфянисто-глеевая песчаная на водно-ледниковых отложениях
3	Березняк чернично-сфагновый	50	30	Торфянисто-глеевая супесчаная на водно-ледниковых отложениях
4	Березово-еловый сфагново-черничный лес	70	40	Торфянисто-глеевая супесчаная на водно-ледниковых отложениях
5	Ельник черничник	70	60	Подзолистая глееватая супесчаная на моренных отложениях
6	Сосняк чернично-сфагновый	70	45	Торфянисто-глеевая супесчаная на водно-ледниковых отложениях
7	Сосняк сфагново-черничный	65	45	–
8	Сосняк черничник	70	50	Подзолистая песчаная на водно-ледниковых отложениях
9	Елово-сосновый чернично-зеленомошный	60	55	Подзолистая глееватая супесчаная на водно-ледниковых отложениях
10	Елово-березовый черничный лес	90	70	–

V. myrtillus в районе исследования произрастает в условиях от полутени до тени (5-я ступень шкалы Элленберга), может встречается при полной

освещенности (табл. 2). Вид в условиях южной тайги является индикатором средне-влажных и влажных почв (6-я ступень шкалы Элленберга). Почвы в местообитаниях вида, как правило, бедные питательными веществами, реже умеренно обеспеченные (3-я ступень шкалы Элленберга), кислые (от сильно до умеренно кислых) (3-я ступень шкалы Элленберга).

Таблица 2

Характеристика экологических условий местообитаний ценопопуляций *Vaccinium myrtillus* L. в условиях южнотаежных лесов Кировской области (по Н. Ellenberg, 1974) в баллах

ЦП	Освещенность	Параметры почвы		
		Влажность почвы	Кислотность почвы	Богатство почвы
1,2	5,3	3,4	3,3	4,1
3	7,0	3,3	2,8	5,7
4	6,0	3,3	3,0	5,4
5	5,7	3,9	3,6	5,1
6	7,2	2,2	1,7	6,5
7	7,0	2,3	1,8	6,4
8	5,3	4,3	3,4	5,2
9	5,3	4,3	3,4	5,2
10	5,0	3,7	3,4	5,0
среднее	6,0	3,4	2,9	5,4
min-max	5,0–7,2	2,2–4,3	1,7–4,1	4,1–6,5

Черничники относятся к группе ягодников с устойчивым плодоношением и относительно частыми хорошими и обильными урожаями ягод (рис.).

Наиболее урожайные популяции в районе исследования отмечены в елово-березовом черничном (462 кг/га) и березово-еловом сфагново-черничном (436 кг/га) лесу. Урожайность плодов более 300 кг/га зафиксирована в сосняке чернично-сфагновом и сфагново-черничном. Низкой урожайностью плодов *V. myrtillus* характеризуются заросли в сосняке черничном и елово-сосновом чернично-зеленомошном лесу – 21 кг/га и 6 кг/га, соответственно.

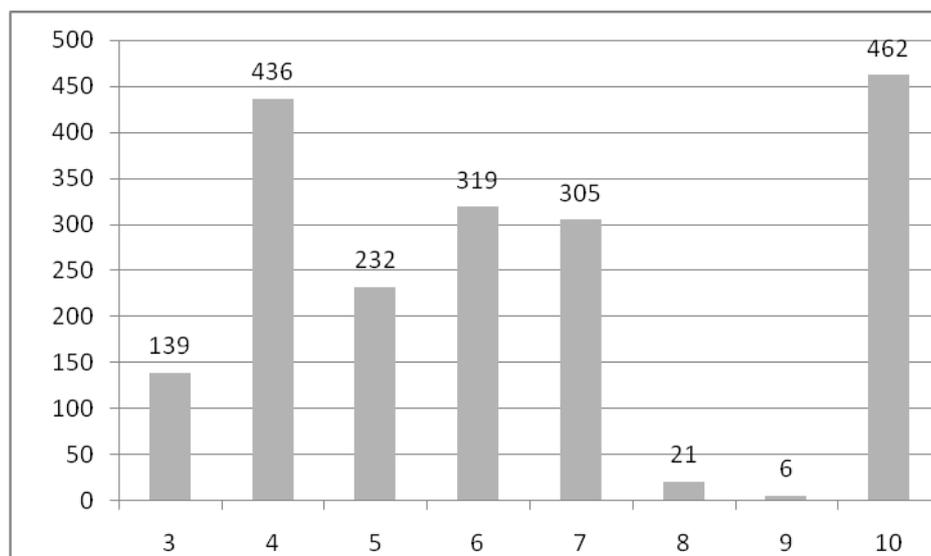


Рис. Урожайность черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.) в лесных фитоценозах южной тайги, кг/га.

По оси абсцисс – номер ЦП; по оси ординат – урожайность, кг/га

Результаты исследования позволили установить следующее.

В условиях южнотаежного фрагмента ареала *V. myrtillus* является доминантом или содоминантом травяно-кустарничкового яруса бореальных хвойных и смешанных лесных сообществ мезофильного и заболоченного типов фитоценозов с проективным покрытием от 30% до 70%.

V. myrtillus чаще всего встречается на подзолистых глеевых и глееватых почвах, преимущественно супесчаных, реже песчаных, кроме того отмечено произрастание вида на торфянисто-глеевых почвах

Вид обитает в условиях полуоткрытых пространств и светлых лесов, от слабо переменного до устойчивого увлажнения. Почвы предпочитает от умеренно кислых и кислых до сильнокислых, умеренно богатых питательными веществами.

Наиболее урожайными фитоценозами в районе исследования являются елово-березово-черничный и березово-елово-сфагново-черничный типы леса.

Литература

1. Раус Л. К. Продуктивность дикорастущих ягодников Кировской области и вопросы их эксплуатации // Продуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственное значение. Киров, 1972. С. 80–82.
2. Харитоновна Н. П., Макарова Л. С., Сапко В. Я. Урожай плодов черники, малины и шиповника в некоторых районах Удмуртской АССР // Раст. ресурсы. 1971. Т. 7. Вып. 1. С. 95–99.
3. Вельм М. В. Некоторые проблемы заготовок и реализации пищевых ресурсов леса в Иркутской области // Известия ИГЭА. 2009. № 2. С. 45–47.
4. Егошина Т. Л. Влияние антропогенных факторов на состояние ресурсов дикорастущих плодовых и лекарственных растений (на примере Кировской области): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Пермь, 2008. 44 с.
5. Методы изучения лесных сообществ. СПб., 2002. 240 с.

6. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Наука о растительности (история и состояние основных концепций). Уфа. 1998. 413 с.

7. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Gottingen. 1974. 97 s.

ФАЦИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЛАНДШАФТОВ ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

И. А. Черезова, И. А. Варман, А. С. Матушкин, А. М. Прокашев
Вятский государственный университет, t352104@yandex.ru

Материалы посвящены характеристике фациальной структуры локальных геосистем государственного природного заказника «Былина», расположенного на северо-западе Вятского края. Он протянулся вблизи границы с Вологодской областью по территории Подосиновского и Опаринского районов Кировской области примерно на 34 км с севера на юг и на 17 км с запада на восток. Актуальность исследования обусловлена отсутствием физико-географических сведений о заказнике, являющемся комплексной ООПТ. На примере одной из склоновых мезокатен рассмотрены особенности геоморфологии, литологии почвообразующих отложений, почвенно-растительного покрова и фаций водораздельного урочища. Обосновано положение о зависимости фациальной структуры модельного участка от неоднородности литогенной основы и хозяйственной деятельности, предшествующей заказному режиму.

На территории Вятского края сеть особо охраняемых природных территорий в настоящее время представлена 205 объектами различных категорий, среди которых ГПЗ «Былина» [1–3]. Он организован в 1994 г. в целях поддержания экологического баланса, сохранения крупных верховых болот и частично избежавших вмешательства человека коренных среднетаежных лесов на водоразделе рек бассейнов Северного Ледовитого океана и Каспийского моря. Большая часть ныне заказных площадей сравнительно недавно на протяжении многих лет подвергалась двум видам природопользования – лесохозяйственному (повсеместно) и, в меньшей степени, сельскохозяйственному (север), в различной степени изменивших структуру и функционирование геосистем, их средообразующие и иные экосистемные функции, важные для сбережения дикой природы [4–6].

Территория ГПЗ имеет площадь 47 623 га. Рельеф большей части заказника равнинный, волнисто-увалистый, с абсолютными высотами около 150–200 м. Его первичные, тектонически обусловленные формы в четвертичное время подвергались моделировке за счет вторжения ранне- и среднеплейстоценовых оледенений. Они привели: во-первых, к образованию обширных полей различных по мощности (до многих десятков метров) моренных валунных бескарбонатных (и карбонатных) суглинков, водно-ледниковых песков и супесей и, в меньшей мере, сравнительно маломощной толщи покровных суглинков; во-вторых, к плановому смещению в более северном направлении

линии главного водораздела за счет подпруживающего влияния дочетвертичных морфоструктур, стоявших на пути движения ледовых покровов, и аккумулятивной деятельности льда.

Нами собраны материалы по внутриландшафтной организации геосистем заказника, недостаточно исследованного с ландшафтных позиций. В настоящем сообщении частично представлены предварительные материалы о фациальной структуре урочищ северной, водораздельной, наиболее приподнятой части заказника, в районе урочища Дор-Кресты.

В ходе полевых работ произведено комплексное изучение 88 точек, которое включало анализ геолого-геоморфологического строения, литологии почвообразующих отложений, морфолого-генетический анализ почв, флористический состав и растительные ассоциации, направленность современных физико-географических процессов и др. Дополнительно производилась фотосъемка точек описаний, общего вида растительных ассоциаций, строения почвенных разрезов. Каждая фация подвергалась GPS-позиционированию. В процессе исследований использованы топографические планы (масштаб 1:50000), космические снимки (LandSat-7), а также данные, полученные в полевых условиях.

Рассматриваемая территория характеризуется рядом особенностей, обусловленных естественными и антропогенными причинами. В числе первых следует отметить принадлежность к главному водоразделу между Каспийским и Баренцевым морем, сочетание расчлененных и выположенных поверхностей с абсолютными высотами в интервале 190–150 м, провоцирующих заболачивание вплоть до формирования одного из наиболее крупных болот – Кайского – при снижении и выполаживании рельефа в условиях избыточного увлажнения ($KУ = 1,35$) и преобладания пород тяжелого гранулометрического состава – моренных и покровных суглинков. К числу вторых следует отнести наиболее высокую в недавнем прошлом степень техногенной трансформации, включающей не только лесозаготовки, обычные для северных районов области, но и земледельческое освоение, не имевшее места в более южных частях заказника. Часть площади водораздела занимают бывшие пашни колхоза «Маяк», ныне находящиеся в залежном состоянии и подвергающиеся повторному облесению через прохождение разновозрастных сукцессий – от молодняков до приспевающих и близких к спелым. Последние тяготеют, прежде всего, к подножьям склонов, ранее выведенных из сельскохозяйственного оборота ввиду избыточного увлажнения. В почвенном покрове фоновыми являются подзолистые типичные и глееватые почвы на моренных, валунных и покровных суглинках. Ниже в качестве примера приведены сведения о серии лесных фаций, изученных в пределах северной части заказника в направлении от подошвы склона к его вершине.

В нижней части склона высокого водораздела (угол наклона 1–2 градуса, экспозиция восточная) располагается пихтово-еловый чернично-сфагновый лес с сосной и березой (5ЕЗП1С1Б) с обилием рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) и единичными экземплярами жимолости лесной (*Lonicera*

xylosteum) и шиповника майского (*Rosa majalis*) в подлеске, елью финской (*Picea fennica*) и пихтой сибирской (*Abies sibirica*) в подросте. Высота древостоя составляет в среднем 25–30 м, сомкнутость крон – 0,5. Состояние древостоя удовлетворительное, влияние человека практически отсутствует, за исключением наличия заброшенной лесной дороги, проходящей не вдалеке от ключевого участка. Судя по возрасту древостоя и составу подлеска, растительная группировка находится на стадии приближения к спелому, климаксовому, состоянию. Проективное покрытие кустарничками 5–10%, с преобладанием черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus*), небольшим количеством брусники (*Vaccinium vitis-idaea*) и костяники (*Rubus saxatilis*). Травянистый ярус покрывает около 40% поверхности. Доминирующими видами являются линнея северная (*Linnea borealis*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), обильно представлены седмичник европейский (*Trientalis europaea*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), в небольшом количестве наблюдаются вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*) высотой около 115 см, земляника лесная (*Fragaria vesca*), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*), звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea*), фиалка собачья (*Viola canina*), а также единичные экземпляры золотарника обыкновенного (*Solidago virgaurea*). Проективное покрытие мхами и лишайниками 65–70%, в основном сфагнумом (*Sphagnum*) и плевроциумом Шребера (*Pleurozium schreberi*); на сучьях и стволах в небольшом количестве отмечен лишайник уснея бородатая (*Usnea barbata*). Почвенный покров представлен дерново-сильнопodzolistой глееватой легкосуглинистой почвой на моренном валунном суглинке, источником переувлажнения которой наряду с грунтовым является натечное увлажнение со стороны вышерасположенных на западе и северо-западе природных комплексов. Строение почвы в целом типично, но отличительной особенностью является принадлежность к дерново-подзолистой (а не подзолистой) глееватой, более характерному подтипу для среднетаежных ландшафтов региона исследования. Современные физико-географические процессы представлены грунтовым и натечным переувлажнением, восстановительным и биопродукционным.

Средняя часть склона высокого водораздела слегка осложнена мелкобугристыми, биогенно обусловленными формами микро- и нанорельефа, в том числе за счет валежа. Фитоценоз представлен елово-черничным лесом (8Е1С1Б) высотой до 25 м при сомкнутости крон – 0,3. В разреженном подросте в небольшом количестве встречаются ель финская и береза бородавчатая, не образуя четко выраженного яруса ввиду рассеянного распределения поросли; состояние подроста оценивается как неудовлетворительное, ввиду признаков заболевания. Антропогенное влияние отсутствует. В подлеске обильна рябина обыкновенная, в небольшом количестве отмечены шиповник майский, а также единичные экземпляры малины обыкновенной (*Rubus idaeus*). Проективное покрытие кустарничками – 20–25% с преобладанием черники обыкновенной и брусники. Средняя высота травостоя 30 см, проективное покрытие достигает 85% с обилием кислицы обыкновенной, хвоща

лесного, а также вейника наземного. В небольшом количестве представлены земляника лесная, щитовник игольчатый (*Dryopteris spinulosa*), звездчатка жестколистная, майник двулистный. Проективное покрытие сфагнумом с небольшим количеством кукушкиного льна (*Polytrichum commune*) до 15%, на сучьях и стволах присутствует бородач. Границы фации выражены не четко, условно проводятся по повышению абсолютной высоты местности и уменьшению доли и полному исчезновению сфагнума в моховом покрове. Почва сильноподзолистая глееватая супесчаная на карбонатном валунном моренном суглинке. Современные физико-географические процессы представлены натечным переувлажнением, восстановительным и биопродукционным.

Верхняя часть склона высокого водораздела характеризуется выположенным мезорельефом с наличием мелкобугристых микроформ. На рассматриваемом ключевом участке она занята елово-березовым кислично-черничным лесом с небольшим содержанием осины (6Б2Е2О) средней высотой около 20 м при сомкнутости крон – 0,6. В подросте в небольшом количестве встречаются ель и береза бородавчатая, в подлеске отмечена крушина ломкая (*Frangula alnus*). Состояние ассоциации удовлетворительное, без признаков существенного современного антропогенного воздействия. Проективное покрытие кустарничками повышается по сравнению с нижней частью – до 25% с преобладанием черники обыкновенной и небольшим количеством брусники и костяники. Средняя высота травостоя 25 см с проективным покрытием до 60%. По сравнению с нижней частью покрытие мхами и лишайниками значительно ниже (10%) и представлено плевроциумом Шребера. Профиль имеет строение, типичное для подзолистых поверхностно-глееватых почв, с хорошо развитым подзолистым горизонтом и признаками оглеения. Для почвообразующего субстрата характерно наличие большого количества валунного материала – от дресвы, галек и щебня до крупных валунов более 20 см в поперечнике). Основные природные процессы: биопродукционный с восстановительной сукцессией от производного осиново-березового насаждения к еловому лесу. Границы фации с юго-западной стороны отчетливые – по границе с зарастающим лугом), с остальных – нечеткие.

Таким образом, в результате предварительного изучения локальных геосистем северной части заказника «Былина» выявлен ряд изменений в составе фаций в направлении от нижней к верхним частям склона водораздела, главными из которых являются: 1) более существенные изменения в составе биотических компонентов – флоры и растительности; 2) более высокая степень зрелости и приближение к климаксному состоянию растительных пихтово-еловых группировок, входящих в состав трансаккумулятивной фации основания склона; 3) уменьшение возраста и высоты древостоев вверх по склону и изменение состава дендрофлоры с преимущественным доминированием ели и пихты близ подошвы на елово-березовые леса в верхней трети склона, объясняющиеся разными типами землепользования и/или стадиями постагрогенных сукцессий; 4) выпадение из мохового покрова влаголюбивых сфагновых и политриховых мхов в направлении вершины водораздела вслед

за уменьшение степени переувлажнения; 5) малозаметные изменения в составе почвенного покрова, практически не выходящие за пределы единого – подзолисто-глеевого – типа почвообразования, по-видимому, обусловленные избыточным увлажнением почво-грунтов независимо от гипсометрического положения фаций и их почвенных компонентов. Исходя из сказанного, допустимо сделать предположение о возможности приобретения со временем большей степени гомогенизации элювиальных, транзитных и супераквальных фаций, включая их растительные группировки, после снятия антропогенной нагрузки.

Литература

1. Бородин П. Л., Бородина Н. В. Государственный природный заказник «Былина» // Леса Кировской области / Под ред. А. И. Видякина, Т. Я. Ашихминой, С. Д. Новоселова. Киров, 2008. С. 320–328.
2. Тарасова Е. М. Флора государственного природного заказника «Былина». Киров, 2005. 248 с.
3. Экологический информационно-аналитический портал Кировской области <http://priroda.kirovreg.ru/ecology/okhrana-territoriy-i-vidov/oopt-regionalnogo-znacheniya/-zakazniki/bylina/>
4. Прокашев А. М., Черезова И. А., Варган И. А. Предварительные данные о почвах заказника «Былина» // Историко-культурный образ территории Кировской области: Сб. статей. Киров: Изд-во МЦИТО, 2017. С. 91–97.
5. Прокашев А. М., Черезова И. А., Варган И. А., Матушкин А. С. и др. Особенности литогенной основы и географии почв заказника «Былина» // Экология родного края: Проблемы и пути решения: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 62–66.
6. Черезова И. А. Особенности литогенной основы и географии почв заказника «Былина» // Проблемы географии Урала и сопредельных 97 территорий: Материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Челябинск: «Край Ра», 2016. С. 216–221.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В АДАПТАЦИЯХ СТЕПНЫХ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ К СУЩЕСТВОВАНИЮ НА ГРАНИЦАХ ИХ АРЕАЛОВ

Н. И. Шишкина, Н. П. Савиных
Вятский государственный университет,
nataliashiskina@rambler.ru, savva_09@mail.ru

В результате исследований двух степных растений *Dianthus borbasii* из сем. Caryophyllaceae Juss. и *Centaurea sumensis* из сем. Compositae (Asteraceae) установлены сходные адаптации, обеспечивающие существование их на границах ареалов [1, 2, 3]. В последнее время изучены несколько растений из этой фитоценотической группы: *Dianthus arenarius* (сем. Caryophyllaceae Juss.) и *Jurinea cyanoides* из сем. Compositae (Asteraceae) [4, 5, 6], *Pulsatilla uralensis* и *P. patens* из сем. Ranunculaceae Juss. [7], *Potentilla humifusa* из сем. Rosaceae [8, 9]. На основании анализа их экологических предпочтений, био-

морфы, хода онтогенеза, индексов толерантности, поливариантности и возрастных спектров ценопопуляций установили сходные рефрены [10] – направления в изменениях структурной организации и биологии, жизненных стратегиях организмов. Отдельные из них в нашем случае обеспечивают существование растений в экстразональных условиях. Остановимся более подробно на этих особенностях на примере указанных выше видов.

Все они относятся к группе степных растений. За пределами ареалов зональных сообществ они, как и многие другие степняки, распространены в интразональных условиях, обычно в сосновых лесах на песках.

На основе анализа экологических ареалов этих видов согласно шкалам Д. Н. Цыганова [11] большая часть их гемистенобионты, за исключением *D. borbasii*. Но и у нее индекс толерантности 0,46, что соответствует нижней границе этого показателя у мезобионтной группы.

Сходны у этих видов и лимитирующие факторы. По омброклиматическому фактору аридности–гумидности все виды, за исключением *D. borbasii*, являются стенобионтами. По криоклиматическому – *C. sumensis*, *D. arenarius*, *J. cyanooides*, *P. patens* – стенобионты; *D. borbasii* – гемистенобионт; *P. humifusa* – мезобионт.

Но по увлажнению почв, только *D. arenarius* является стенобионтом, все остальные растения гемистенобионты.

Солевой режим почв лимитирует произрастание *P. humifusa* и *D. arenarius*; гемистенобионтами являются *D. borbasii*, *J. cyanooides* и *P. patens*. Значение потенциальной экологической валентности (PEV) у *C. sumensis* по этому фактору соответствует нижнему показателю мезобионтной группы.

Согласно имеющимся данным по фактору богатства почв, только *D. arenarius* является стенобионтом, *D. borbasii* – гемистенобионт; по остальным рассматриваемым видам данных нет.

Континентальность климата лимитирует существование всех видов, особенно *C. sumensis* и *D. arenarius*. *J. cyanooides* и *D. borbasii* являются гемистенобионтами. Значение PEV у *P. humifusa* находится на нижней границе мезобионтной группы. Также влияет и климат. Гемистенобионтами являются *P. humifusa* и *J. cyanooides*, а существование *D. arenarius* определяется значением PEV для нижнего предела мезобионтной группы. Наиболее зависят от освещения *P. humifusa* и *C. sumensis*. Все остальные виды являются мезобионтами и гемизврибионтами.

Согласно климатическому индексу толерантности (I) *C. sumensis*, *D. arenarius* и *J. cyanooides* относятся к стенобионтной группе. Все остальные виды гемистенобионты, т.е. лимитирует существование всех этих видов климат. Почвы вне такой степени влияют на распределение степных растений. Половина из рассмотренных видов (*C. sumensis*, *P. humifusa* и *D. arenarius*) относятся к гемистенобионтной группе. *D. borbasii*, *J. cyanooides* и *P. patens* – мезобионты. При этом показатели только *D. borbasii* выходят за среднее значение мезобионтной группы.

На основании выше изложенного очевидно, что все модельные виды степных растений на северо-восточной границе их ареалов находятся в условиях не оптимальных, но достаточных для своего существования, а именно: при значениях факторов среды, соответствующих показателям нижних пределов зоны минимального пессимума.

Анализ структурной организации, онтоморфогенеза и структуры ценопопуляции всех рассмотренных видов позволили наметить сходные направления адаптаций на органном, организменном и популяционном уровнях. На организменном уровне это проявляется во внешнем облике (габитусе) растений. Все рассмотренные виды являются поликарпическими моноцентрическими травянистыми растениями. Все, кроме кистекорневого *P. patens*, являются стержнекорневыми растениями. Моноцентричность при этом обеспечивается разными способами. Побеговые системы *P. humifusa* и *C. sumensis* формируются по моноподиальной розеточной модели побегообразования. Распростертые по поверхности почвы особи обеспечивают уменьшение испарения с поверхности и конкурентное преимущество перед другими видами при освоении пространства: семена их не способны попасть и прорасти на поверхности, покрытой растениями этих видов. Моноцентричность у *D. borbasii* и *D. arenarius*, а также у *J. cyanoides* обеспечивается симподиальной полурозеточной моделью побегообразования. Однако значительный по продолжительности онтогенез характерен для растения – подушки *D. arenarius* с олигоциклическими монокарпическими побегами. *P. patens* развивается по полуэфемероидному типу развития, подобно *Pulmonaria obscura* Dumort, когда в первый год после цветения развиваются розеточные побеги, к осени на основе их апекса формируется цветок с цветением ранней весной следующего года.

Таким образом, к тенденциям обеспечения моноцентричности у этих растений относим следующие особенности на уровне отдельных организмов: формирование стержнекорневого растения с моноподиальной розеточной моделью побегообразования (*P. humifusa* и *C. sumensis*), каудекса (*J. cyanoides*), растения-подушки (*D. arenarius* и условно *D. borbasii*), кистекорневого растения (*P. patens*) с симподиальной полурозеточной моделью побегообразования, в том числе – со сменой ритма развития.

Несмотря на разную биоморфу, у всех видов морфологическая дизентеграция поздняя, за исключением *D. borbasii*, в онтогенезе которой морфологической дизентеграции нет. Поздняя морфологическая дизентеграция происходит по пути партикуляции и не сопровождается омоложением особей, поэтому все растения, кроме *P. humifusa* и *C. sumensis*, сохраняют исходную монокарпичность. Но и они в среднем генеративном онтогенетическом состоянии способны укореняться за счет образования вторичной стержневой корневой системы, обеспечивая длительное существование в вегетативном состоянии с жизненной стратегией специализированного пациента в местах, соответствующих по показателям факторов среды зоне нормальной жизнедеятельности для анализируемых растений.

Онтогенез всех видов в условиях высокой освещенности и низкой влажности на открытых хорошо прогреваемых местах может быть сокращенным: с отсутствием постгенеративного периода и выпадением виргинильного онтогенетического состояния, что компенсируется высокой энергией семенного размножения.

Условия среды оказывают значительное влияние на структурную организацию особей и изменение габитуса в ходе онтоморфогенеза. Это проявляется в морфологической и временной поливариантности развития. Морфологическая поливариантность обеспечивается разным числом цветков и соцветий в репродуктивной сфере.

Поливариантность темпов развития демонстрирует замедленное развитие особей в ювенильном, виргинильном, субсенильном онтогенетических состояниях. Это, на наш взгляд – результат совместного действия большого числа конкурентов, мохово-лишайникового покрова, низкой освещенности под пологом леса. Этому предшествует снижение жизненного состояния особи, обусловленное не оптимальными, а лишь достаточными условиями для существования на границе ареала. Такая временная поливариантность реализуется в виде сокращенного и неполного онтогенеза (реализуется только часть генетической программы). Временная поливариантность выражается в разном ходе онтогенеза. Для *J. cyanoides* Е.В. Пичугиной [6] определено 416 логических путей онтоморфогенеза. Все остальные виды характеризуются меньшим числом путей онтоморфогенеза, но временная поливариантность присутствует у всех видов. Это обеспечивает дуализм жизненных стратегий, что проявляется в смене жизненной стратегии от эксплерентности к пациентности, главным образом, в условиях недостаточной освещенности.

Интразональные условия сосновых лесов, сезонные перепады температур, холодные зимы, совместное произрастание с растениями, существенно различающимися по своим эколого-биологическим свойствам, – все это в комплексе определяет дуализм жизненных стратегий степных растений. *D. borbasii*, *C. sumensis*, *P. humifusa*, *J. cyanoides*, *D. arenarius*, *P. uralensis* и *P. patens* – это прежде всего стресс-толеранты, переносящие перепады температур, увлажнение почвы, конкуренцию вблизи пределов своего распространения. В то же время они могут быть рудералами, способными быстро заселять участки поверхности, освобождающейся от травянистой, древесной растительности и мохово-лишайникового покрова в результате естественных процессов (пожар, эрозия), а также антропогенной деятельности. Дуализм жизненных стратегий это один из способов выживания растений на границе их ареалов, сформировавшийся в ходе филогенеза.

Есть общие черты у этих видов и на популяционно-видовом уровне. На границе ареала исследуемые степные виды образуют малочисленные и небольшие по площади ценопопуляции. Гетерогенность популяций этих видов обусловлена наличием популяционных локусов: особи образуют скопления под пологом леса, на опушках и открытых местах. В сосняках растения, как правило, старые, удалены друг от друга на значительные расстояния, моло-

дые особи встречаются только там, где нарушен мохово-лишайниковый и мертвый покров. На опушках, песчаных дюнах (в местах наиболее оптимальных для произрастания), особи плотно сгруппированы, в ценопопуляциях много молодых растений (проростков, ювенильных особей), расположенных вблизи материнского растения.

Поэтому ценопопуляции всех рассматриваемых видов характеризуются левосторонним спектром с преобладанием прегенеративных особей, за исключением *D. arenarius* с бимодальным спектром на максимуме в ювенильном и среднем генеративном онтогенетическом состояниях.

Таким образом, экологические предпочтения, биоморфология и популяционная биология модельных видов дополняет и подтверждает известные предпочтения о специфике степных многолетних трав на границе из ареалов. Все они 1) моноцентрические стресс-толерантные поликарпики с поздней неспециализированной морфологической дезинтеграцией; 2) онтогенез полный или сокращенный (в условиях повышенной аридности); 3) поливариантность морфологическая и временная (темпов развития); 4) преобладание в возрастных спектрах ценопопуляций прегенеративных особей; 5) дуализм жизненных стратегий. Реализуется моноцентричность растений на основе двух моделей побегообразования: моноподиальной розеточной и симподиальной полурозеточной. Все это демонстрирует с одной стороны конвергентное развитие в виде сходных адаптаций, формирующихся у растений в сходных условиях среды. С другой стороны, это можно оценить как параллелизмы, поскольку сходные адаптации формируются у растений разных таксономических групп.

Литература

1. Савиных Н. П., Шишкина Н. И. Биоморфология гвоздики Борбаша *Dianthus borbasii* Vandas // Вестник Тверского университета. Серия биология и экология. 2016. № 2. С. 53–61.
2. Савиных Н. П., Шишкина Н. И. Биоморфология *Centaurea sumensis* Kalen. // Вестник Томского государственного университета. Биология. № 2(34). 2016 а. С. 69–86.
3. Шишкина Н. И., Савиных Н. П. Структура ценопопуляций *Centaurea sumensis* Kalen. на северо-восточной границе ареала // Теоретическая и прикладная экология № 4, 2016. С. 69–74.
4. Пичугина Е. В., Савиных Н. П. Особенности онтогенеза *Jurinea cyanooides* (Asteraceae) на северной границе распространения // Растительные ресурсы. 2006. Вып. 3. С. 10–26
5. Пичугина Е. В. Онтогенез гвоздики песчаной (*Dianthus arenarius* L.) // Онтогенетический атлас растений. Йошкар-Ола: МарГУ, 2007а. Т.5. С. 143–156.
6. Пичугина Е. В. Биоморфология и структура ценопопуляций *Jurinea cyanooides* (L.) Reichenb. и *Dianthus arenarius* L. на северо-востоке Европейской России в связи с их охраной: Дис. ... канд. биол. наук. Киров, 2007. 261 с.
7. Яговкина О. В. Эколого-биологические особенности некоторых видов рода *Pulsatilla* Mill. в условиях Удмуртской Республики: Автореф. Ижевск, 2010.
8. Чермных Л. Н., Савиных Н. П. К биоморфологии лапчатки распростертой // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. молодеж. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: Лобань, 2012. С. 104–107.

9. Чермных Л. Н., Савиных Н. П. Состояние ценопопуляции лапчатки распростертой на ООПТ «Медведский бор» // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностики живых систем: Материалы XI Всерос. науч.-практ. конф.-выст. инновац. экол. проектов с междунар. участием. Киров: Веси, 2013. С. 441–443.

10. Мейен С. В. Основные аспекты типологии организмов // Журн. общ. биол. 1978. Т. 39. № 4. С. 495–508.

11. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 198 с.

О ПОБЕГООБРАЗОВАНИИ *NAUMBURGIA THYRSIFLORA* (PRIMULACEAE)

С. В. Шабалкина, А. А. Савиных
Вятский государственный университет,
Nasturtium2017@yandex.ru, savinykhnasty@mail.ru

Особенностями функционирования меристем определяется способ нарастания оси растения, тип побега по длине междоузлий, формирование побеговой системы в целом. Цельной единицей поликарпических трав является монокарпический побег. Еще И. Г. Серебряков [1] отмечал, что он представляет собой достаточно автономную структуру побегового тела растения, каждый участок которого специализирован в выполнении определенной функции. Изучение полного онтогенеза монокарпического побега [2] и его структурно-функционального зонирования [3, 4] позволяет по-новому интерпретировать данные по биоморфологии растений. В настоящее время часть исследований с этих позиций посвящено травам, встречающимся в местообитаниях с переменным в течение вегетационного сезона обводнением. В этом сообщении рассмотрены особенности строения и развития монокарпического побега *Naumburgia thyrsoflora* (L.) Reichenb. – наумбургии кистецветной – в условиях подзоны южной тайги Кировской области.

В 2015 г. проанализированы материалы гербарной коллекции кафедры биологии и методики обучения биологии Вятского государственного университета, в течение вегетационного сезона 2016 г. собраны побеговые системы в понижении естественной части Дендропарка лесоводов Кировской области. При изучении побеговых систем использовали сравнительно-морфологический метод [5], структурно-функциональные зоны монокарпического побега выделяли в соответствии с подходами W. Troll [3], И. В. Борисовой и Г. А. Поповой [4], Н. П. Савиных [6].

N. thyrsoflora – бореальный голарктический вид, общий ареал которого охватывает Европу, Среднюю Азию, Западную и Восточную Сибирь, Дальний Восток, Монголию, Японию, Китай, Северную Америку [7]. Растение встречается преимущественно в лесной и частично степной зонах. На территории России *N. thyrsoflora* известна практически повсюду, кроме сухостепных и полупустынных регионов европейской части, регионов Кавказа [8]. Не-

смотря на это, она занесена в Красные книги Магаданской, Оренбургской, Ростовской областей и Чукотского автономного округа [9].

Согласно точечным шкалам Е. Landolt [10] и Н. Ellenberg [11] на территории Европы *N. thyrsoflora* произрастает в регионах с субокеаническим, реже континентальным климатом, на равнинах, поднимаясь в высокогорья. Особи встречаются в полутенистых местообитаниях, на сильно увлажняемых, насыщенных водой, плохо аэрируемых, слабокислых, бедных элементами минерального питания (особенно азотом) почвах.

В соответствии с амплитудными шкалами Д. Н. Цыганова [12] на территории бывшего СССР *N. thyrsoflora* предпочитает условия бореальной зоны ($Tm=6,5$) материкового климата ($Kn=8$), довольно суровые и умеренные зимы ($Cr=5,5$), световой режим полуоткрытых пространств и светлых лесов ($Lc=3,5$), сыро- и болотно-лесолуговые ($Hd=16,5$) местообитания, не богатые ($Tr=5$), очень бедные и бедные азотом ($Nt=4$), кислые и слабокислые почвы ($Rc=6$) со слабопеременным увлажнением ($fH=5$). Индекс толерантности в совокупности к девяти факторам равен 0,65, что свидетельствует о высокой приспособленности популяций этого вида к изменению большинства факторов (рис. 1). Лишь по отношению к двум факторам – увлажнению ($PEV Hd=0,43$) и переменность увлажнения почвы ($PEV fH=0,45$) – *N. thyrsoflora* обладает низкой потенциальной экологической валентностью, т.е. особи могут выдерживать лишь ограниченные перепады влажности (рис. 1).

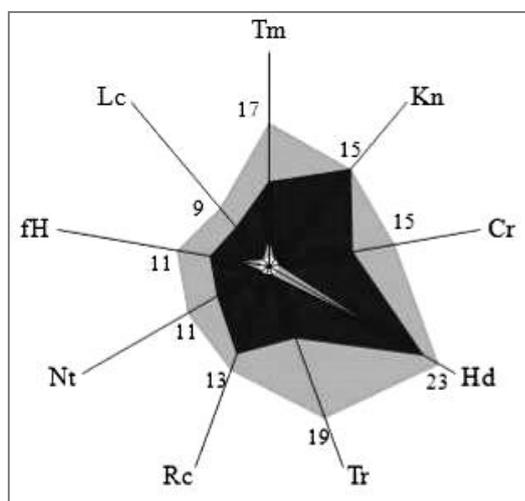


Рис. 1. Диапазон шкал и амплитуда экологического ареала *Naumburgia thyrsoflora* [12]: Tm – термоклиматическая; Kn – континентальности климата; Cr – криоклиматическая; Hd – увлажнения почвы; Tr – солевого режима почвы; Rc – кислотности почвы; Nt – богатства почвы азотом; fH – переменности увлажнения почвы; Lc – освещенности-затенения; светло-серый цвет – диапазон шкал; темно-серый цвет – амплитуда экологического ареала; цифры – конечные ступени шкал

В связи с этим основные местообитания особей расположены в зоне уреза воды и в воде неглубоких зарастающих стариц, озер и речных заводей,

вдоль берегов водотоков с медленным течением, в канавах, на сырых лугах. *N. thyrsoflora* произрастает также на травяно-осоковых, осоково-хвощовых, осоково-сфагновых и вахтово-сфагновых болотах, в травяно-сфагновых, елово-березовых и березовых лесах [7].

Структурная единица побеговой системы – анизотропный дициклический удлиненный монокарпический побег. В его развитии выделили фазы: почки, промежуточную (геофильного побега), вегетативного ассимилирующего и вегетативно-генеративного побега.

В базальной части материнского побега, в области дуги, в пазухе листа низовой формации закладываются почки возобновления, побеги из которых разворачиваются достаточно быстро. В промежуточную фазу развивается плагиотропный геофильный участок монокарпического побега. Он имеет 3–9 метамеров, диаметр 0,6–5,5 мм, длина междоузлий варьирует от 1 до 9 см. На нем расположены узловые придаточные корни, ветвящиеся до второго порядка. Диаметр геофильного участка и размер корней увеличивается к дистальному концу.

К осени на верхушке геофильного побега формируется крупная желтая или зеленая промежуточная почка (рис. 2). Она открытая, сложена осью, 8–26 листовыми зачатками, пазушными почками и апексом. Зачаточные листья мясистые, цельнокрайние, с округлой или острой верхушкой.

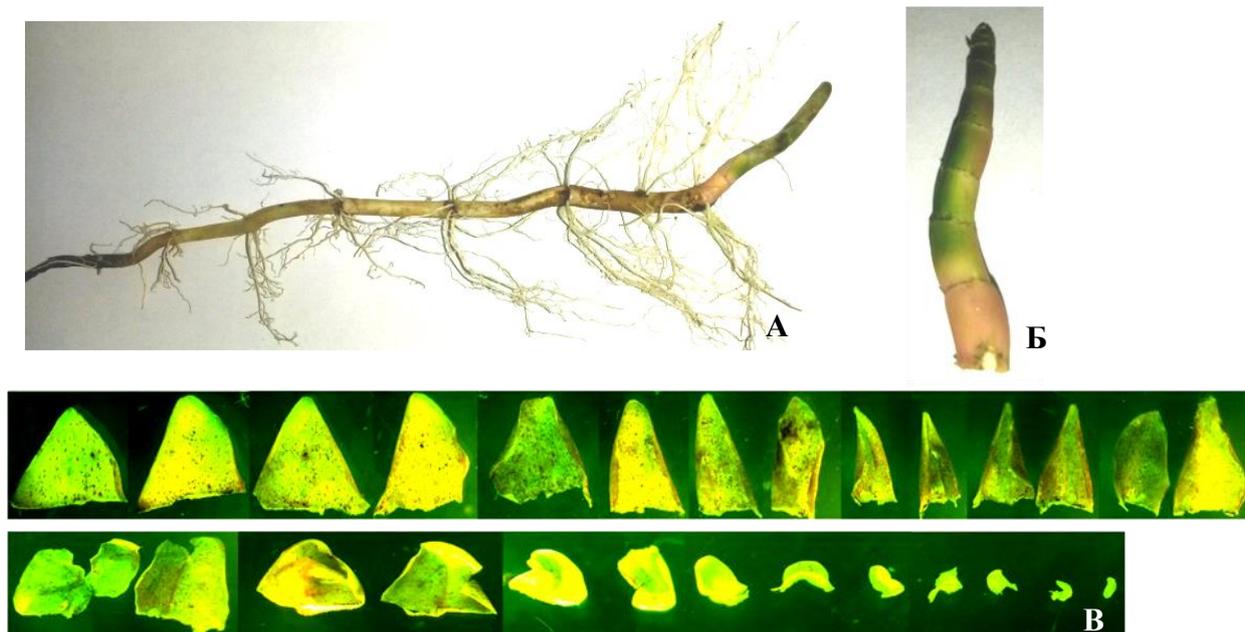


Рис. 2. Строение геофильного участка побега *Naumburgia thyrsoflora* (сентябрь 2016 г.): А – внешний вид; Б – ось промежуточной почки (увел.); В – емкость промежуточной почки

При переходе в фазу вегетативного ассимилирующего побега изменяется направление роста с диагеотропного на апогеотропное, развивается водно-воздушный или воздушный участок монокарпического побега. Стебель голый, реже опушенный, в узлах имеются длинные, спутанные волоски. На нем супротивно расположены листья низовой и срединной формаций. Первые ли-

стья – бурые, чешуевидные, без прилистников, стеблеобъемлющие, сидячие, цельнокрайние, длиной до 1 см, шириной до 0,5 см.

Листья срединной формации без прилистников, короткочерешковые или сидячие, простые ланцетные. Листовая пластинка длиной 4–15 см, шириной 1–4 см, цельнокрайняя, с клиновидным основанием, длинно заостренной верхушкой. Нижняя сторона рассеянно опушена длинными, прижатыми, спутанными волосками. Более равномерное опушение наблюдается вдоль главной жилки. Верхняя сторона листовых пластинок покрыта многочисленными темно-пурпурно-фиолетовыми железками [7]. Жилкование – перисто-сетчатое.

С закладки бутонов начинается фаза вегетативно-генеративного побега, которая продолжается с конца июня по сентябрь. Одновременно с цветением и плодоношением монокарпический побег продолжает нарастать моноподиально. Длина побегов варьирует от 17 до 45 см. Соцветие – интеркалярная двойная фрондозная кисть, содержит до четырех пар простых брактеозных открытых кистей. Цветки в простой кисти расположены супротивно и очередно. Осенью надземный участок отмирает.

Фаза вторичной деятельности у изученных экземпляров не обнаружена. Мы предполагаем, что описываемое во всех определителях корневище, имеет переходное образование от столона к корневищу, как у *Lysimachia vulgaris* L. по данным И. Г. Серебрякова [1]. Со столоном его объединяет непродолжительная длительность жизни, с корневищем – значительный диаметр и способность к запасу веществ. Морфологическая дезинтеграция нормальная специализированная, приводит к вегетативному размножению омоложенными зачатками.

В строении монокарпического побега выделили пять структурно-функциональных зон (рис. 3). Нижняя зона торможения (НЗТ) находится в базальной части побега, соответствует геофильному участку, образована 3–4 метамерами из длинного междоузлия, узла с супротивно расположенными листьями низовой формации и нереализованными почками. Она обеспечивает расселение, закрепление территории, проведение и запас питательных веществ.

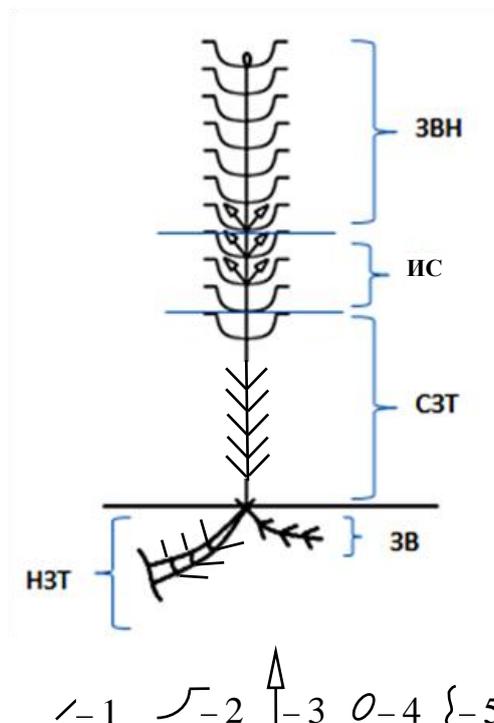


Рис. 3. Структурно-функциональные зоны монокарпического побега *Naumburgia thyrsoflora* (придаточные корни удалены, число метамеров не учтено): 1 – лист низовой формации; 2 – лист срединной формации; 3 – кисть; 4 – почка, 5 – место морфологической дезинтеграции; остальные пояснения – в тексте

Зона возобновления (ЗВ) находится на дуге побега при смене направления его роста. Она включает 1–2 метамера, имеющие длинное междоузлие, узел с супротивно расположенными листьями низовой формации и почками возобновления. Несмотря на это, чаще всего реализуется только одна почка возобновления. Остальные почки иногда трогаются в рост, но развернувшиеся побеги в последующем перегибаются. Это приводит к формированию жизненной формы замещающего малолетника.

Средняя зона торможения (СЗТ) представлена водно-воздушным или воздушным участком монокарпического побега, включает до 9 метамеров двух типов. Первые образованы длинным междоузлием, узлом с супротивно расположенными чешуевидными листьями и нереализованными почками, вторые – длинным междоузлием, узлом с супротивно расположенными листьями срединной формации и нереализованными почками. Основные функции зоны – вынос репродуктивных органов в воздушную среду, ассимиляция, проведение веществ в выше находящиеся органы.

Интеркалярное соцветие (ИС) у *N. thyrsoflora* сложено 1–4 метамерами из длинного междоузлия, узла с супротивно расположенными листьями срединной формации и кистями. Функции зоны – репродуктивная и ассимиляция.

Зона вторичного вегетативного нарастания (ЗВН) включает воздушный участок побега, имеющий до 7 метамеров из длинного междоузлия, узла с супротивно расположенными листьями срединной формации и неразвитыми почками. Функция зоны – фотосинтез.

Такое же строение монокарпического побега описано Н. П. Савиных для некоторых видов рода *Veronica* [6]. Предполагается, что интеркалярные соцветия возникали в условиях тенистых лесов и гумидного климата. Это подтверждают и находки *N. thyrsoflora* в нижне- и средне-плиоценовых отложениях [13]. С похолоданием, по-видимому, происходит уменьшение числа парциальных соцветий и цветков в них.

Таким образом, *N. thyrsoflora* является вегетативно-подвижным летне-зеленым травянистым поликарпиком с ранней полной морфологической дезинтеграцией, малолетником вегетативного происхождения с монокарпическими дициклическими удлиненными побегами, криптофитом. По степени воздействия на среду обитания биоморфа особи изменяется от моноцентрической до явнополицентрической. Модель побегообразования – симподиальная длиннопобеговая, нарастание – базисимподиальное.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

1. Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Сов. наука, 1952. 391 с.
2. Серебрякова Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. М.: Наука, 1971. 358 с.
3. Troll W. Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. Berlin: Springer, 1935. 235 s.
4. Борисова И. В., Попова Т. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Ботан. журн. 1990. Т. 75. № 10. С. 1420–1429.
5. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. Т. 3. М.-Л.: Наука, 1964. С. 148–208.
6. Савиных Н. П. Род вероника: морфология и эволюция жизненных форм. Киров, 2006. 324 с.
7. Флора северо-востока европейской части СССР. Т. 4. Семейства Umbelliferae–Compositae. Л.: Наука, 1977. 312 с.
8. Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 3: Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. иссл., 2004. 520 с.
9. *Naumburgia thyrsoflora* (L.) Reichenb. Описание таксона. Режим доступа: <http://www.plantarium.ru>. Дата обращения: 11.03.2017 г.
10. Landolt E. Ökologische Zeigewerte der Schweizer Flora / Veröff. Geobot. Inst. der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich. 1977. H. 64. S. 1–208.
11. Ellenberg H. Zeigewerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Göttingen: Goltze, 1974. 216 s.
12. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.
13. Штейнберг Е. Н. Род 1124. Наумбургия – *Naumburgia* Moench. // Флора СССР. Т. XVIII. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 268–269.

О ПОБЕГООБРАЗОВАНИИ *INULA SALICINA* (СЕМ. COMPOSITAE)

С. В. Шабалкина, Ф. С. Суворова

Вятский государственный университет,
Nasturtium2017@yandex.ru, fainka2772@gmail.com

Одним из приоритетных направлений развития отечественной фармацевтической науки и практики является поиск, анализ и подбор дикорастущих растительных ресурсов для создания фитопрепаратов. В связи с этим исследованы анатомия вегетативных органов, биологически активные вещества и фармакологическая активность *Inula salicina* L. – девясила иволистного [1, 2]. Особенности побегообразования этого вида не изучены с позиций современной биоморфологии. В то же время познание строения побеговых систем, онтогенеза монокарпического побега перспективно для разработки рекомендаций по сбору растительного сырья из *I. salicina* и его эксплуатационного выращивания. Настоящее сообщение посвящено побегообразованию *I. salicina* с позиций структурно-функциональной зональности побегов.

I. salicina – евро-азиатский вид, произрастает в сосновых и лиственных лесах, по опушкам, на лесных, лесостепных, степных и солонцеватых лугах, в разнотравно- и типчаково-ковыльных степях, на меловых обнажениях, по берегам рек [3]. Растения предпочитают открытые или полузатененные пространства; богатые гумусом, нейтральные или слабощелочные почвы [4]. *I. salicina* обладает достаточно широкими адаптационными возможностями к различным вариациям климатопа (климатический индекс толерантности составляет 0,71) в экосистемах умеренного климата по сравнению к изменениям эдафотопы (почвенный индекс толерантности равен 0,48). Особи наиболее требовательны к режиму увлажнения почвы: не выдерживают длительные устойчивое подтопление и осушение.

Материал для исследования собран в течение вегетационного сезона 2016 г. в сообществе, расположенном на пойменном луге правого берега р. Вятки в окрестностях г. Кирова. Общее проективное покрытие травостоя – 98 %. Совместно с *I. salicina* произрастают *Agrostis tenuis* Sibth., *Alopecurus pratensis* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Galium boreale* L., *Lathyrus pratensis* L., *Lysimachia nummularia* L., *Plantago major* L., *Phleum pratense* L., *Potentilla argentea* L., *Prunella vulgaris* L., *Rumex acetosa* L., *Stellaria graminea* L., *Tanacetum vulgare* L., *Trifolium medium* L., *T. repens* L., *Vicia cracca* L. и другие. Также проанализированы образцы гербарной коллекции кафедры биологии и методики обучения биологии Вятского государственного университета. Побеговые системы изучали с использованием сравнительно-морфологического метода [5], онтогенез монокарпического побега описывали с позиций Т. И. Серебряковой [6], структуру – W. Troll [7], Л. В. Мусиной [8], И. В. Борисовой и Т. А. Поповой [9].

Цельной единицей побеговой системы *I. salicina* является анизотропный дициклический (без учета фазы почки – моноциклический) удлиненный монокарпический побег. В своем развитии он проходит следующие фазы.

Фаза почки продолжается от 2–3 месяцев (почки регулярного возобновления) до нескольких лет (спящие почки). Почки возобновления расположены на дуге материнского побега, сложены осью, 7–12 листовыми зачатками, 2 примордиями и апексом (рис. 1). Спящие почки меньших размеров, образованы осью, 2–9 зачатками и апексом. Верхние зачаточные листья имеют негустое опушение, со временем буреют, выполняя функции почечных чешуй.

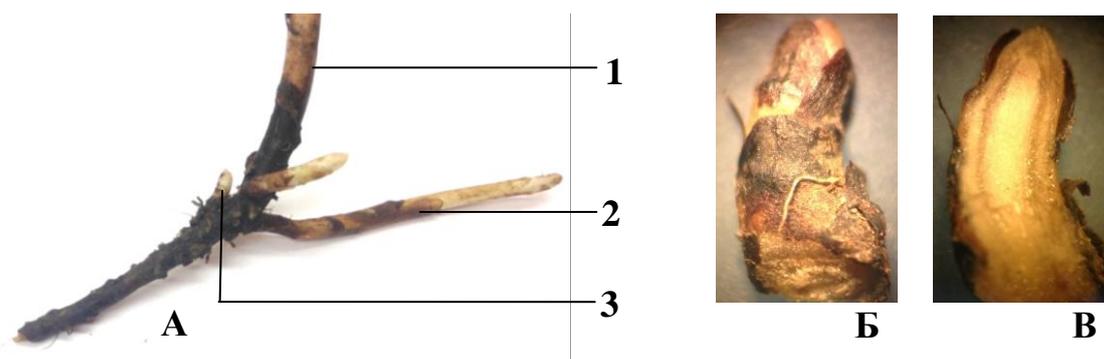


Рис. 1. Фрагмент побеговой системы и почка возобновления *Inula salicina* (сентябрь 2016 г.): А – фрагмент побеговой системы; Б – внешний вид почки возобновления; В – продольный срез почки возобновления; 1 – побег n-го порядка; 2 – геофильный участок побега n+1-го порядка; 3 – почка возобновления

Внепочечная фаза включает 4 фазы. Промежуточная фаза – развитие геофильного участка монокарпического побега (будущего резиды) из 2–8 метамеров и промежуточной почки. Промежуточная почка сложена осью, 7–13 листовыми зачатками и апексом.

Фаза вегетативного ассимилирующего побега начинается с разворачивания промежуточной почки, происходит изменение направления роста с диагеотропного на апогеотропное и вынос побега на поверхность субстрата. Стебель многогранный в поперечном сечении, опушенный. На нем очередно расположены листья низовой и срединной формаций. Первые листья мелкие, чешуевидные и бурые. Листья срединной формации опушенные, без прилистников, сидячие, простые с цельной листовой пластинкой, форма которой может быть продолговатой, ланцетной и линейной. Край ее – пильчатый, верхушка – острая, жилкование – перисто-сетчатое.

Фаза бутонизации, цветения и плодоношения в условиях подзоны южной тайги Кировской области начинается в середине июня и продолжается до конца вегетационного сезона (вплоть до выпадения снега). Монокарпический побег сложен 18–38 метамерами, высотой от 25 до 70 см. Размер его междоузлий изменяется от 0,2 см до 6,2 см (рис. 2). Определенной закономерности в изменении длины междоузлий не наблюдается. Замечено, что у одних побегов (например, у побегов № 1 и № 3) преобладают в длине междоузлия пер-

вых метамеров, что связано, вероятно, с выдвиганием почки над субстратом (рис. 2). У других (например, у побегов № 2 и № 4) – большую длину имеют междоузлия метамеров в соцветии, что обусловлено, по-видимому, с вынесением его над побегами других растений (рис. 2).

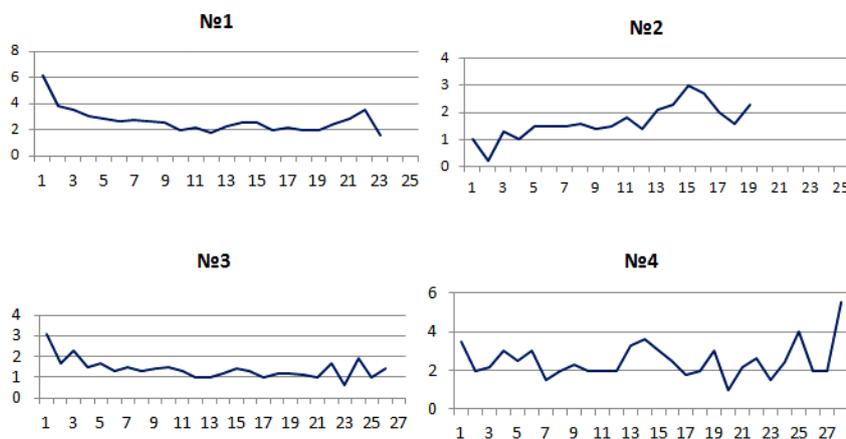


Рис. 2. Изменение длин междоузлий у монокарпических побегов *Inula salicina*: № 1–4 – номера побегов; Ох – номер метамера; Оу – длина междоузлия (см)

Соцветие у изученных побегов *I. salicina* – одиночная корзинка, щиток из корзинок или щитковидная метелка из корзинок. Корзинка крупная, в диаметре до 2,5 см. Обертка многорядная с кожистыми голыми листочками, реснитчатыми по краю, в верхней части красновато-фиолетовыми. Наружные листочки яйцевидные, яйцевидно-ланцетные или ланцетные с ромбической, треугольно-яйцевидной или продолговато-яйцевидной длиннозаостренной, часто отогнутой зеленой верхушкой. Внутренние листочки линейные, длиной 1 см и шириной 0,8–1,0 см, на 1/3 длиннее наружных, в верхней части коротко прижатоволосистые. Цветки желтые: краевые – ложноязычковые, женские; срединные – трубчатые, обоеполые [10].

Фаза вторичной деятельности наступает после отмирания надземной части исходного вегетативно-генеративного побега. Геофильный участок (резид) функционирует в составе гипогенного симподиально нарастающего (чаще в виде монохазия) корневища (рис. 3).

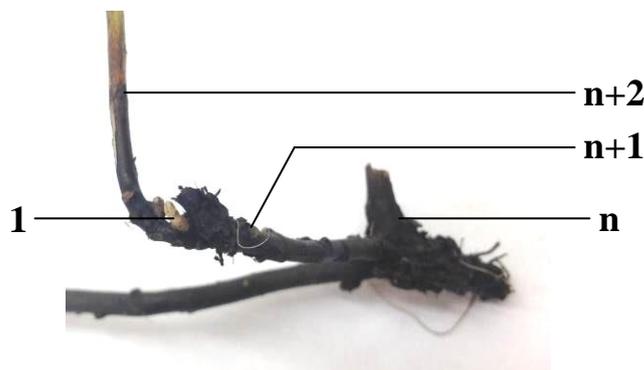


Рис. 3. Побеговая система *Inula salicina* (сентябрь 2016 г.): n, n+1, n+2 – побеги последовательных порядков; 1 – почка возобновления

В строении монокарпического побега *I. salicina* выделяются следующие структурно-функциональные зоны: нижняя, средняя и верхняя торможения, возобновления, обогащения и главное соцветие (рис. 4). Нижняя зона торможения (НЗТ) расположена в базальной части побега, соответствует геофильному участку, образована метамерами из длинного и короткого междоузлия, узла с отмершим листом низовой формации, неразвитой или спящей почкой. Она обеспечивает расселение и закрепление территории, служит резервом почек.

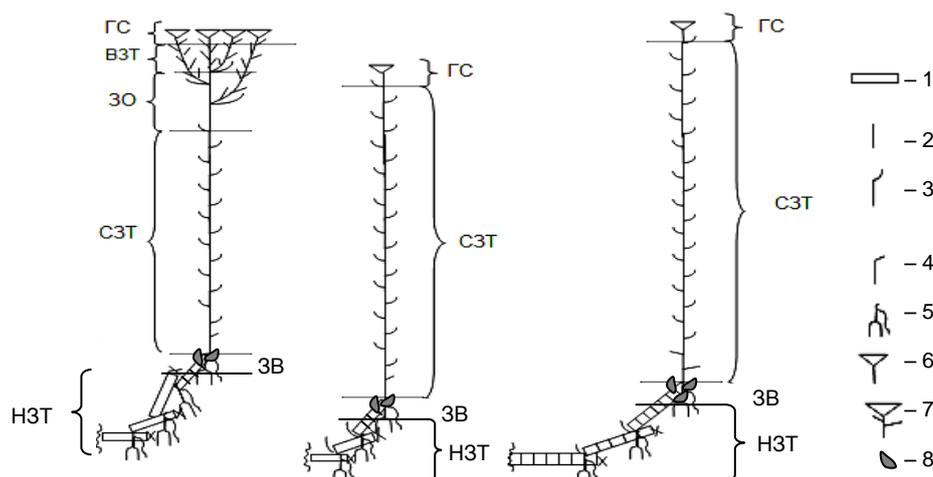


Рис. 4. Структурно-функциональные зоны монокарпического побега *Inula salicina*: 1 – многолетняя часть растения; 2 – однолетняя часть растения; 3 – метамер с листом срединной формации; 4 – метамер с листом низовой формации, 5 – придаточные корни; 6 – корзинка; 7 – паракладий; 8 – почка возобновления; остальные пояснения – в тексте

Зона возобновления (ЗВ) находится на дуге побега при смене направления роста с горизонтального на вертикальный. Она включает до 4 метамеров, имеющих короткое междоузлие, узел с отмершим чешуевидным листом и почкой возобновления. Ее основная функция – возобновления растения после периода покоя.

Средняя зона торможения (СЗТ) представлена фрагментом монокарпического побега, включает до 38 метамеров двух типов. Первые (в числе 5–11) образованы длинным междоузлием, узлом с чешуевидным листом и нереализованной почкой, вторые (в числе 13–27) – длинным междоузлием, узлом с листом срединной формации и нереализованной почкой. Основные функции зоны – вынос репродуктивных органов в верхние ярусы травостоя, фотосинтез, проведение веществ в выше и ниже расположенные органы.

Зона обогащения (ЗО) представляет собой разветвленный участок побега в надземной части. Она включает до 5 метамеров, образованных длинным междоузлием, узлом с листом срединной формации и паракладием. Функции зоны – репродукция и фотосинтез. Зона обогащения у монокарпических побе-

гов встречается нечасто, в основном, вероятно, у особей среднего генеративного онтогенетического состоянии.

Верхняя зона торможения (ВЗТ) входит в состав синфлоресценции (щитка из корзинок или щитковидной метелки из корзинок), включает до 4 метамеров с длинным междоузлием, узлом с листом срединной формации меньших размеров и неразвитой почкой. Она выполняет функцию фотосинтеза.

Главное соцветие (ГС) в виде терминальной корзинки венчает монокарпический побег, выполняет репродуктивную функцию.

В целом, побеговая система *I. salicina* нарастает базисимподиально, развивается по симподиальной длиннопобеговой модели. Наличие геофильных участков, спящих почек, вариабельность размеров побега, числа и типов метамеров, высокая семенная продуктивность (особенно при формировании зоны обогащения) обеспечивают высокую конкурентоспособность особей среди наземных трав. В зависимости от состава необходимого сырья для приготовления фитопрепаратов растения *I. salicina* следует собирать в разные годы: при заготовке надземных органов – на 2–3 год, подземных органов – не ранее, чем через 4–6 лет.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073)

Литература

1. Бубенчикова В. Н., Азарова А. В., Кондратова Ю. А. Морфолого-анатомическое исследование травы девясила иволистного // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 5. С. 519–522.
2. Азарова А. В. Фармакогностическое изучение девясила иволистного. Дис. ... канд. фарм. наук. Курск, 2014. 149 с.
3. Горшкова С. Г. Род 1496. Девясил – *Inula* L. // *Флора СССР*. Т. XXV / Под ред. Б. К. Шишкина. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 433–477.
4. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.
5. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // *Полевая геоботаника*. Т. 3. М.–Л.: Наука, 1964. С. 148–208.
6. Серебрякова Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. М.: Наука, 1971. 358 с.
7. Troll W. *Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen*. Berlin: Springer, 1935. 235 s.
8. Мусина Л. С. Побегообразование и становление жизненных форм некоторых ризомобразующих трав // *Бюлл. МОИП. Отд. биол.* 1976. Т. 81. Вып. 6. С. 123–132.
9. Борисова И. В., Попова Т. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // *Ботан. журн.* 1990. Т. 75. № 10. С. 1420–1429.
10. Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. *Иллюстрированный определитель растений Средней России*. Т. 3: Покрывосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. иссл., 2004. 520 с.

О СТРОЕНИИ И РАЗВИТИИ МОНОКАРПИЧЕСКОГО ПОБЕГА *ТУРНА LATIFOLIA* (ТУРНАСЕАЕ)

С. В. Шабалкина, М. В. Карсакова

Вятский государственный университет,
Nasturtium2017@yandex.ru, marya.karsakova@yandex.ru

Поликарпические травы представляют собой систему последовательно сменяющих друг друга монокарпических побегов, развивающихся из почек [1]. В течение одного или нескольких лет монокарпический побег нарастает моноподиально, заканчивая цикл развития цветением и плодоношением. По окончании плодоношения он отмирает до базальной части с органами возобновления [1]. Поэтому изучение его развития важно и необходимо для описания структуры травянистых поликарпиков. Данное сообщение посвящено особенностям побегообразования *Typha latifolia* L. в связи с условиями среды.

Материал для исследования собран в пос. Пижма Тоншаевского района Нижегородской области в течение вегетационных периодов 2014–2016 гг. Основной метод исследования – сравнительно-морфологический [2]. При анализе структуры монокарпического побега особое внимание уделяли строению и числу метамеров геофильного и водно-воздушного участков, строению почек.

T. latifolia встречается в Евразии, Южной и Северной Америке, Африке, занесен в Австралию и Новую Зеландию [3]. В России произрастает повсеместно, за исключением Арктики, по берегам водоемов и водотоков, на болотах, местах выемки торфа и глины, в придорожных канавах. В соответствии с выделенными В. Г. Папченковым [4] экологическими группами растений *T. latifolia* относится к гелофитам – растениям, базальные части которых погружены в воду. Они занимают прибрежные мелководья с глубиной до 1(2) м, способны переносить длительное обсыхание в период вегетации.

Экологические предпочтения *T. latifolia* описаны по шкалам Л. Г. Раменского [5], Д. Н. Цыганова [6], Н. Ellenberg [7] и Е. Landolt [8], в таблице отражены характеристики основных факторов. Согласно Д. Н. Цыганову [6] особи предпочитают субаридные ($Om=8$) условия материков ($Kn=9$) с суммарной радиацией 30–50 ккал/см² · год ($Tm=8,5$), умеренные зимы со средней температурой самого холодного месяца от –8 до –16°С ($Cr=6,5$), световой режим открытых и полукрытых ($Lc=2,5$) болотно-лесолуговых и болотных ($Hd=18$) пространств, довольно богатые ($Tr=8$) и слабокислые с $pH=5,5–6,5$ ($Rc=7$) почвы, обеспеченные азотом ($Nt=9$).

На основе градации шкал Д. Н. Цыганова по методике Л. А. Жуковой [9] определена экологическая валентность *T. latifolia* по отношению к девяти факторам. Вид обладает низкой валентностью по фактору увлажнения почвы ($Hd=0,30$), по отношению к шести факторам ($Tr=0,58$; $Tm=0,59$; $Kn=0,87$; $Om=0,73$; $Cr=0,80$; $Rc=1$) является эвривалентным, мезовалентным по шкалам богатства почвы азотом ($Nt=0,45$) и освещенности-затенения ($Lc=0,44$). Ин-

декс толерантности равен 0,59, что характеризует вид гемиэврибионтным в совокупности ко всем факторам.

Таблица

**Экологическая характеристика *Typha latifolia*
по основным факторам среды**

Экологические факторы	Характеристика растений и их местообитаний			
	Н. Ellenberg	Е. Landolt	Л. Г. Раменский*	Д. Н. Цыганов*
Температура	условия умеренно тепло-го и тепло-го климата, от равнин до высокогорий	нижнегорный и предгорный пояс, низменности	–	режимы субарктического, бореального, суббореального, неморального, субсредиземно-морского и средиземноморского климата
Свет	полусветовое или полностью световое растение	необходимо полное освещение, но могут выживать и при небольшом затенении	–	световая, субсветовая, кустарниковая и разреженнолесная свиты
Увлажнение почвы	часто затопляемые	сильно увлажняемые, насыщенные водой, избегает сухие и умеренно увлажненные	сыро- и болотно-луговое, болотное, местообитания прибрежно-водной растительности	сыро- и болотно-лесолуговое, болотное, водно-болотное и прибрежно-водное
Кислотность почвы	в основном на нейтральных, реже – на кислых и щелочных	слабокислые, иногда нейтральные или слабощелочные	–	от очень кислых до щелочных
Богатство почвы элементами минерального питания (особенно азотом)	высокое содержание азота	богатые	от бедных до слабо- и средне солончаковых	достаточно обеспеченные, богатые и избыточно богатые
Содержание гумуса	–	среднее содержание		от бедных до среднезасоленных

* по Л. Г. Раменскому и Д. Н. Цыганову указаны амплитуды режимов

Побеговые системы *T. latifolia* образованы разновозрастными ди- или трициклическими вегетативно-генеративными анизотропными среднерозеточными монокарпическими и вегетативными побегами. Они развиваются из пазушных почек геофильных метамеров розеточного участка побега предыдущего порядка [10]. В развитии монокарпического побега сменяются следу-

ющие фазы: почки; промежуточная; вегетативного ассимилирующего побега; бутонизации, цветения и плодоношения; вторичной деятельности.

Почка возобновления закладывается в пазухе листа срединной формации розеточного участка исходного побега, образована осью, 6–9 листовыми зачатками и апексом (рис. 1 А). Листовые зачатки в числе 2–3-х темно-коричневые, 4–6 светло-зеленые. Развитие побега на стадии почки длится около года.

Фаза геофильного побега (промежуточная) начинается с разворачивания почки возобновления в субстрате. Он плагитропный (рис. 2), образован 3–8 метамерами, имеющими длинное междуузлие размером от 1,5 см до 4,5 см, узел с листом низовой формации и неразвитой почкой. При изучении структуры побеговых систем *T. latifolia* в условиях Кировской области Е. В. Лелекова [10] отмечает 12–14 метамеров геофильного участка.

На геофильном побеге расположены придаточные корни длиной до 15 см, ветвящиеся до второго порядка. Листья низовой формации – чешуевидные, цельнокрайние, с острой верхушкой, дуговым жилкованием; с возрастом лист приобретает темно-коричневую окраску. На верхушке находится промежуточная почка, сложенная осью, 2–3 чешуевидными листьями, 2–4 колпачковыми листьями, 1–6 зачаточными листьями срединной формации, апексом (рис. 1 Б).

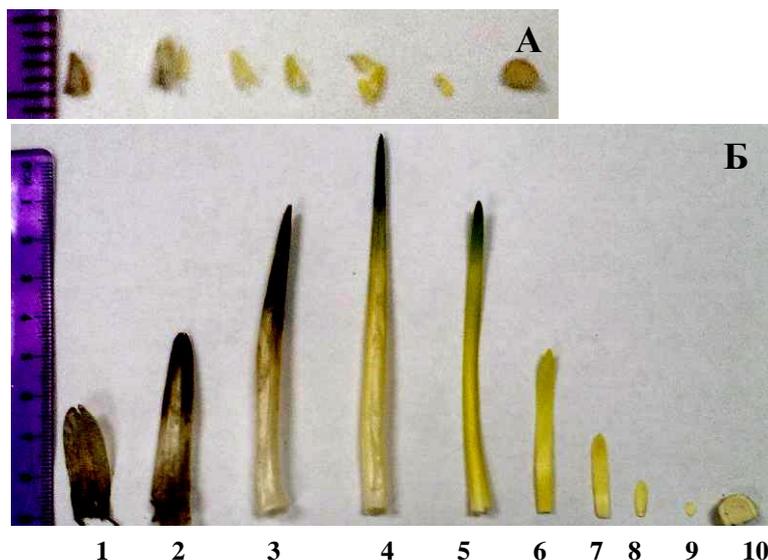


Рис. 1. Строение почек *Typha latifolia*: А – почка возобновления; Б – промежуточная почка; 1–2 – чешуевидные листья; 3–5 – колпачковые листья; 6–9 – зачаточные листья срединной формации; 10 – фрагмент оси с апексом

В фазу вегетативного ассимилирующего побега (рис. 2 В) монокарпический побег имеет анизотропное положение. В это время развивается водно-воздушный розеточный участок из 4–24 метамеров, образованных коротким междуузлем, узлом с листом срединной формации и неразвитой почкой.

Верхушечная почка вегетативная. По мере развития монокарпического побега закладываются пазушные почки.

Листорасположение – очередное, двурядное. Листья срединной формации простые, сидячие, широколинейные, влагалищные, цельнокрайние, верхушка – острая, жилкование параллельное. Влагалища листьев сомкнуты, плотно обхватывают ось. Ушки прямые, равноуровненные с широкопленчатым краем [11].

В фазу бутонизации, цветения и плодоношения развивается удлиненный водно-воздушный участок полурозеточного монокарпического побега (рис. 2Г). Общее число метамеров анизотропных побегов достигает 40 [10]. Листья срединной формации не превышают соцветие, идентичны описанным ранее.

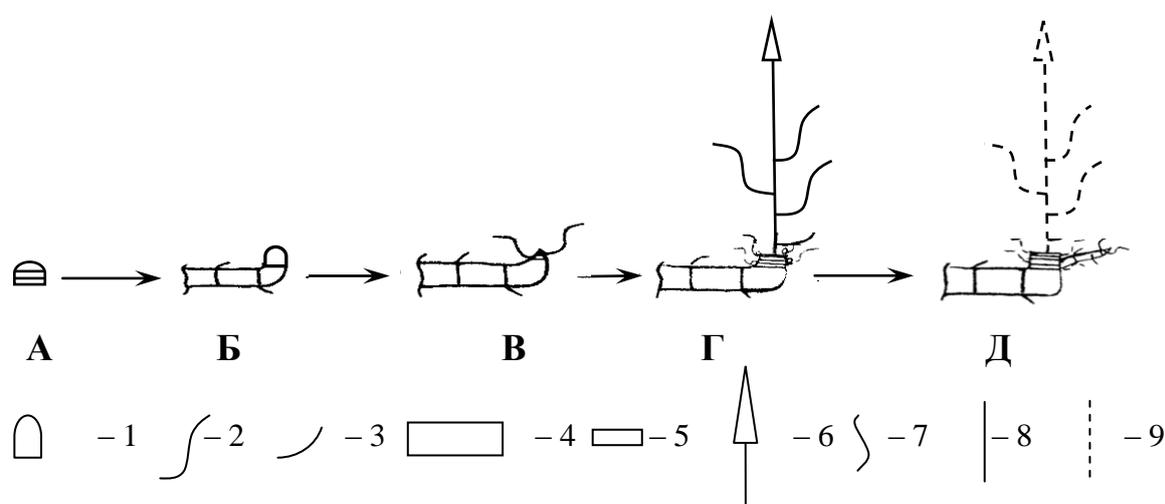


Рис. 2. Развитие монокарпического побега *Typha latifolia* (число метамеров не соблюдено, придаточные корни удалены): А – фаза почки; Б – фаза геофильного побега; В – фаза вегетативного ассимилирующего побега; Г – фаза бутонизации, цветения и плодоношения; Д – фаза вторичной деятельности; 1 – почка; 2 – лист срединной формации; 3 – чешуевидный лист; 4 – длинное междоузлие; 5 – короткое междоузлие; 6 – главное соцветие; 7 – место морфологической дезинтеграции; 8 – однолетняя часть побега; 9 – отмершие части побега

Фаза вторичной деятельности наступает с момента отмирания исходного вегетативно-генеративного побега. Его геофильный участок функционирует в составе гипогеогенного симподиально нарастающего корневища.

В соответствии с подходами W. Troll [12] и последующими дополнениями монокарпический побег *T. latifolia* дифференцирован на структурно-функциональные зоны: нижняя и средняя торможения, возобновления и главное соцветие (рис. 3). Нижняя зона торможения находится в субстрате, образована 3–6 метамерами, имеющими длинное междоузлие, узел с листом низкой формации и неразвитой почкой. Она выполняет функции расселения образующихся парциальных побегов и особи в целом, занятия и закрепления

пространства, запаса питательных веществ. Благодаря значительным размерам, конкуренция между побегами и особями в будущем снижается.

Зона возобновления (рис. 3) расположена в почвенно-водной среде, образована 5–23 метамерами из короткого междоузлия, узла с отмершим листом срединной формации и почкой возобновления. Последние находятся на разных этапах развития. Из-за неодновременного разворачивания почек побеги замещения образуют своеобразные «этажи»; в результате занятая однажды территория осваивается неоднократно.

Средняя зона торможения (рис. 3) представлена фрагментом воздушно-водного побега, выполняет функции ассимиляции и выноса главного соцветия. Она сложена 4–10 метамерами, имеющими длинное междоузлие, узел с листом срединной формации и неразвитой почкой.

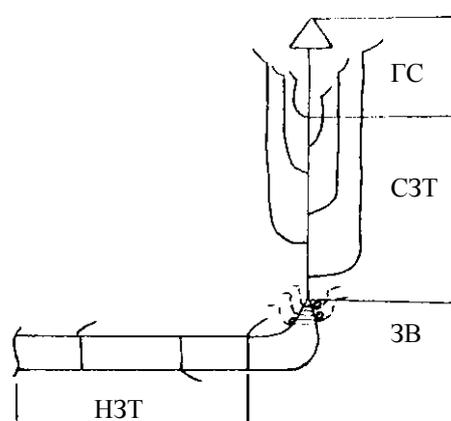


Рис. 3. Структурно-функциональные зоны монокарпического побега *Typha latifolia*: НЗТ – нижняя зона торможения; ЗВ – зона возобновления; СЗТ – средняя зона торможения; ГС – главное соцветие

Главное соцветие представляет початок (spadix), состоящий из верхнего – тычиночного (мужского) и нижнего – пестичного (женского) соцветий. Они расположены на соцветной оси друг над другом, промежуток между ними отсутствует. Брактеи при початках опадают. Тычиночный початок после созревания и высыпания пыльцы распадается, оставляя рубец на соцветной оси. Пестичный початок сохраняется дольше, распадается в октябре–ноябре, довольно часто зимует в северных широтах [11].

В целом, строение и развитие монокарпического побега *T. latifolia* консервативно, переменны лишь число метамеров структурно-функциональных зон и продолжительность фазы почки. Благодаря неодновременному разворачиванию почек возобновления, побеги занимают одно и то же пространство неоднократно. Это обеспечивает снижение конкуренции, а также длительное существование особей и ценопопуляций в пространстве и во времени.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

1. Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений М.: Сов. наука, 1952. 391 с.
2. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. Т. 3. М.-Л.: Наука, 1964. С. 148–208.
3. Flora of North America. Vol. 7. 2007. Режим доступа: <http://floranorthamerica.org>
4. Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.
5. Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.
6. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.
7. Ellenberg H. Zeigewerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Gottingen: Goltze, 1974. 216 s.
8. Landolt E. Ökologische Zeigewerte der Schweizer Flora / Veröff. Geobot. Inst. der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich. 1977. Н. 64. S. 1–208.
9. Жукова Л. А. Оценка экологической валентности видов основных эколого-ценотических групп // Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность: в 2 кн. Кн. 1. М.: Наука, 2004. С. 256–270.
10. Лелекова Е. В. Биоморфология водных и прибрежно-водных семенных растений северо-востока Европейской России: Дис. ... канд. биол. наук. Киров, 2006. 203 с.
11. Краснова А. Н. Тератоморфы рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.) // Промышленная ботаника. 2008. Вып. 8. С. 51–54.
12. Troll W. Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. Berlin: Springer, 1935. 235 s.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТЬЕВ СРЕДИННОЙ ФОРМАЦИИ *PETASITES SPURIUS* (RETZ.) REICHENB.

М. Н. Шаклеина, Н. П. Савиных
Вятский государственный университет,
mariyashakleina@mail.ru, savva_09@mail.ru

В строении побега выделяют осевые (стебель и корень) и боковые органы. Последние представлены листьями трех формаций: низовой, срединной и верховой. Они имеют более или менее плоскую форму и дорсовентральное строение, у семенных растений – ограниченный рост в длину и, как правило, не производят никаких других органов [1]. Внутреннее строение листьев срединной формации и состав тканей, слагающих их, определяется выполняемыми функциями. Защиту внутренних тканей от действия внешних факторов выполняет покровная ткань – эпидерма; фотосинтез – хлорофиллоносная (мезофилл); поступление в лист воды и отток из него продуктов ассимиляции – проводящие ткани пучков, распределение и взаимосвязь которых характеризует способ жилкования [2]. В то же время анатомическое строение листа отражает основные адаптации растения на клеточном и тканевом уровнях к условиям окружающей среды, в том числе – к условиям переменного обводнения, когда вода в течение вегетационного сезона на некоторое время покрывает территории (обычно во время половодья).

Одним из растений, способным существовать в этих условиях, является *Petasites spurius*. Это – летнезеленый длиннокорневищный травянистый малолетник вегетативного происхождения, поликарпик [3], геофит; еврозападносибирский умеренный [4], бореально-субмеридиональный [5] вид. Встречается во влажных местах с рыхлой песчаной или каменистой почвой: по берегам озер, рек, ручьев; в окрестностях болот и сырых оврагов [4].

Ранее мы выявили основные морфологические адаптации *P. spurius* к условиям переменного увлажнения на уровне отдельных структур и целостных побеговых систем [3]. Также мы установили изменения в анатомическом строении стебля, связанные со средой обитания [6]. Следующий этап работ – выяснение адаптаций к условиям переменного обводнения в строении листьев срединной формации. Этому и посвящено данное сообщение.

Для проведения исследования в мае – сентябре 2016 года выкапывали целостные монокарпические побеги *P. spurius* или розеточные участки с листьями срединной формации. Срезы проводили в районе средней жилки с участком пластинки листа срединной формации. В дальнейшем анализировали срезы, используя микроскоп Motic BA300 со встроенным видеоокуляром; измеряли клеточные структуры с использованием программы, разработанной Г. Я. Кантором.

Листья срединной формации (рис. 1) сизо-зеленые, без прилистников, длинночерешковые, простые. Их длина – от 26 до 71 ($39,6 \pm 15,8$) см, соотношение длины листовой пластинки и черешка составляет примерно 1:1. Листовая пластинка длиной от 12 до 34 ($20,7 \pm 7,1$) см, шириной от 10,5 до 56 ($31,4 \pm 12,9$) см, сердцевидно-треугольная с заостренной верхушкой, неравновыемчато-зубчатым краем, пальчато-сетчатым жилкованием. Нижняя сторона ее имеет обильное бело-войлочное опушение. На верхней стороне также есть волоски, но в меньшем количестве. Благодаря большим размерам горизонтально расположенных листьев срединной формации создаются условия, препятствующие развитию других видов растений под ними.



Рис. 1. Листья срединной формации *Petasites spurius*

Покровная ткань листа срединной формации *P. spurius* – эпидерма. Она значительно различается на верхней и нижней стороне листовой пластинки.

Клетки верхней эпидермы на поперечном срезе (рис. 2. I) имеют прямоугольную или близкую к ней форму. Сверху они покрыты слоем кутикулы (рис. 2 а), незначительными волосками, что является адаптацией к наземным условиям среды. На препарате снятой этой эпидермы основные эпидермальные клетки округлой или вытянутой неправильной формы (рис. 2. II). Иногда в них можно увидеть мелкие хлоропласты (рис. 2 в). Отличительной особенностью строения листьев всех водных и прибрежно-водных растений является наличие устьиц на верхней стороне листа. В строении листьев срединной формации *P. spurius* проявляется эта же тенденция: на препарате хорошо видны устьица (рис. 2. II), состоящие из замыкающих клеток (рис. 2 г) и устьичной щели (рис. 2 д). Устьичный аппарат аномоцитного типа.

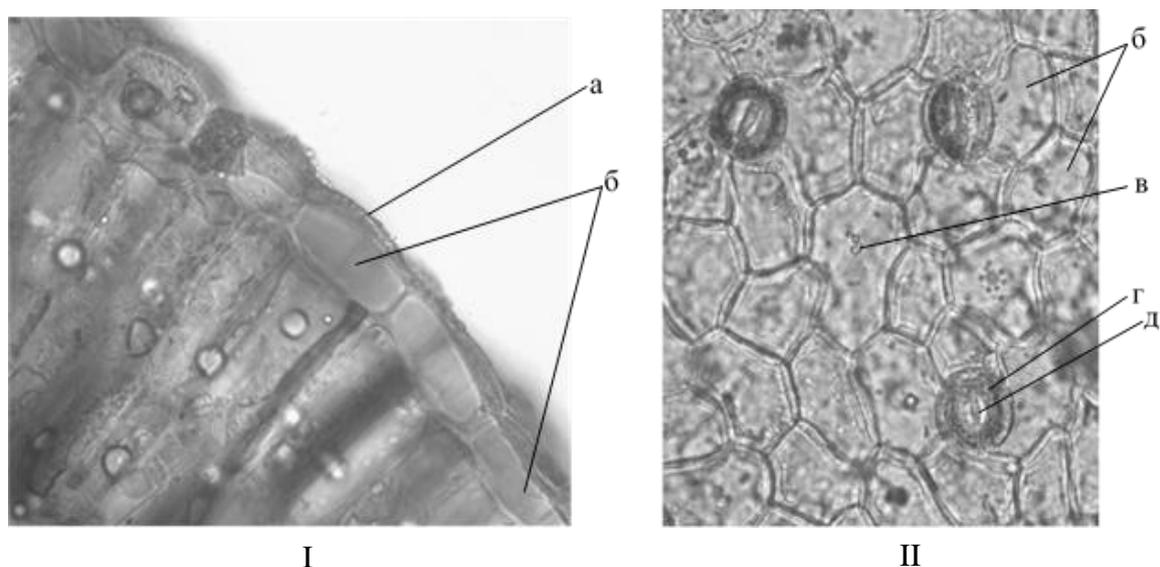


Рис. 2. Верхний эпидермис листа срединной формации *Petasites spurius* (10×40): I – поперечный срез, II – препарат снятой эпидермы; а – кутикула; б – клетки эпидермы; в – хлоропласты; г – замыкающие клетки устьица; д – устьичная щель

Непосредственно под верхней эпидермой расположена хлорофиллоносная ткань листа – мезофилл, занимающий основной внутренний объем листовой пластинки. Он дифференцирован на палисадную и губчатую ткань (рис. 3).

Клетки палисадной ткани (рис. 3 а) прямоугольной формы длиной 85–100 мкм, шириной – 40–45 мкм. Они плотно сомкнуты между собой и образуют три четко видимых ряда. По сравнению с губчатой тканью клетки палисадного мезофилла имеют более темную окраску, что объясняется содержанием в них большего количества хлоропластов. Основное количество ассимилятов образует именно эта ткань.

Губчатый мезофилл (рис. 3 б) составлен клетками прямоугольной, неправильной, округлой или близкой к ней форм. Клетки светло окрашены и содержат небольшое число хлоропластов. Основной объем этой ткани занимают достаточно крупные межклетники. Функция фотосинтеза у этой ткани проявляется незначительно; основная – вентиляционная.

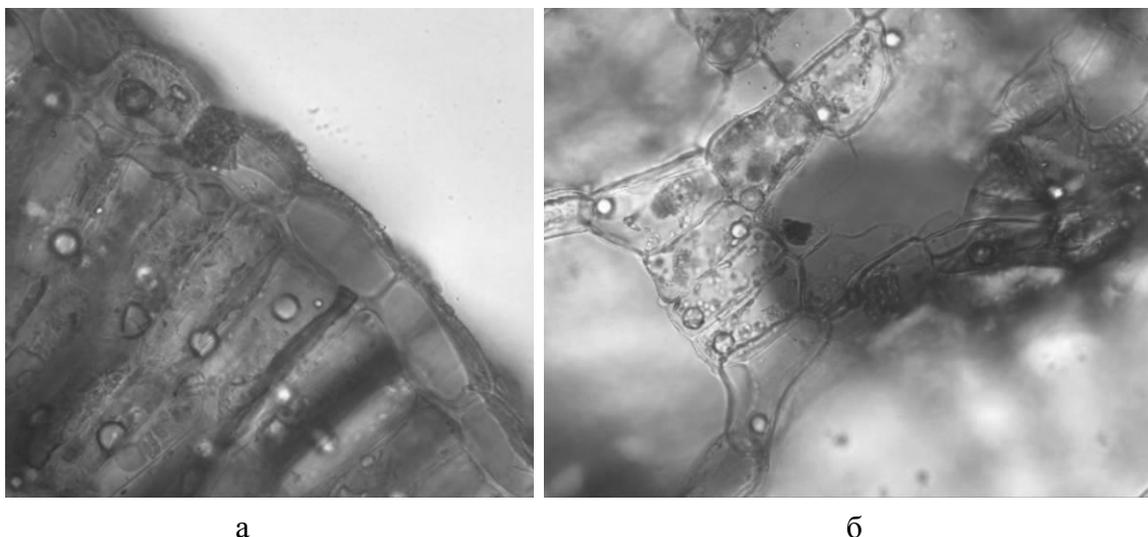


Рис. 3. Мезофилл листа срединной формации *Petasites spurius* (10×40):
а – палисадный тип; б – губчатый тип

Нижняя эпидерма составлена плотно сомкнутыми клетками, на поперечном срезе прямоугольными или близкой к ней формы. Она не содержит устьиц, но включает большое число трихом, за счет чего обеспечивается обильное бело-войлочное опушение нижней поверхности листа. По-видимому, это предохраняет растение от излишнего испарения после схода воды летом при высокой температуре песка и окружающего воздуха на пляжах.

Черешок листа срединной формации цилиндрический на поперечном сечении с одной крупной бороздой и множеством мелких бороздок, опушен.

Покровная ткань представлена эпидермой (рис. 4 а), состоящей из плотно сомкнутых клеток прямоугольной формы. Непосредственно под ней расположена склеренхима (рис. 4 б).

Она имеет вид сплошного субэпидермального слоя и занимает практически половину поперечного среза до проводящих пучков. Клетки склеренхимы округлой формы диаметром от 40 до 80 ($53,8 \pm 3,8$) мкм с сильно утолщенными клеточными оболочками. Это можно оценить, как адаптацию растения к наземным условиям среды и ориентации листа параллельно поверхности почвы при большой массе листовой пластинки.

Паренхимные клетки, расположенные конутри от склеренхимы (рис. 4 в), округлой формы диаметром от 90 до 120 ($103,4 \pm 11,7$) мкм. Они расположены рыхло и иногда образуют мелкие межклетники диаметром до 100 мкм, что является адаптацией к условиям переменного обводнения и недостатку газов в условиях подтопления.

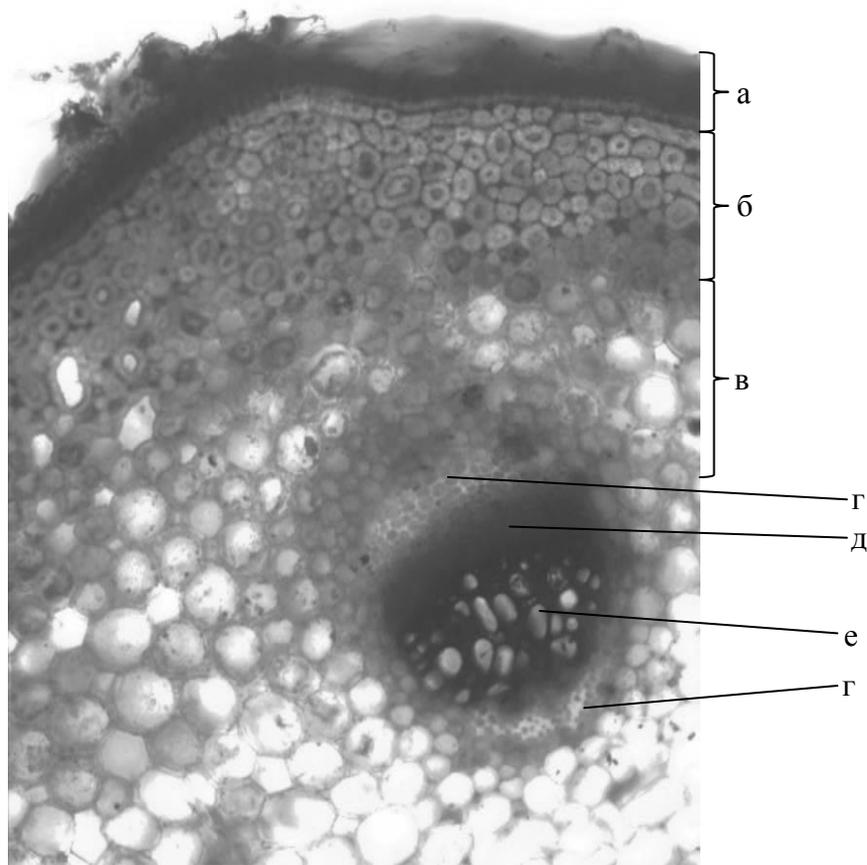


Рис. 4. Поперечный срез черешка листа срединной формации *Petasites spurius* (10×10): а – эпидерма; б – склеренхима; в – паренхима; г – участки склеренхимы; д – флоэма; е – ксилема

Сосудисто-волокнистые пучки черешка закрытые коллатеральные. Склеренхима в его составе расположена двумя участками: над флоэмой и под ксилемой (рис. 4 г).

Флоэма (рис. 4 д) состоит из ситовидных трубок с простыми ситовидными полями, клеток спутниц и лубяной паренхимы. Ксилема (рис. 4 ж) составлена первичными трахеальными элементами и клетками паренхимы.

Таким образом, основными адаптациями к существованию в условиях переменного обводнения во внутреннем строении листовой пластинки листьев срединной формации является расположение устьиц и трихом на верхней стороне листа и крупные межклетники в мезофилле; в черешке – наличие склеренхимного субэпидермального кольца под покровной тканью, появление мелких межклетников в паренхиме и наличие склеренхимы в составе проводящего пучка. Удивительное сочетание признаков гидрофитов (устьица на верхней стороне листа) и ксерофитов (опушение листовой пластинки с обеих сторон и черешка) обеспечивает *P. spurius* фотосинтез при затопленных песчаных пляжах в половодье и водный баланс в условиях повышенной сухости после схода воды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

1. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений: Учебник для вузов / Т. И. Серебрякова, Н. С. Воронин, А. Г. Еленевский и др. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 543 с.
2. Лотова Л. И. Ботаника. Морфология и анатомия высших растений. М.: КомКнига, 2007. 512 с.
3. Шаклеина М. Н., Шабалкина С. В. Особенности строения и развития монокарпического побега *Petasites spurius* (сем. Compositae) // Фундаментальные и прикладные аспекты современной биологии: Матер. II Всерос. молодеж. науч. конф. (Томск, 24–26 ноября 2015 г.). Томск: Изд. дом ТГУ, 2015. С. 147–150.
4. Цвелёв Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб., 2000. 781 с.
5. Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.
6. Шаклеина М. Н., Савиных Н. П. Анатомическое строение оси побега *Petasites spurius* (Retz.) Reichenb. // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. 413 с.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЕЙ НАЗЕМНОЙ ЭКОБИОМОРФЫ ГОРЦА ЗЕМНОВОДНОГО

Н. П. Савиных, А. Н. Полубоярцева
Вятский государственный университет,
savva_09@mail.ru, alena.list2013@mail.ru

Влияние экологических факторов на растительный организм многообразно. Оно различно на разных стадиях онтогенеза и при смене условий произрастания. Условия переменного обводнения, когда влажность значительно изменяется в отдельные периоды вегетационного сезона, определяют строение растения, в том числе и внутреннее. Одно из таких растений горец земноводный – *Polygonum amphibium* L. Это – летнезеленый травянистый поликарпик; криптофит (геофит), существующий в природе в виде двух биоморф – водной и наземной. Он встречается на песчаных и глинистых берегах, в посевах, на приречных лугах, по обочинам дорог [1, 2]. Ранее мы изучили биоморфологию *P. amphibium* [3]. Для выявления адаптаций этого растения на тканевом уровне необходимо исследование внутреннего строения органов растения. Данное сообщение посвящено особенностям анатомии стебля разных участков целостного монокарпического побега (рис.1). *P. amphibium* встречается в природе в виде почти ацентрических особей из отдельных побеговых систем без выраженных центров воздействия на среду. Базальные участки их находятся в грунте, а средние и верхние – на поверхности. Поэтому мы анализировали строение стебля в трех его частях: геофильная, наземная – в средней части и у верхушки побега (рис. 1).

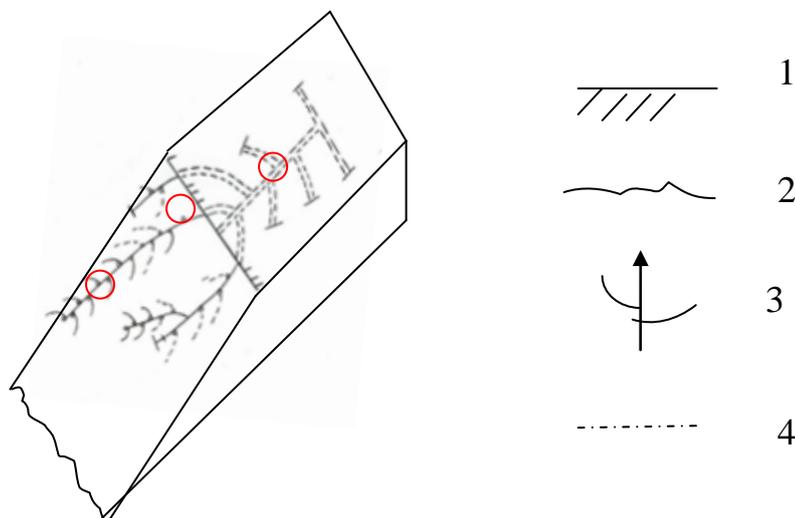


Рис. 1. Побеговые системы *P. amphibium* относительно уровня почвы и воды: овалами указаны участки побега, где были сделаны поперечные срезы; 1 – уровень почвы; 2 – уровень воды; 3 – надземные участки побегов; 4 – геофильные участки побегов

Материал для исследования собран в июле 2016 года в окр. п. Аркуль Нолинского района Кировской области на песчаном пляже по берегу р. Вятка. Анатомио-диагностические признаки изучали на серии поперечных срезов, выполненных лезвием, с использованием микроскопа Motic BA 300 со встроенным видеоокуляром.

Геофильные участки побегов. Стебли покрыты многослойной пробкой (рис. 2а). Длина клеток в пределах 50 мкм, ширина от 30 до 40 мкм.

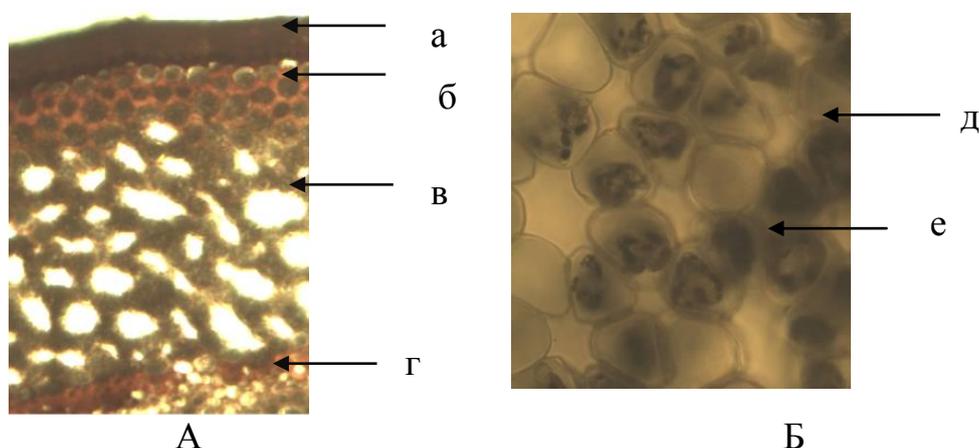


Рис. 2. Пробка, аэренхима (А) и паренхима (Б) геофильных участков побегов *P. amphibium* (увеличение 10x10 (А), 10x40 (Б): а – пробка; б – склеренхима; в – аэренхима; г – склеренхима; д – паренхима; е – крахмальные зерна

Под покровной тканью располагается первичная кора. Она включает несколько типов тканей. Снаружи находится склеренхима (рис. 2б) в виде сплошного кольца из 3 – 4 слоев клеток. Под ней расположена вентиляционная ткань – аэренхима (рис. 2в), что свойственно для большинства прибрежно-водных и водных трав. Межклетники аэренхимы длиной в пределах от 10 до 40 мкм, располагаются хаотично. Развитие аэренхимы в подземных орга-

нах *P. amphibium* оцениваем как адаптацию к условиям среды, в данном случае – к избыточному увлажнению в отдельные периоды вегетационного сезона во время подтопления. Паренхимные клетки (рис. 2д), окружающие межклетники, шаровидной формы, содержат много крахмальных зерен (рис. 2е). При окрашивании временного микропрепарата йодом они синеют и становятся хорошо заметными.

По расположению проводящих тканей стебель имеет пучковое строение. Сосудисто-волокнистые пучки (рис. 3.Иж) округло-овальной формы, располагаются, как у всех двудольных растений, по кругу, со склеренхимными участками с периферии и изнутри. В среднем длина пучков 260 мкм. Они открытые коллатеральные. Камбий представлен слоями тонкостенных близко расположенных друг к другу клеток, располагается кольцом по окружности стебля с выделением пучкового и непучкового участков. Одревесневают паренхимные клетки периферийных частей центрального цилиндра: прилежащие к ксилеме и в местах образования добавочных пучков.

Под ксилемой находится склеренхима с сильно утолщенными клеточными стенками. Ксилема включает трахеальные элементы и древесную паренхиму, ярко выражена вторичная ксилема (рис. 3.Иг). Диаметр ее сосудов достигает 50 мкм. Флоэма (рис. 3.Ид) представлена проводящими (ситовидными) трубками с клетками – спутницами и лубяной паренхимой.

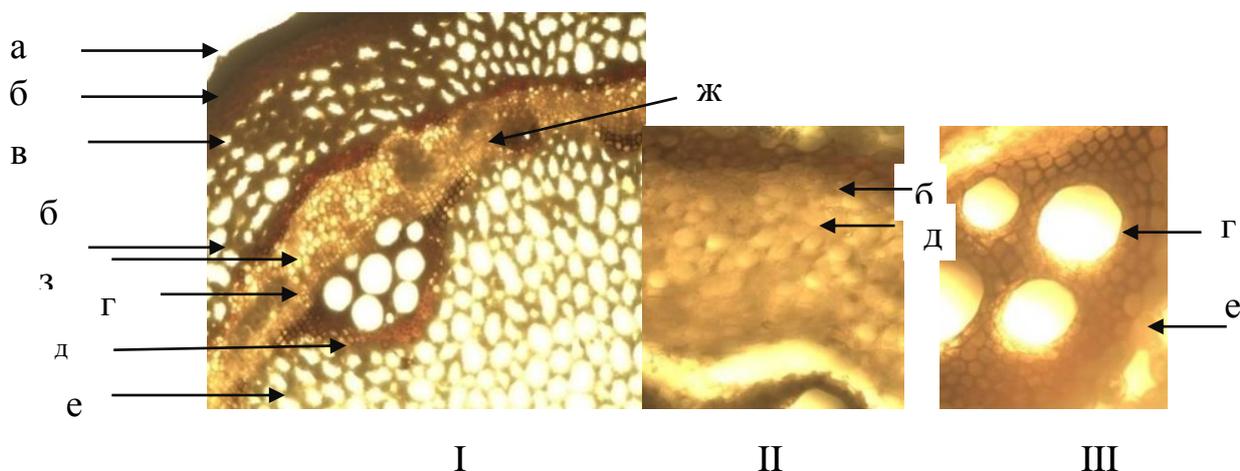


Рис. 3. Анатомическое строение оси геофильного участка побега горца земноводного: I – открытый коллатеральный пучок и камбий (10x10); II – флоэма (10x40); III – ксилема (10x40): а – пробка; б – склеренхима; в – аэренхима; г – ксилема; д – флоэма; е – паренхима; ж – закладывающийся коллатеральный пучок; з – камбий

Таким образом, отличительными особенностями строения стеблей геофильных участков побегов наземной формы *P. amphibium* является пучковое строение, хорошо выраженное кольцо камбия, наличие в паренхиме крупных межклетников. Также для стеблей геофильного участка характерно заложение, но не развитие добавочных проводящих пучков.

Надземные участки побегов. В анатомическом строении осевых органов выделяют те же анатомо-топографические зоны, что и в стебле геофильных участков побега (рис. 4.И). Но покровная ткань представлена эпидермой (рис. 4.Иа). Размеры ее клеток от 15 до 20 мкм (рис. 4.Ив). Первичная кора располагается под покровной тканью и включает 3 слоя клеток колленхимы (рис. 4.Иж). Под ней расположена аэренхима (рис. 4.Иб), зона которой значительно сокращена, по сравнению с геофильным участком. Межклетники аэренхимы разного размера: они шириной в пределах от 5 до 25 мкм. Паренхимные клетки (рис. 4.И), окружающие межклетники шаровидной формы с хлоропластами.

Стебель у надземных участков переходного типа. Сосудисто-волоконистые пучки прокамбиального происхождения (исходные пучки стебля) располагаются по кругу, в пределах до 240 мкм. Добавочные пучки без склеренхимного влагалища, значительно мельче. Все пучки открытые коллатеральные. Флоэма (рис. 4.Иг) представлена ситовидными трубками и клетками-спутницами, лубяной паренхимой. Ксилема (рис. 4.Ид) включает трахеальные элементы. Диаметр сосудов ксилемы составляет от 20 до 40 мкм. Главной особенностью стебля является наличие в центральной части воздухоносной полости, которая занимает его основную часть и крупных межклетников в сердцевинной паренхиме.

Таким образом, в средней части надземного участка формируется стебель *P. amphibium* переходного типа с образованием добавочных проводящих пучков и разрастанием сердцевины.

Анатомическое строение стебля *P. amphibium* в верхней части идентично по анатомо-топографическим зонам описанному выше. Покровная ткань также представлена эпидермой (рис. 4.Иа). Под ней еще не сформирована механическая ткань. Сразу под эпидермой находится аэренхима (рис. 4.Иб). Но длина ее клеток меньше: от 20 до 50 мкм. Стебель пучкового строения, сосудисто-волоконистые пучки коллатеральные открытые.

Флоэма (рис. 4.Иг) состоит из ситовидных клеток и клеток-спутниц. Диаметр сосудов ксилемы (рис. 4.Ид) составляет от 5 до 10 мкм. Сердцевинная паренхима располагается после проводящих элементов. Диаметр ее клеток не превышает 30 мкм.

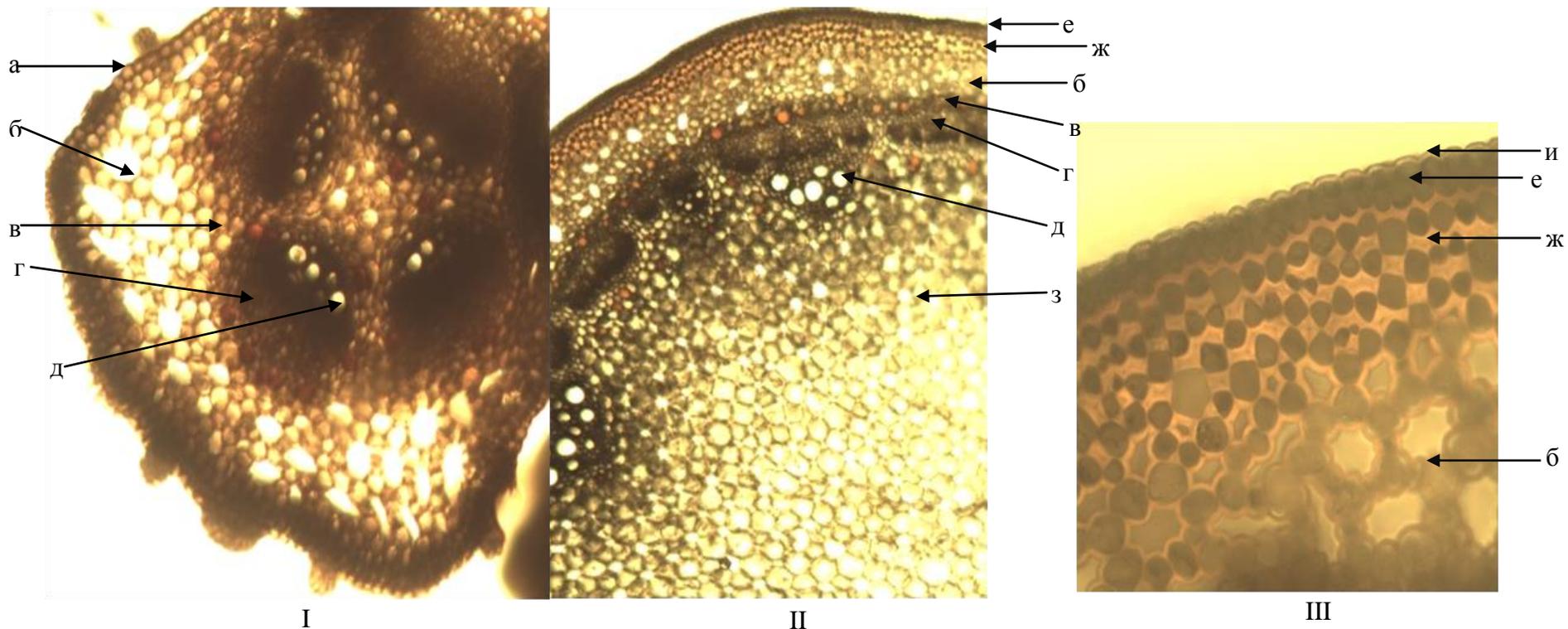


Рис. 4. Анатомическое строение различных участков стебля *P. amphibium*: I – строение верхней части (10x10), II – строение средней части надземного участка побега (10x10); III – покровная ткань и первичная кора надземных участков побегов (10x40): а – эпидерма; б – аэренхима; в – эндодерма; г – флоэма; д – ксилема; е – пробка; ж – колленхима; з – сердцевина; и – кутикула

Анатомическое строение стебля геофильных участков побегов существенно отличается от надземных, что определяется длительностью жизни побегов и условиями среды. В надземных более молодых участках стеблей представлена эпидерма и тонкий слой кутикулы; первичная кора образована сначала только паренхимой, а позднее – колленхимой и аэренхимой. У геофильных – склеренхимой и также аэренхимой. Стебель на начальных этапах развития, независимо от положения относительно субстрата, имеет пучковое строение без механических тканей в первичной коре. В будущем – с элементами переходного типа, когда закладывается непучковый камбий и отдельные фрагменты добавочных проводящих пучков у геофильных участков. В средней части надземного участка – типичное переходное строение стебля. Сердцевина имеется только в стеблях геофильных участков. Аэренхима отмечается в первичной коре на всем протяжении стебля, а у геофильных участков еще и в сердцевине.

Таким образом, во внутреннем строении стебля разных участков целостного монокарпического побега *P. amphibium* выделяется ряд отличительных особенностей, которые сближают его с растениями других экологических групп: с мезофитами – наличие склеренхимы в первичной коре; с гигрофитами и с гидрофитами – развитая система межклетников, тонкий слой кутикулы на эпидерме. Именно потому что у *P. amphibium* возможно в зависимости от условий местообитания развитие во внутренней структуре стебля признаков этих структур у растений разных экологических групп, он способен существовать в местах, разных по степени увлажнения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

1. Григорьев Ю. С. Горец земноводный – *Polygonum amphibium* L. // Флора СССР. Т. 5. М. – Л.: Изд-во «Академия наук СССР», 1936. С. 645.
2. Губанов, И. А. Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3 т. / И. А. Губанов, К. В. Киселёва, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. 2-е изд. М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2003. Т. 2. 666 с.
3. Савиных Н. П., Полубоярцева А. Н. Биоморфология наземной формы горца земноводного // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2016. С. 41–45.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ *ELEOCHARIS PALUSTRIS* (L.) R.BR.

Е. А. Михайлова, Н. П. Савиных
Вятский государственный университет,
biomikhaylova@gmail.com, savva_09@mail.ru

Одним из актуальных направлений биологии растений являются анатомические исследования, т.к. изучение внутреннего строения растений проли-

вает свет на пути их адаптации к условиям произрастания. Примером этого могут служить многочисленные адаптации растений-гигрофитов, произрастающих в условиях избыточного увлажнения. Одним из таких видов является болотница болотная (*Eleocharis palustris*). Она встречается в широком диапазоне условий увлажнения: по берегам водоемов и на сырых лугах, в заболоченных местах, на затапливаемых территориях как полупогруженное растение [1]. Такая высокая экологическая валентность обеспечивается рядом морфологических и анатомических особенностей.

Наша работа посвящена изучению особенностей анатомии вегетативных органов болотницы с целью выявления адаптаций к переменным условиям обводнения, а также уточнения жизненной формы и механизмов формирования ее побеговых систем.

Побеговая система *E. palustris* образована двумя типами побегов: плагиотропными вегетативными, служащими для расселения растения, и ортотропными вегетативно-генеративными, выполняющими функцию ассимиляции и семенного возобновления. Плагиотропные побеги нарастают моноподиально в течение нескольких лет и включают несколько десятков метамеров. В типичном случае они образованы длинным междоузлием и узлом, несущим чешуевидный лист и побег $n+1$ порядка. Ортотропные побеги сложены 3–4 метамерами с чешуевидными листьями в узлах и терминальным соцветием [3].

Материалом для исследования послужили побеговые системы *E. palustris*, собранные в ходе экспедиции в поселок Аркуль Нолинского района Кировской области в июле 2016 г. на песчаном берегу р. Вятки. Растения были зафиксированы в спирте, срезы готовили с использованием бритвенного лезвия, рассматривали под световым микроскопом Motic BA300 с видеоокулярном без окрашивания.

Для изучения строения побегов n -го порядка мы выполнили серию срезов на уровне каждого из первых двадцати междоузлий от апекса. Мы установили, что побег первого года развития (2–3 междоузлие, рис. 1) имеет специфическое строение: наружный слой клеток представлен эпидермой (рис. 1, поз. 1); ниже расположены волокна склеренхимы и паренхима корового участка. Склеренхимные волокна образуют многочисленные скопления, сложенные 2–3 слоями клеток (рис. 1, поз. 2). Коровая часть достаточно рыхлая, имеет крупные воздухоносные полости. От центрального цилиндра она отделена хорошо выраженной эндодермой и перициклом (рис. 1, поз. 4, 5). Внешний слой центрального цилиндра образован мощным, до 5–7 слоев клеток в толщину, склеренхимным кольцом, образующимся в результате деятельности перицикла (рис. 1, поз. 6). Развитие механических тканей в центральной части оси делает побеги болотницы более прочными на разрыв, а также обеспечивает дополнительную защиту глубже расположенных образований – многочисленных концентрических амфивазальных проводящих пучков (рис. 1, поз. 8, 9) и основной паренхимы центрального цилиндра (рис. 1, поз. 7). Эти

особенности очень важны для выживания водных и прибрежно-водных растений в зоне прилива, они обеспечивают прочность стебля на разрыв.

На уровне 10 междоузлия и далее от апекса в паренхиме коры образуются крупные воздухоносные полости, обеспечивающие адаптацию к условиям избыточного увлажнения (рис. 2А). Функцию запасания питательных веществ обеспечивает паренхима центрального цилиндра, в клетках которой откладываются немногочисленные крахмальные зерна.

Участок стебля, расположенный на уровне 15 междоузлия от апекса, отличается развитием крупных воздухоносных полостей, а также накоплением большого числа крахмальных зерен в основных паренхимных клетках центрального цилиндра.

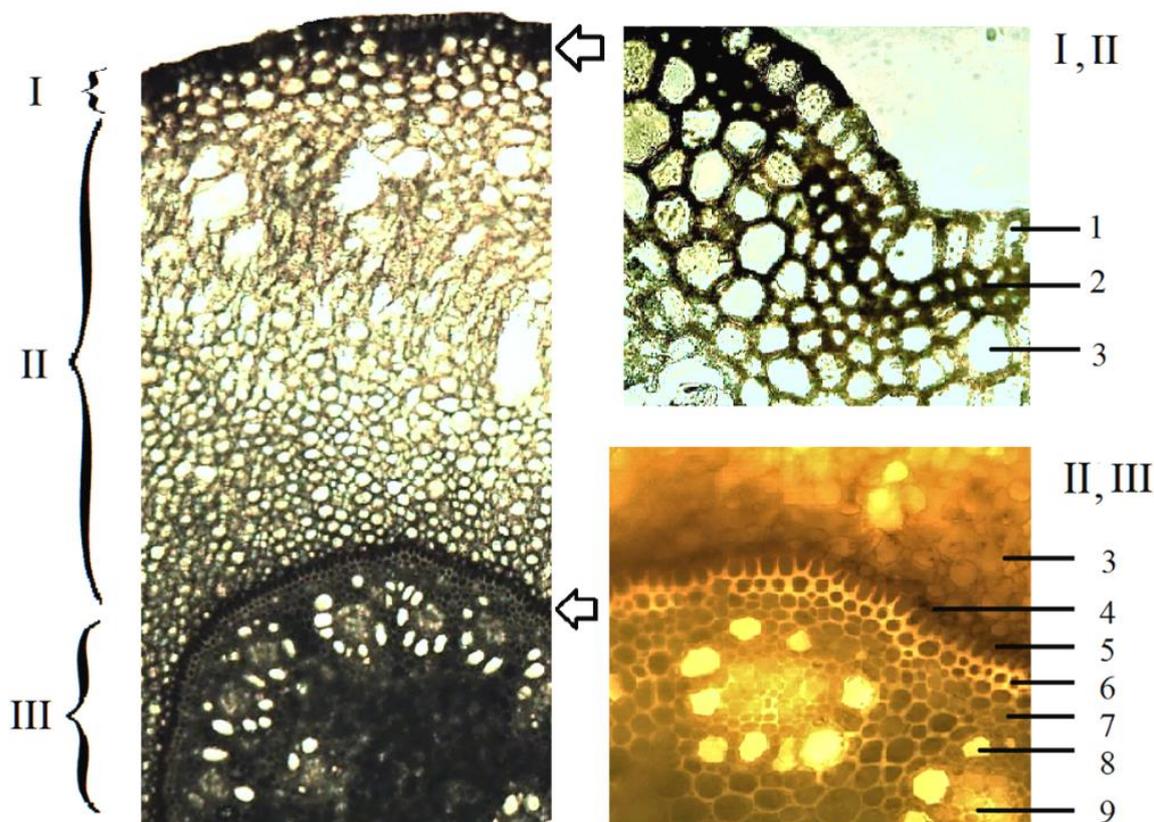


Рис. 1. Строение однолетнего геофильного побега *E. palustris*: I – эпидермис; II – коровая часть; III – центральный цилиндр; 1 – основные эпидермальные клетки; 2 – склеренхимные тяжи; 3 – основная паренхима первичной коры; 4 – эндодерма; 5 – перицикл; 6 – склеренхимное кольцо; 7 – паренхима центрального цилиндра; 8 – сосуды первичной ксилемы; 9 – ситовидные трубки первичной флоэмы

Участки побега второго года развития (начиная с 17 междоузлия и далее) отличаются разрушением коровой части и представлены стелой, окруженной склеренхимным кольцом (рис. 2Б). По-видимому, именно мертвые клетки склеренхимы выполняют защитную и термоизоляционную функции, обеспечивая целостность побегов осенью и зимой. Ниже расположена парен-

хима, в которой хаотично разбросаны многочисленные (более 20) концентрические амфивазальные проводящие пучки.

Таким образом, выраженная коровая часть с многочисленными воздухоносными полостями обеспечивает газообмен в условиях затопления в первый год жизни побега, а склеренхимное кольцо, окружающее центральный цилиндр, выполняет функцию термоизоляции и придает побегу дополнительную прочность на разрыв. Эти особенности позволяют геофильным плагиотропным побегам осваивать прибрежно-водные территории и удерживать их в течение нескольких лет.

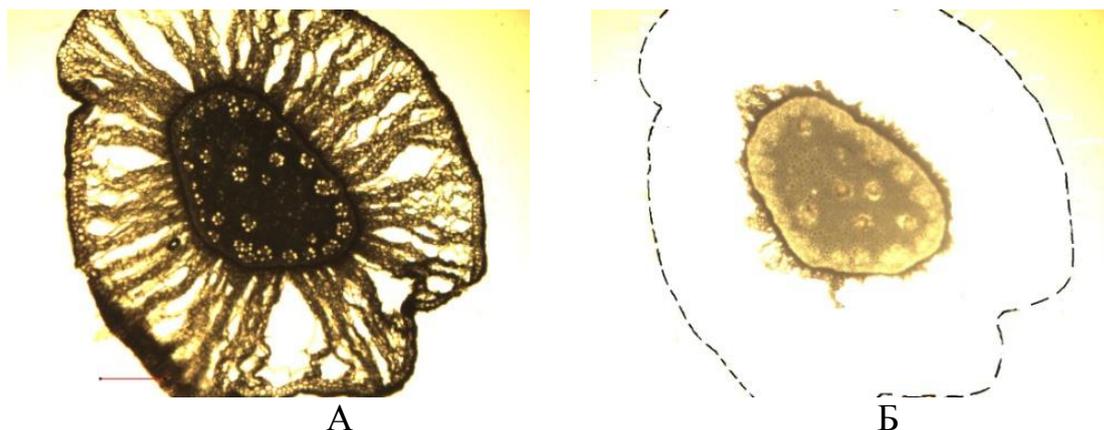


Рис. 2. Фрагменты среза геофильного побега: А – на уровне 15 междоузлия, Б – на уровне 20 междоузлия от апекса при увеличении 10x4 (пунктиром показаны предположительные границы отмершей коровой части)

От геофильных побегов отходят многочисленные придаточные корни, ветвящиеся до второго порядка (рис. 3). Корни первого порядка крупные, без корневых волосков и ярко выраженной ризодермы. Коровая часть дифференцирована на три слоя. Наружный однослойный образован крупными клетками призматической формы, средний – клетками основной (образуют радиальные тяжи) и воздухоносной (образуют тангентальные тяжи) ткани с многочисленными полостями. В клетках паренхимы радиальных тяжей содержатся крахмальные зерна. Проводящий пучок радиальный, полиархный, закрытый (рис. 3II, III). Сосуды ксилемы и ситовидные трубки флоэмы немногочисленны, располагаются среди одревесневшей паренхимы. В центре стелы расположена полость, образованная, вероятно, одиночным сосудом ксилемы.

Корни второго порядка имеют небольшой диаметр, лишены корневых волосков. Их клетки не дифференцированы (рис. 3I). Функция их пока не определена.

Таким образом, строение придаточных корней сближает *E. palustris* с типичными растениями-гидрофитами: корневые волоски отсутствуют, в коровой части развивается воздухоносная ткань. Проводящие ткани центрального цилиндра развиты слабо, его главная функция – механическая – осуществляется клетками одревесневшей паренхимы стелы.

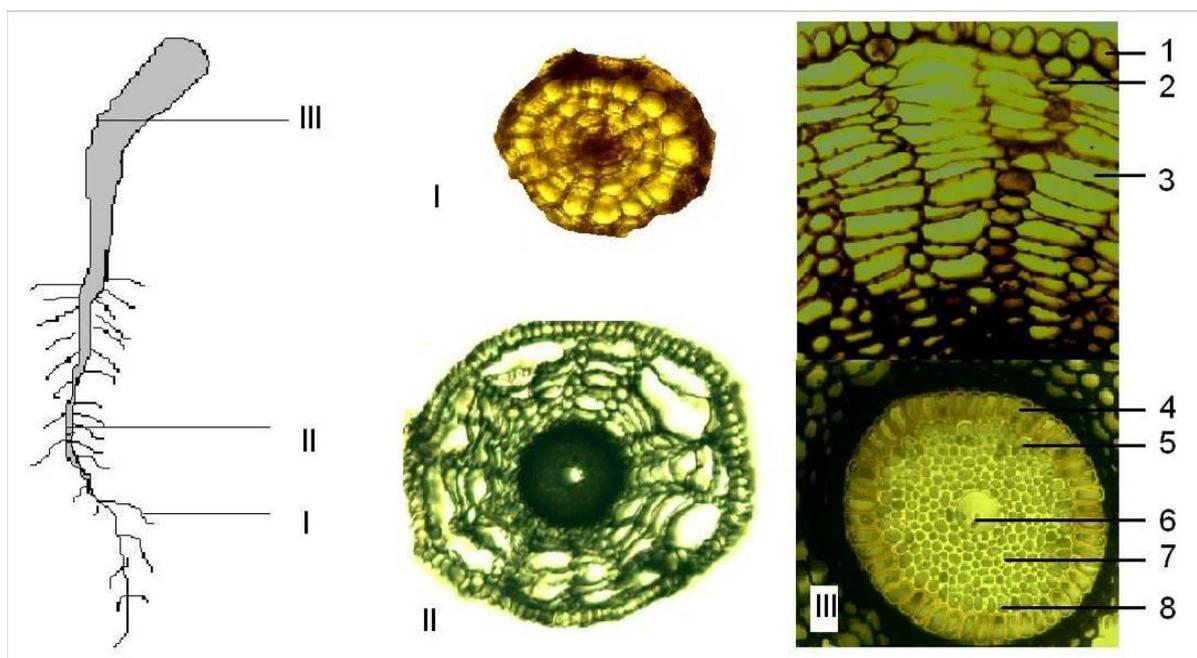


Рис. 3. Поперечный срез корня *E. palustris*: I – боковой корень; II – стеблеродный придаточный корень (в средней части); III – стеблеродный придаточный корень (в основании); 1 – экзодерма; 2 – мезодерма; 3 – воздухоносная ткань; 4 – эндодерма; 5 – сосуд ксилемы; 6 – центральный сосуд; 7 – одревесневшая паренхима; 8 – ситовидные трубки флоэмы

Ортотропные побеги *E. palustris* моноциклические, монокарпические, вегетативно-генеративные. При редукции листьев стебель этого растения является основным органом ассимиляции. Покровная ткань стебля представлена эпидермисом (рис. 4, поз. 1). Основные эпидермальные клетки мелкие, продолговатой формы. Устьица расположены упорядоченно. Под эпидермисом располагаются 2–3 слоя паренхимы стебля (рис. 4, поз. 5), в клетках которой расположены многочисленные хлоропласты. Между паренхимными клетками обнаруживаются прилегающие к эпидермису склеренхимные островки, выполняющие опорную функцию (рис. 4, поз. 6).

Проводящие пучки закрытые коллатеральные, типичного для однодольных растений строения [2], со склеренхимной обкладкой, расположены по кругу (рис. 4, поз. 6–11). Упорядоченное расположение проводящих пучков в стебле объясняется развитием аэренхимы в центральной части (рис. 4, поз. 3). Общий план строения стебля сохраняется на всем протяжении побега от основания до цветоносной оси.

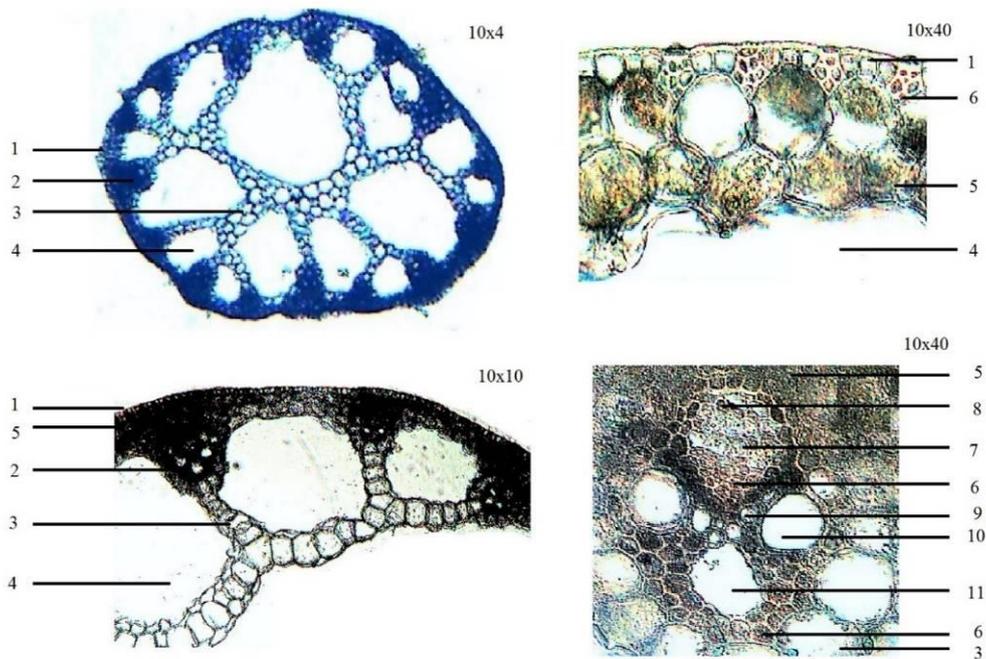


Рис. 4. Поперечный срез в основании ортотропного побега *E. palustris*:
 1 – эпидермис; 2 – закрытый коллатеральный проводящий пучок;
 3 – аэренхима; 4 – воздухоносная полость; 5 – хлорофиллоносная
 паренхима; 6 – склеренхимные волокна; 7 – ситовидные трубки первичной
 флоэмы; 8 – клетки-спутницы первичной флоэмы; 9 – протоксилема;
 10 – метаксилема; 11 – лакуна

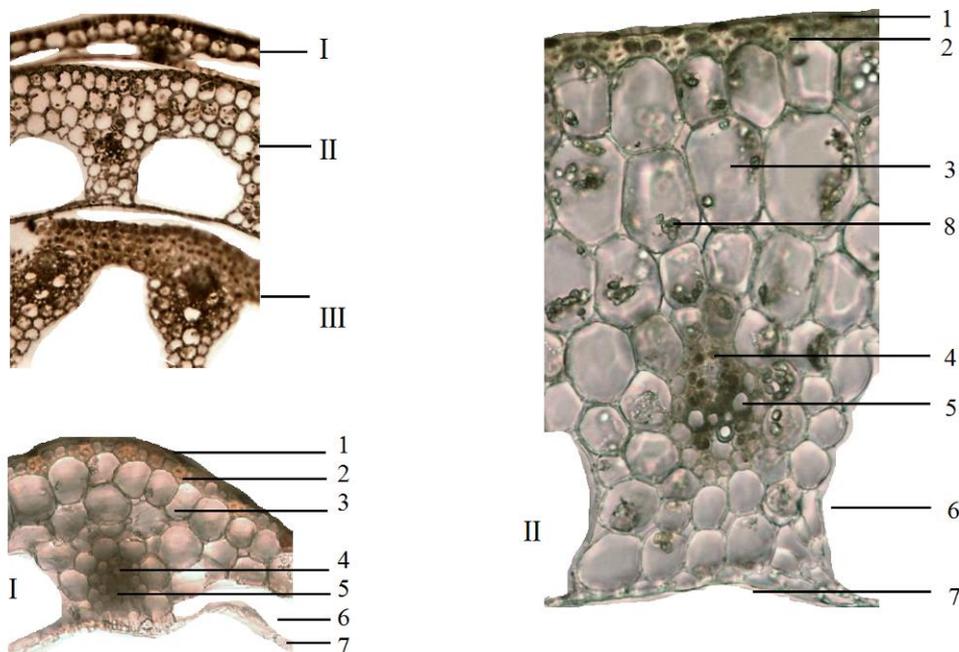


Рис. 5. Поперечный срез листа *E. palustris*: I – чешуевидный лист
 первого узла ортотропного побега; II – чешуевидный лист второго узла
 ортотропного побега; III – стебель; 1 – верхний эпидермис;
 2 – склеренхимные волокна; 3 – недифференцированный мезофилл;
 4 – флоэма проводящего пучка листа; 5 – ксилема проводящего пучка листа;
 6 – воздухоносная полость; 7 – нижний эпидермис; 8 – хлоропласты

Ортотропный побег несет 2–3 чешуевидных листа (рис. 5). Влагалище листа полностью окружает стебель. Строение листа несет черты, характерные для однодольных растений. Мезофилл не дифференцирован, его толщина меняется от 3–5 слоев клеток в основании до одного слоя в верхней части листа (рис. 5, поз. 3). Проводящие пучки многочисленные, закрытые коллатеральные (рис. 5, поз. 4–5). К верхнему эпидермису листа примыкают скопления склеренхимных клеток (рис. 5, поз. 1, 2).

Нижний эпидермис отделяют от клеток мезофилла крупные полости, заполненные воздухом (рис. 5, поз. 6–7). Клетки в основании листа несут немногочисленные хлоропласты (рис. 5, поз. 8), что свидетельствует об их участии в процессе синтеза органических веществ.

Таким образом, анатомическое строение побеговых структур *E. palustris* типично для однодольных растений, но несет черты адаптации изучаемого вида к условиям избыточного увлажнения. Ортотропные побеги выполняют преимущественно ассимилирующую функцию, о чем свидетельствует развитие фотосинтезирующей паренхимы в периферической части стебля и недифференцированном мезофилле листьев. Наличие воздухоносных тканей во всех исследованных органах позволяет *E. palustris* произрастать на затопляемых территориях, а скопления склеренхимы по периферии надземных органов (стебель, лист) обеспечивают поддержание его положения в пространстве при пересыхании водоемов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

1. Лисицына Л. И., Папченков В. Г. Флора водоемов России: определитель сосудистых растений. М.: Наука, 2000. 237 с.
2. Лотова Л. И. Ботаника. Морфология и анатомия высших растений. Учебник. 3-е изд-е испр. М.: КомКнига, 2007. 510 с.
3. Савиных Н. П., Михайлова Е. А. О побегообразовании и жизненной форме *Eleocharis palustris* (L.) R.Br. // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ООО Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 97–102.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЭПИГЕОГЕННОГО КОРНЕВИЩА *POLYGONUM BISTORTA* L.

К. Р. Шамсувалиева, Н. П. Савиных
Вятский государственный университет,
karina.shamsuvalieva@mail.ru, savva_09@mail.ru

Экологические факторы среды оказывают влияние на растения в разные периоды и жизни, и на разных стадиях онтогенеза, в том числе и на внутреннее строение его органов. Особенности структурной организации обеспечивают адаптированность организмов к условиям биотопа. Большая часть ис-

следований приспособленности растений проводится на уровне их структурной организации и особенностях ритма развития. Специфика внутреннего строения изучена в меньшей степени. Известны лишь общие особенности растений мезофитов, ксерофитов, гигрофитов и гидрофитов.

Наши исследования биоморфологии растений из условий переменного обводнения – мест, которые в течение вегетационного сезона на довольно длительное время заливала вода, в том числе и *Polygonum bistorta*, позволили определить его жизненную форму. Это – гемикриптофит, многолетний неяснополицентрический летнезеленый травянистый короткокорневищный поликарпик с эпигеогенным корневищем и моноподиальной розеточной моделью побегообразования [1]. Особи в течение длительного времени существуют на занятой территории, что обеспечивается наличием достаточно толстых, долго сохраняющихся эпигеогенных корневищ. У него, как и у многих древесных растений, в течение длительного времени сохраняются резервные – спящие – почки на старых частях корневищ. Из этих почек после разрушения отдельных участков корневищ и появления в результате свободного пространства развиваются побеги, которые, по сути, второй раз осваивают занятое ранее пространство. Так, по-видимому, может происходить не однократно. Для выяснения источников питательных веществ, обеспечивающих развитие этих побегов, были необходимы анатомические исследования. Этому посвящено данное сообщение.

Детальное изучение внутреннего строения эпигеогенных корневищ *P. bistorta* до наших исследований не было проведено. Поэтому целью данного сообщения стало изучение анатомического строения эпигеогенного корневища *P. bistorta* для оценки приспособленности растения к условиям переменного обводнения на тканевом уровне.

Материалом для исследования послужили эпигеогенные корневища *P. bistorta* (рис. 1А), собранные в сентябре 2016 года на левом берегу р. Вятки в окрестностях г. Кирова. Анатомио-диагностические признаки изучали на серии поперечных срезов, выполненных лезвием. Для лучшего микрофотографирования срезы окрашивали по методу Меуле (перманганатная реакция). Для этого срезы помещали на предметное стекло и заливали двумя – тремя каплями 1% водного раствора перманганата калия на три – пять минут, после чего раствор удаляли фильтровальной бумагой. Затем приливали к срезам слабую (10–15%) соляную кислоту до их обесцвечивания. Далее удаляли ее фильтровальной бумагой, два–три раза промывали срезы дистиллированной водой и после наносили две–три капли концентрированного раствора аммиака [2]. В дальнейшем анализировали срезы, используя микроскоп Motic ВА300 со встроенным видеоокуляром.

В строении подземного органа на макроскопическом срезе моноподиальной оси из побеговой системы растения достаточно хорошо выражена первичная кора и сердцевина, разделенные кольцом проводящих пучков (рис. 1В). Это позволяет сделать вывод о том, что корневище имеет (рис. 1Б) незначительно кортикальное (за счет утолщения первичной коры) и преиму-

щественное медуллярное утолщение (за счет сердцевины). Корневище *P. bistorta* имеет характерный регулярный по годам изгиб, из-за чего, по-видимому, это растение называют змеевиком. На срезе видно, что такое строение определяется неравномерным развитием сердцевины. Возможно, это связано со спецификой формирования сердцевины в ходе индивидуального развития побеговой системы по годам.

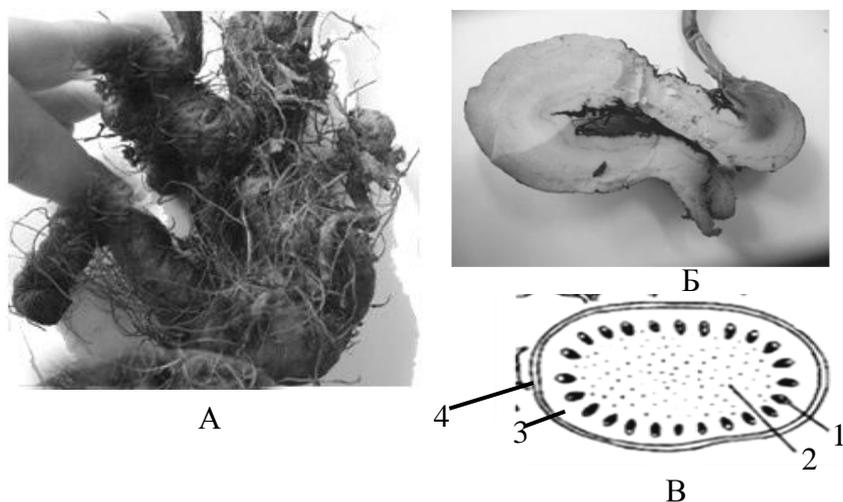


Рис. 1. Эпигеогенное корневище *Polygonum bistorta*: А – внешний вид; Б – продольный срез моноподиальной оси; В – макроскопическое строение: 1 – проводящий пучок; 2 – сердцевина; 3 – первичная кора; 4 – пробка

На поперечном срезе корневища *P. bistorta* выделяются три анатомо-топографические зоны: покровная ткань, первичная кора и центральный цилиндр. Покровная ткань представлена многослойной пробкой, которая состоит из плотно сомкнутых клеток прямоугольной или близкой к ней формы. Нижние слои клеток этой ткани могут содержать крахмальные зерна (рис. 2А).

Под покровной тканью расположена следующая анатомо-топографическая зона – первичная кора (рис. 2Б). Основная масса первичной коры представлена живыми паренхимными тонкостенными клетками. В них содержится большое количество крахмальных зерен. При окрашивании они приобретают зеленоватую окраску. Между паренхимными клетками располагаются редкие межклетники небольших размеров, по которым циркулируют газы, необходимые для дыхания растения. Поэтому паренхима коры выполняет не только запасную, но и характерную для гигрофитов дополнительную – вентиляционную функцию.

Самый внутренний однородный слой первичной коры – эндодерма. Клетки ее плотно сомкнуты и почти квадратные в поперечном сечении. Их клеточные стенки не имеют типичных утолщений и заполнены крахмальными зернами (рис. 2Б). Поэтому эта ткань, как и у всех других двудольных растений, представляет крахмалоносное влагалище. С учетом того, что типичная функция – ориентация в пространстве – у этого растения с плагитропными многолетними осями не востребована, наличие крахмальных зерен в эндо-

дерме стебля также можно расценить как обеспечение запаса питательных веществ.

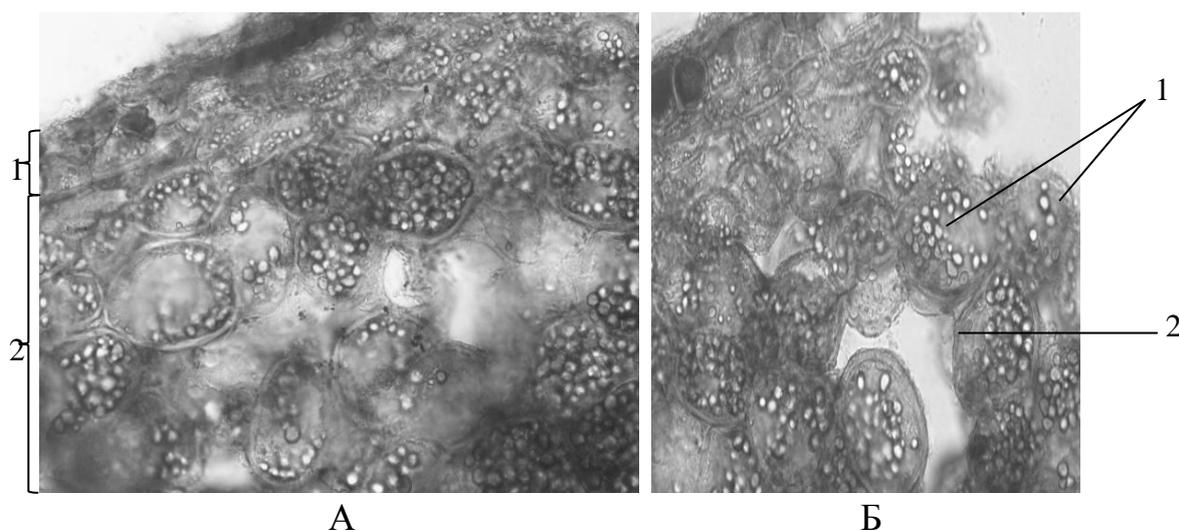


Рис. 2. Микроскопическое строение корневища *Polygonum bistorta* (10x40):
А – поперечный срез участка корневища: 1– покровная ткань;
2 – участок первичной коры; Б – фрагмент первичной коры:
1 – клетки эндодермы с крахмальными зёрнами; 2 – межклетник

Внутренней анатомо-топографической зоной эпигеогенного корневища является центральный цилиндр. По расположению проводящих тканей стебель имеет пучковое строение. Пучки сосудистые округло-овальной формы, располагаются, как у всех двудольных растений [3], по кругу. Они полные открытые коллатеральные.

Камбий образован слоями тонкостенных близкорасположенных друг к другу клеток (рис. 3б). Он функционирует, по-видимому, в течение нескольких лет. Это подтверждает наличие нескольких поперечных слоев ксилемы в составе проводящего пучка.

Флоэма представлена первичными проводящими элементами (ситовидными трубками) с клетками спутницами и лубяной паренхимой (рис. 3а). Ксилема включает первичные трахеальные элементы и древесную паренхиму (рис. 3в).

Центральный участок центрального цилиндра образован сердцевинной паренхимой. Ее клетки тонкостенные, округлой формы расположены рыхло и также, как и в первичной коре, содержат много крахмальных зерен.

Таким образом, отличительной особенностью анатомического строения эпигеогенного корневища *P. bistorta* является запас питательных веществ (крахмала) в клетках всех тканей коры и центрального цилиндра. К медулярному утолщению, характерному для многих трав из этих условий увлажнения [4], у этого растения добавляется значительное утолщение коровой части и наличие крахмальных зерен в составе эндодермы.

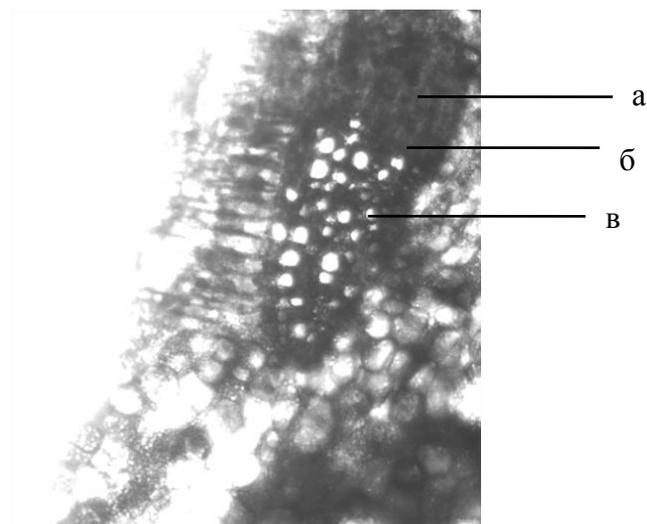


Рис. 3. Сосудисто-волокнистый пучок участка корневища *Polygonum bistorta* (10x40): а – флоэма; б – камбий; в – ксилема

Наличие межклетников в составе первичной коры обеспечивает растение газами в половодье. Это сближает *P. bistorta* с типичными гигрофитами. Функционирование камбия в течение нескольких лет и ежегодное формирование дополнительных проводящих тканей способствует не только пополнению запаса питательных веществ, но развитию за счет их побегов из спящих почек, что обеспечивает растению не только быстрое отрастание после схода воды, но и длительное существование на однажды занятой территории.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

1. Савиных Н. П., Ковалькова М. И., Мазеева А. В., Шамсувалиева К. Р. Особенности побегообразования горца змеиноного как адаптации к условиям переменного увлажнения // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы Всерос. конф. Кн. 1. Киров, 2015. С. 41–44.
2. Барыкина Р. П. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
3. Серебрякова Т. И., Воронин Н. С., Еленевский А. Г. и др. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений: Учеб. для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 543 с.
4. Савиных Н. П., Шабалкина С. В. Формирование запасяющих органов у растений в местах с переменным увлажнением в ходе эволюции // Систематика и эволюционная морфология растений: Материалы конф., посвященной 85-летию со дня рождения В. Н. Тихомирова. М.: Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 2017. С. 347–350.

ДЕЙСТВИЕ МЕТИЛФОСФОНАТОВ И ЦИАНОБАКТЕРИИ *NOSTOC PALUDOSUM* НА РАСТЕНИЯ ЯЧМЕНЯ

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

Метилфосфонаты – производные метилфосфоновой кислоты (МФК), характеризуются наличием химически стабильной углерод-фосфорной связи [1]. МФК является конечным продуктом гидролиза и универсальным маркером фосфорсодержащих отравляющих веществ [2]. Имеются сведения о том, что МФК устойчива в природных условиях и сохраняется в почве десятилетиями [2]. Известно, что даже в малых концентрациях МФК оказывает влияние на растения и почвенную микрофлору [3].

Метилфосфонаты используются в разных отраслях хозяйственной деятельности человека. Среди этих соединений широкое распространение получил гербицид глифосат (ГЛ). Глифосат (N-(фосфометил)- глицин, C₃H₈NO₅P) – неселективный системный гербицид, который используется для борьбы с сорными растениями. Среди гербицидов он занимает первое место в мире по производству [4]. ГЛ является ингибитором 3-энолпирувилшикимат-5-фосфатсинтазы – фермента, участвующего в синтезе ароматических аминокислот [5]. Остаточные количества ГЛ способны сохраняться долгое время в почве, растениях, рыбе и продуктах питания [5, 6].

Многочисленными исследованиями доказано, что цианобактерии (ЦБ) потенциально обладают большими адаптационными, биоремедиационными и антагонистическими способностями [7]. В растениеводстве применяются ЦБ препараты для повышения урожая и иммунитета растений [8]. Кроме того, многие ЦБ способны повышать устойчивость растений, произрастающих в условиях загрязнения. Например, *Nostoc paludosum*, *Nostoc linckia* и *Microchaeta tenera* проявляют ярко выраженный фунгицидный эффект [7], а природные биопленки ЦБ с доминированием *Nostoc commune* способствуют повышению жизнеспособности растений ячменя, произрастающих на субстратах, загрязненных МФК [9].

Цель работы – изучить действие ЦБ *N. paludosum* на жизнедеятельность растений ячменя в условиях загрязнения метилфосфонатами.

Объектами исследования были растения ячменя сорта Новичок, которые проращивали на дистиллированной воде в течение 2 суток в присутствии ЦБ и без них. Затем семена пересаживали в контейнеры с песком, увлажненным растворами МФК (0,05 моль/л) и ГЛ (0,05 моль/л), приготовленными на питательном растворе Кнопа; контроль – питательный раствор Кнопа. Дальнейшее увлажнение поддерживалось раствором Кнопа. Возраст культуры ЦБ – 2 месяца, титр $6,5 \cdot 10^7$ кл./мл.

В фазу 2-х листьев оценивали интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в растительных клетках и показатели линейного

роста ячменя. Интенсивность процессов ПОЛ анализировали по накоплению малонового диальдегида (МДА), который образуется в процессе ПОЛ [10]. Для определения показателей линейного роста растений отбирали по 20 растений каждого варианта, измеряли длину побегов и корней.

Установлено, что при воздействии МФК происходило снижение активности процессов ПОЛ в корнях опытных растений (рис. 1). Ранее уже отмечали снижение активности ПОЛ в тканях при действии МФК [11]. ЦБ обработка также приводила к уменьшению интенсивности процессов ПОЛ в корнях ячменя. Совместное действие ЦБ и МФК (0,05 моль/л) значительно ингибировало накопление МДА в растительных клетках (до 10% от уровня контроля).

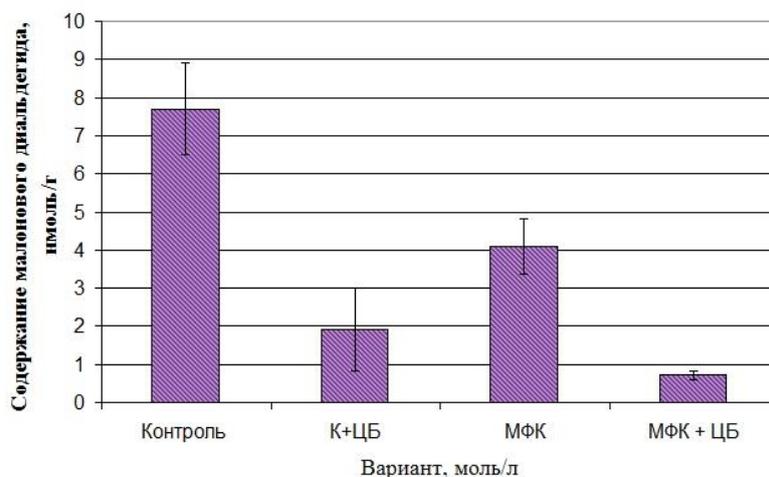


Рис. 1. Действие МФК и ЦБ *N. paludosum* на содержание малонового диальдегида в корнях ячменя

Глифосат оказывал схожее с МФК воздействие на активность процессов ПОЛ в корнях ячменя. Содержание МДА в корнях ячменя, выращенных в присутствии ГЛ, было в 2 раза меньше, по сравнению с контролем (рис. 2). Инокуляция семян ЦБ способствовала снижению количества МДА как в контрольном варианте, так и при совместном действии с ГЛ.

Изменение линейного роста является одним из самых важных и наиболее легко регистрируемых (даже визуально) проявлений токсичности веществ в отношении растений [12]. Торможение роста происходит за счет перестройки метаболизма, характеризующейся ингибированием энергоемких анаболических процессов [13].

Установлено, что метилфосфонаты оказывали фитотоксическое действие на проростки ячменя, что проявилось в угнетении ростовых процессов (рис. 3). Наибольшее снижение длины побегов и корней наблюдали при действии ГЛ (на 30 и 10% от контроля соответственно). Корни были более чувствительны к действию метилфосфонатов, по сравнению с побегами. Длина корней ячменя, выращенного в присутствии МФК, была на 20% меньше, по сравнению с контролем.

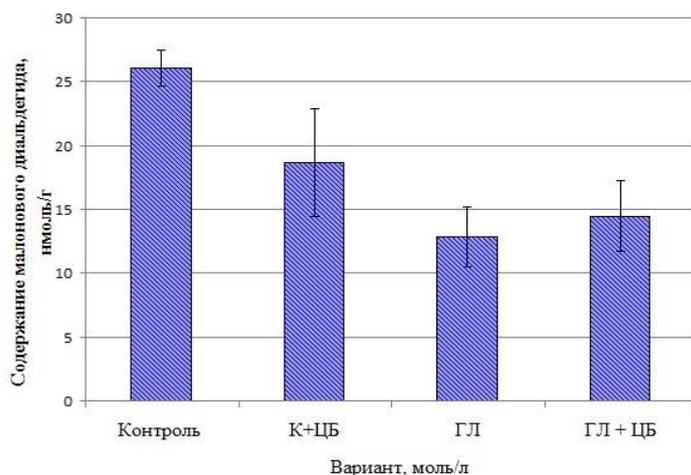


Рис. 2. Действие глифосата и ЦБ *N. paludosum* на содержание малонового диальдегида в корнях ячменя

Предпосевная инокуляция семян ЦБ *N. paludosum* стимулировала ростовые процессы органов ячменя. Отмечали фитопротекторное действие ЦБ на растения ячменя, выращенные в присутствии метилфосфонатов. В варианте с совместным действием ЦБ и МФК длина корней и побегов ячменя, была, соответственно, в 1,2 и 1,3 раза выше, чем в контроле. В меньшей степени проявилось защитное действие ЦБ на растения, выращенные в присутствии ГЛ, что, по-видимому, обусловлено большей фитотоксичностью ГЛ, по сравнению с МФК. В большей степени защитное действие ЦБ оказывали на рост подземных органов – корней. Возможно, это обусловлено способом ЦБ обработки растений, и может быть следствием образования симбиоза между корнями ячменя и ЦБ, который способствует повышению жизнеспособности растений в условиях загрязнения среды выращивания метилфосфонатами.

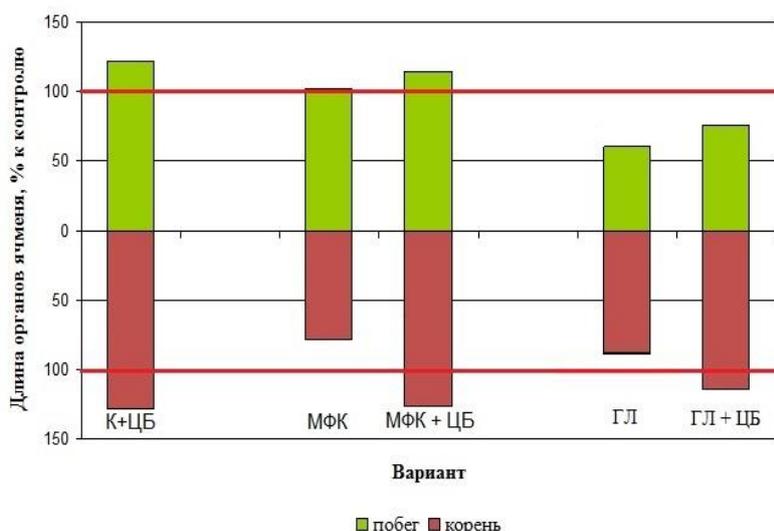


Рис. 3. Действие метилфосфонатов (глифосата и метилфосфоновой кислоты) и ЦБ *N. paludosum* на рост органов ячменя

Таким образом, инокуляция семян ЦБ *N. paludosum* оказывала фитопротекторное действие на растения ячменя, выращенные в условиях загрязнения метилфосфонатами. Инокуляция семян ЦБ способствовала сохранению низкого уровня МДА в корнях опытных растений, выращенных на загрязненном метилфосфонатами субстрате. Обработка семян при проращивании ЦБ *N. paludosum* оказывала ростстимулирующее действие на растения ячменя, выращенные в присутствии ГЛ и МФК. В большей степени защитное действие ЦБ *N. paludosum* проявилось в вариантах с действием МФК, что обусловлено ее меньшей токсичностью, по сравнению с ГЛ.

Литература

1. Кононова С. В., Несмеянова М. А. Фосфонаты и их деградация микроорганизмами // Биохимия. 2002. Т. 67. Вып. 2. С. 220–233.
2. Савельева Е. И., Зенкевич И. Г., Кузнецова Т. А., Радиллов А. С., Пшеничная Г. В. Исследование продуктов превращений фосфорорганических отравляющих веществ методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии // Российский химический журнал. 2002. Т. XLVI. № 6. С. 82–91.
3. Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Огородникова С. Ю. Метилфосфоновая кислота как регулятор биологических процессов в экологических системах: действие на микроорганизмы, ферментативную активность и высшие растения // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 78–85.
4. Шушкова Т. В., Васильева Г. К., Ермакова И. Т., Леонтьевский А. А. Сорбция глифосата и его микробная деградация в почвенных суспензиях // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. № 6. С. 664–670.
5. Федтке К. Биохимия и физиология действия гербицидов. М.: 1985. 223 с.
6. Шутов И. В., Бельков В. П. Применение гербицидов и арборицидов в лесовыращивании. Справочник. М.: Агропромиздат, 1989. 223 с.
7. Домрачева Л. И. Цветение почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
8. Трефилова Л. В. Использование цианобактерий в агроботехнологии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2008. 26 с.
9. Коваль Е. В., Огородникова С. Ю. Влияние биопленок *Nostoc commune* на жизнедеятельность растений в условиях загрязнения метилфосфоновой кислотой // Биотехнология – от науки к практике: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Уфа, 2014. С. 137–141.
10. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
11. Коваль Е. В., Чупрова Ю. В., Огородникова С. Ю. Действие цианобактерии *Nostoc muscorum* и метилфосфоновой кислоты на жизнедеятельность растений ячменя // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2015. С. 254–258.
12. Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.
13. Alexieva V., Ivanov S., Sergiev I., Karanov E. Interaction between stresses // Bulg. J. Plant Physiol. 2003. Special issue. P. 1–17.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ И МИКОРИЗЫ *PLATANHERA BIFOLIA* НА НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЛЯХ

Е. И. Филимонова, Н. В. Лукина, Е. Г. Галимова
Уральский федеральный университет, *Elena.Filimonova@urfu.ru*

На Урале все представители сем. Orchidaceae относятся к категории редких видов, занесены в Красную книгу Свердловской области. В работах многих авторов показано, что уменьшение численности орхидных в естественных экосистемах связано с повышенной антропогенной нагрузкой. В то же время накоплено много данных о способности орхидных поселяться на нарушенных промышленностью землях.

Нами было изучено биоразнообразие и динамика орхидных на промышленных отвалах Уральского региона. Популяции большинства изученных видов являются малочисленными, кроме *Platanthera bifolia* (L.) Rich., которая может образовывать популяции численностью более 500 особей в лесных фитоценозах 35–40-летнего возраста, формирующихся на золоотвалах тепловых электростанций, отвалах вскрышных и вмещающих пород бурого угольных разрезов [1, 2]. Для изучения механизмов адаптации вида к специфическим условиям техногенных экосистем особенно актуальны исследования морфологической, анатомической структуры и микоризности подземных органов.

Целью нашей работы было изучение морфологической структуры подземных органов и микоризы генеративных особей *P. bifolia*, произрастающих в условиях техногенных экосистем.

Сбор материала проводился в июне – июле 2014 г. на Южном отвале пустых пород Веселовского месторождения бурого угля (г. Карпинск, Свердловская обл.; 59°69' с.ш.; 59°93' в.д.). Месторождение расположено на восточном склоне Уральского хребта (таежная зона, подзона средней тайги). Площадь отвала 154 га, отсыпка его производилась железнодорожным транспортом с 1958 по 1966 гг. Рельеф отвала осложнен продольными грядообразными невысокими (до 1,5 м) узкими повышениями и понижениями, местами более или менее выровнен. Отвал сложен из песчаников и их смеси с аргиллитами, реакция среды варьирует от сильнокислой до слабощелочной. Породы содержат среднее количество гидролизуемого азота, бедны калием, средне и хорошо обеспечены фосфором, обладают низкой водоудерживающей способностью.

В качестве контроля отобраны растения *P. bifolia* из популяции, произрастающей в лесном массиве лесопарка «Юго-западный» (г. Екатеринбург, таежная зона, подзона южной тайги; 56°77' с.ш.; 60°54' в.д.). На территории лесопарка преобладают дерново-средне подзолистые почвы, которые характеризуются низким содержанием питательных элементов (N-P-K) и, следовательно, относительно невысоким плодородием.

Для характеристики популяций проведены: геоботаническое описание местообитания по общепринятой методике; подсчет численности особей *P. bifolia*; определение возрастных состояний. Проведено изучение подземных органов генеративных особей по следующим анатомо-морфологическим признакам: размер тубероида, длина шнуровидного окончания, количество придаточных корней, средняя длина придаточного корня, общая длина придаточных корней, протяженность зоны всасывания (часть корня с корневыми волосками), диаметр зоны всасывания (диаметр корня + длина корневых волосков), сырой вес наземной и подземной частей растений.

Для характеристики микоризы на замораживающем микротоме сделаны срезы придаточных корней в апикальной, средней и базальной частях (по 300 срезов в каждой популяции). На поперечных срезах в поле зрения микроскопа определялись частота встречаемости микоризной инфекции (F, %), характеризующая соотношение между огрибненными и неогрибненными участками корневой системы изучаемого растения, степень микотрофности (D), выраженная в баллах от 1 до 5, характеризующая обилие микоризного гриба в корне [3].

По исследованиям Е. С. Смирновой [4] *P. bifolia* – это клубневые розеточные растения, система которых представлена всегда лишь 2 порядками ветвления: отмирающим материнским и развивающимся дочерним. Подземная часть растения представляет собой стеблекорневой тубероид, который состоит из корневого клубня веретеновидной формы с вытянутым корневым окончанием и неутолщенных придаточных корней [5].

По многочисленным исследованиям *Platanthera bifolia* отличается довольно широкой экологической пластичностью [6, 7]. Это лесолуговой вид, не обнаруживающий строгой приуроченности к определенным типам фитоценозов [5].

Популяция *P. bifolia* на Южном отвале Веселовского месторождения бурого угля произрастает в смешанном лесу, который формируется в результате проведенной в 1972 г. лесной рекультивации (механизированные посадки 2-летних сеянцев *Pinus sylvestris* L.). В древостое преобладают *Pinus sylvestris*, *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L., *Picea obovata* Ledeb. и *Larix sibirica* Ledeb., реже *Betula pubescens* Ehrh. Сомкнутость составляет 0,3–0,6, местами 0,75. В подросте встречаются *Pinus sibirica* Du Tour, *Abies sibirica* Ledeb., в подлеске – *Salix caprea* L., *Sorbus aucuparia* L., *Lonicera xylosteum* L. и *L. altaica* Pall. ex DC., *Rosa acicularis* Lindl. В понижениях рельефа произрастают *Salix myrsinifolia* Salisb., *S. pentandra* L., *S. phylicifolia* L. Покров травяно-кустарничкового яруса составляет от 10–25% местами до 60%. Преобладают *Amoria repens* (L.) C. Presl (sp gr), *Vicia sylvatica* L. (sp gr), *Trifolium pratense* L. (sp gr), *P. bifolia* (sol gr–sp), *Lathyrus pratensis* L. (sol–sp), *Orthilia secunda* (L.) House (sol gr). Видовая насыщенность на 100 м² варьирует от 14 до 31 вида. Хорошо развит мохово-лишайниковый покров. Подстилка местами отсутствует или мало развита.

Популяция *P. bifolia* на отвале нормальная, неполночленная, вид встречается единичными особями и небольшими скоплениями-локусами. Всего обнаружено 353 особи. В своих исследованиях мы не учитывали проростки, ведущие подземный образ жизни, и сенильные особи из-за трудностей обнаружения. Возрастной спектр двувершинный: ювенильные особи – 15,6%, им-матурные – 13,6%, взрослые вегетативные – 21,5%, генеративные преобладают – 49,3%.

Месторасположение контрольной популяции – сосновый лес с приме-сью *Betula pendula*. Средний возраст древостоя *Pinus sylvestris* – около 115–130 лет. Сомкнутость крон 60–70%. Нижний подполог сложен из *Salix caprea*, *Sorbus aucuparia*. В составе кустарникового подлеска преобладают *Rubus idaeus* L., *Rosa acicularis*. Покрытие травяно-кустарничкового яруса составля-ет 65–80 %, встречаются более 70 видов, в том числе *Vaccinium myrtillis* L. (cop₁ gr–cop₂), *Vaccinium vitis-idaea* L. (cop₁), *Aegopodium podagraria* L. (cop₁–cop₂), *Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth (cop₁–cop₂), *Orthilia secunda* (L.) House (sp gr), *Vicia sylvatica* L. (sp gr), *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt (sp gr), *Pulmonaria mollis* Wulf. ex Hornem. (sol gr–sp), *Veronica chamaedrys* L. (sol gr–sp), *Veronica officinalis* L. (sol gr–sp), *Achillea millefolium* L. (sol gr), *Carex caespitosa* L. (sol–sp) и др. В основаниях стволов развит моховой покров. Покрытие почвы подстилкой достигает 90%, мощность составляет 3–4 см.

P. bifolia произрастает рассеянными группами, на площади 400 м² обнаружено 163 особи. Возрастной спектр популяции неполночленный, одновер-шинный: ювенильные растения – 12,9%, им-матурные – 20,2%, взрослые веге-тативные – 30,1%, генеративные – 36,8%.

Анализ данных морфологической структуры подземных органов *Platan-thera bifolia* показал, что размеры корневой системы особей, выросших на песчаниках Южного отвала, в основном меньше, чем у особей, произрастаю-щих в условиях природного мало нарушенного местообитания, каким можно считать лесопарк (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика подземных органов генеративных особей

Признаки	Южный Веселовский отвал		Лесопарк (контроль)	
	Хср±m	min–max	Хср±m	min–max
Длина тубероида, см	1,74±0,12	1,4–2,0	2,07±0,07	2,0–2,2
Длина шнуровидного окончания, см	2,06±0,48	0,2–2,9	2,87±0,54	1,8–3,5
Число придаточных корней, шт.	5,2±0,58	3–6	7,0±1,00	6–9
Общая длина придаточных корней, см	20,6±2,69*	10,4–26,2	37,4±3,97*	33,2–45,3
Средняя длина придаточного корня, см	3,96±0,31*	0,9–7,2	5,35±0,38*	2,3–8,5
Диаметр зоны всасывания, мм	5,4±0,4**	3,0–8,0	2,4±0,6**	1,0–6,0
Вес корневой системы (сырой), г	2,00±0,43	0,74–3,14	4,04±0,95	2,64–5,85
Вес наземной части (сырой), г	4,14±0,99	1,14–6,72	5,15±0,37	4,47–5,73

Примечание. * – уровень значимости $p < 0,05$; ** – уровень значимости $p < 0,001$

Исследование показало, что у генеративных особей *P. bifolia*, произрастающих на отвале, достоверно различны от контрольных растений линейные размеры придаточных корней: в 1,4 раза меньше средняя длина корня и в 1,8 раз – общая длина придаточных корней. Оценка достоверности различий проводили с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни при уровне значимости $p < 0,05$.

Протяженность зоны всасывания придаточных корней *P. bifolia* в популяции, произрастающей на отвале, составляет 86,2% (пределы варьирования от 45 до 100%), а у особей из лесопарка – 80,8% (от 56 до 100 %) от всей длины корня.

Диаметр зоны всасывания корней на техногенном субстрате достоверно больше (уровень значимости $p < 0,001$), чем в контроле.

Одна из важнейших особенностей орхидных – это их тесная связь с грибами-микоризообразователями на протяжении всей или значительной части их жизни. Микоризу орхидных относят к эумицетному толипофаговому типу микориз [3]. Данные изучения микоризы представлены в таблице 2.

Таблица 2

Микоризность придаточных корней

Зона корня	Южный Веселовский отвал		Лесопарк (контроль)	
	Частота встречаемости микоризной инфекции, F (%)	Степень микотрофности, С (баллы)	Частота встречаемости микоризной инфекции, F (%)	Степень микотрофности, С (баллы)
Апикальная	98,8	4,19±0,08	99,0	4,34±0,10
Средняя	100,0	4,49±0,09	100,0	4,64±0,06
Базальная	100,0	4,62±0,06	100,0	4,72±0,07

Исследования показали, что в клетках паренхимы корней *P. bifolia* в обеих популяциях находится большое количество пелотонов – клубков полупереваренных гиф. Гриб распределен в клетках по длине корней особей равномерно: частота встречаемости микоризной инфекции варьирует от 98,8% и 99,0 до 100% соответственно. Обилие гриба в разных участках корня различается, наблюдается тенденция уменьшения степени микотрофности от базальной части корня к апикальной.

Проведенные исследования показали, что популяции *P. bifolia*, произрастающие на отвале пустых пород Веселовского месторождения бурого угля и в лесопарке, являются нормальными, неполночленными, с преобладанием в возрастном спектре особей генеративного состояния.

В популяции *P. bifolia* в условиях отвала у генеративных особей происходит уменьшение линейных размеров придаточных корней и увеличение доли и диаметра зоны всасывания по сравнению с растениями лесопарка.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения государственного задания УрФУ № 2017/236, код проекта 7696.

Литература

1. Чибрик Т. С., Лукина Н. В., Филимонова Е. И., Глазырина М. А. Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2011. 268 с.
2. Филимонова Е. И., Лукина Н. В., Глазырина М. А. Орхидные в техногенных системах Урала. Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. Вып. 11. С. 68–75.
3. Селиванов И. А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.
4. Смирнова Е. С. Морфология побеговых систем орхидных. М.: Наука, 1990. 208 с.
5. Вахрамеева М. Г., Варлыгина Т. И., Татаренко И. В. Орхидные России (биология, экология и охрана). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 437 с.
6. Вахрамеева М. Г., Татаренко И. В., Быченко Т. М. Экологические характеристики некоторых видов евразийских орхидных // Бюл. Моск. о-ва испыт. прир. Отд. биол. 1994. Т. 99. Вып. 4. С. 75–82.
7. Федченко Е. А. Эколого-биологические особенности *Platanthera bifolia* (L.) Rich. *Dactylorhiza hebridensis* (Wilmott.) Aver. на юге Тюменской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2010. 24 с.

ВЛИЯНИЕ ФИТОРЕГУЛЯТОРОВ НА СЕМЕНА И ПРОРОСТКИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ИРЕНЬ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

А. В. Новоселов, С. А. Емелев, А. В. Помелов
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
emeleffsergej@yandex.ru

Среди групп пестицидов особое внимание заслуживают регуляторы роста, обладающие полифункциональным характером действия. С помощью фиторегуляторов можно воздействовать на гормональный баланс в растениях. Фитогормоны вырабатываются в ответ на действие биотических и абиотических факторов и позволяют растениям адаптироваться к изменениям окружающей среды. Экзогенная обработка фиторегуляторами растений изменяет баланс фитогормонов, что проявляется в стимулировании или ингибировании ростовых процессов [1].

В России в качестве фиторегуляторов зарегистрированы препараты на основе продуктов химического и микробиологического синтеза, живых микроорганизмов, растительного и иного происхождения. Биопрепараты положительно влияют на всхожесть семян и образование корней растений, снижая развитие корневых гнилей. Инокулянты стимулируют увеличение биомассы растений по фазам вегетации, при этом характер их действия определяется видом используемого препарата, а также штаммом микроорганизмов и сортовыми особенностями растений [2].

Вэрва и Вэрва-Ель – относятся к биопрепаратам из хвойной древесной зелени, разработанные в Институте химии Коми НЦ УрО РАН. Обладают фунгицидным действием, сдерживая развитие возбудителей основных болезней сельскохозяйственных культур. Биологическая эффективность препарата

против болезней составляет в среднем 50–80% и не уступает гораздо более дорогим химическим средствам защиты растений, превосходящим его по цене в десятки раз.

В биолaborатории филиала Россельхозцентра по Кировской области выпускается гуминовый препарат в жидкой препаративной форме «Гумат+7», который содержит гуматы и 7 важнейших микроэлементов (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Co, B). Микроэлементы усиливают стимулирующее действие гумата во всех направлениях его влияния на рост и развитие растений [3]. Гуматы, как продукты природного происхождения на основе гуминовых кислот и их солей, попадая в почву, улучшают ее структуру, стимулируют развитие всех почвенных микроорганизмов, резко повышают использование минеральных удобрений. Гуминовые регуляторы роста растений увеличивают всхожесть семян, способствуют развитию мощной корневой системы растений, ускоряют рост растений, регулируют обменные процессы, обеспечивают повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды, способствуют росту урожайности и сокращению сроков созревания, улучшают качество выращенной продукции. Это позволяет улучшить экологическую ситуацию в целом и экологическую чистоту продукции в частности [4].

Уже начальные этапы роста проростков на свету сопровождаются активными метаболическими процессами, изменением активности гормональной системы, биосинтезом хлорофилла, биосинтезом фенольных соединений, перестройкой энергетических систем [5].

Цель исследования – изучить влияние фиторегуляторов на семена и проростки яровой пшеницы Ирень в условиях различного освещения на начальном этапе развития.

Лабораторные исследования проводились на яровой пшенице сорта Ирень. Семена урожая 2015 г. обрабатывали фиторегуляторами Вэрва, Вэрваль, Гумат +7 в день посева в соответствии с вариантами опыта, приведенными в таблице 1. Контрольными вариантами являлись семена сухие и обработанные водой из расчета 10 л/т.

Для создания светового периода использовались светодиодные лампы с длиной волны: белый свет (400–700 нм), 440 нм, 630 нм, 660 нм. Продолжительность времени светового периода составляла 12 часов.

Лабораторная всхожесть – это число нормально проросших семян в пробе, взятой для анализа, выраженное в процентах. Определяют ее путем проращивания семян пшеницы в лабораторных условиях, установленных ГОСТом 12038-84, на 7 сутки проводят учет. Всхожесть семян определяли в рулонах из фильтровальной бумаги, в темноте при постоянной температуре в двух кратной повторности [6]. На седьмой день после закладки на анализ проводилось измерение длины проростков и корней. Данные обрабатывали с помощью статистического и дисперсионного анализов [7].

Всхожесть семян яровой пшеницы сорта Ирень под влиянием изучаемых факторов незначительно изменялась по отношению к контрольным вариантам (табл. 1). Использование света спектров 440 и 630 нм оказывает слабое

ингибирующее действие на данный показатель по сравнению с белым светом и излучением 660 нм. Наиболее низкая всхожесть наблюдалась при проращивании сухих семян в условиях культивирования на свете с длиной волны 440 нм и обработке семян водой (630 нм). Препарат Вэрва-ель при обработке семян проявил достоверное стимулирующее действие на всхожесть в условиях света 660 нм и ингибирующее действие – на белом свете.

Таблица 1

Всхожесть семян яровой пшеницы сорта Ирень, %

Вариант	Спектр света			
	белый свет	440 нм	630 нм	660 нм
Контроль, семена сухие (К с.с.)	96,0	90,0	93,0	95,0
Контроль, обработка водой 10л/т (К с.з.)	98,0	96,0	94,0	96,0
Гумат +7, 0,5 л/т	98,0	95,0	96,0	96,0
Вэрва, 0,5 л/т	96,0	96,0	90,0	96,0
Вэрва-ель, 0,5 л/т	93,0	96,0	96,0	98,0
НСР _{0,95}	1,8	3,5	7,9	1,8

Повышение всхожести семян до нормируемых значений является важным звеном на этапе сертификации семян. Согласно ГОСТ 52325-2005 всхожесть семян зерновых культур для посева должна быть не ниже 92,0%.

Лабораторные исследования показали, что изучаемые фиторегуляторы и спектр света привели к существенным изменениям длины корней и проростков пшеницы (табл. 2).

Таблица 2

Влияние фиторегуляторов и спектра света на длину корней и проростков семян яровой пшеницы сорта Ирень, мм

Вариант	Спектр света			
	белый свет	440 нм	630 нм	660 нм
Длина проростков				
Контроль, семена сухие (К с.с.)	10,9	78,8	13,9	115,2
Контроль, обработка водой 10л/т (К с.з.)	11,1	79,3	14,3	115,4
Гумат +7, 0,5 л/т	8,3	73,3	17,9*	116,2
Вэрва, 0,5 л/т	10,7	81,9	16,9	121,8
Вэрва-ель, 0,5 л/т	7,3	69,8*	14,8	105,3
Длина корней				
Контроль, семена сухие (К с.с.)	147,8	175,0	51,3	182,0
Контроль, обработка водой 10л/т (К с.з.)	143,7	173,7	49,7	194,6
Гумат +7, 0,5 л/т	138,4	172,3	50,0	196,5
Вэрва, 0,5 л/т	157,1	180,1	57,9*	205,6*
Вэрва-ель, 0,5 л/т	148,3	156,4*	45,2	190,1

* Примечание: различия достоверны при уровне вероятности $P > 0,95$.

На 7 день культивирования проростков пшеницы во влажной камере в рулонах значительный рост надземной части и корней получен под действием света с длиной волны 660 нм по сравнению с белым светом. Так, длина проростков увеличилась в 10,4 раза, корней – 1,4 раза. В этих условиях из фито-

регуляторов проявил стимулирующее действие препарат Вэрва и только на длину корней, которая увеличилась на 17%.

Спектр света 630 нм значительно снижал длину корней и проростков пшеницы во всех вариантах опыта по сравнению с белым (на 63–70%) и другими спектрами света. Достоверно увеличилась по сравнению с контролем (Кс.з.) длина проростков в варианте с обработкой семян препаратом Гумат+7, а длина корней в варианте с препаратом Вэрва.

При культивировании пшеницы в контрольных вариантах (К с.с. и Кс.з.) в спектре света 440 нм рост проростков увеличился по сравнению с белым светом в 7,2 раза, а корней – на 18–20%. Фиторегуляторы в этих условиях не проявили стимулирующего действия и наблюдалось достоверное снижение длины проростков и корней при обработке семян препаратом Вэрва-ель.

Таким образом, применение только фиторегулятора Вэрва-ель приводит к существенной стимуляции прорастания семян в условиях света с длиной волны 660 нм. На увеличение числа проростков яровой пшеницы сорта Ирень лучше отдавать предпочтение препарату Вэрва, так как он способствует лучшему формированию подземной и надземной систем, а соответственно и получению большего урожая.

Применение освещения будет оправдано при использовании светодиодных ламп с узким спектром 660 нм. Спектр света 630 нм на прорастание пшеницы приводит к существенному замедлению развития корней и листьев.

Литература

1. Тютюрев С. Л. Физиолого-биохимические основы управления стрессоустойчивостью растений в адаптивном растениеводстве // Вестник защиты растений. 2000. № 1. С. 11–34.
2. Завалин А. А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 9–11.
3. О пользе применения гуматов в сельскохозяйственном производстве <https://rosselhocenter.com/analitika/5699-informatsionnyj-listok-rosselkhoztsentra-no-26-2015-g-o-polze-primeneniya-gumatov-v-selskokhozyajstvennom-proizvodstve>
4. Удобрения на основе гуминовых кислот: ГУМАТ-80, Гумат-Байкал, Гумат+7 (сухие) http://www.biotechagro.ru/products/docs/gumat_1.pdf
5. Кефели В. И. Действие света на рост и морфогенез высших растений // Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений. М.: Наука, 1975. С. 209–227.
6. Ступин А. С. Основы семеноведения. СПб: Лань, 2014. 384 с.
7. Моисейченко В. Ф., Трифонова М. В., Заверюха А. Х. и др. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ТОРФОГЕЛЯ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ

Ю. В. Береснева, Е. В. Товстик

Вятский государственный университет, *julia-kob@mail.ru*

Повышение продуктивности растений с учетом сохранности плодородия почв является актуальной задачей современного растениеводства. Перспективным способом ее решения является ограничение применения минеральных удобрений путем их замены на препараты органической природы.

В настоящее время спектр предлагаемых препаратов в агропромышленном секторе достаточно разнообразен. Гуминовые препараты отличает отсутствие загрязняющих веществ в своем составе, способность обеспечивать растения питательными элементами и стимуляторами роста, а также способность к регуляции органо-минерального баланса почв. Установлено, что предпосевная обработка растений гуминовыми препаратами оказывает положительное влияние на рост и развитие растений, а также урожай и качество зерна [1–3]. Положительный эффект выявлен также при опрыскивании гуминовыми препаратами растений во время вегетации [4–6]. Наряду с этим, независимо от способа применения препаратов гуминовой природы, установлено их благоприятное влияние на структуру почвы, одной из причин улучшения которой считают стимулирующее влияние на биологическую активность почв [7].

Важным вопросом внедрения препаратов гуминовой природы в практику земледелия является уточнение их доз для внесения в почву, а также проведение тестирования данной почвы с применением различных культур, включающих *Daphnia magna*, *Scenedesmus quadricauda*, *Sinapis alba*, семена растений и др. [8, 9].

Целью данной работы явилось изучение влияния различных доз торфогеля на показатели линейного роста растений ячменя.

Для проведения исследования был заложен модельный опыт в вегетационных сосудах объемом 0,5 л. В каждый сосуд вносили 0,5 кг воздушно-сухой дерново-подзолистой почвы и добавку гуматов в виде торфогеля, соответствующую 0,6, 10, 20, 40 г/кг почвы. Контролем служила почва без добавки торфогеля.

Почву в сосудах увлажняли дистиллированной водой до уровня, соответствующего полевой влагоемкости. Влажность почвы поддерживали на постоянном уровне в течение всего опыта путем взвешивания сосудов. Спустя месяц после закладки опыта, в каждый сосуд высаживали по 30 семян ячменя сорта «Родник Прикамья». Выращивание растений осуществляли на свету. По истечению 21 суток проростки ячменя извлекали из сосудов, отмывали от почвы, измеряли длину побега и корня.

В результате исследования было установлено отсутствие ингибирующего действия исследуемых в опыте добавок торфогеля на рост растений ячменя при кратковременном выращивании (21 сут) (рис.).

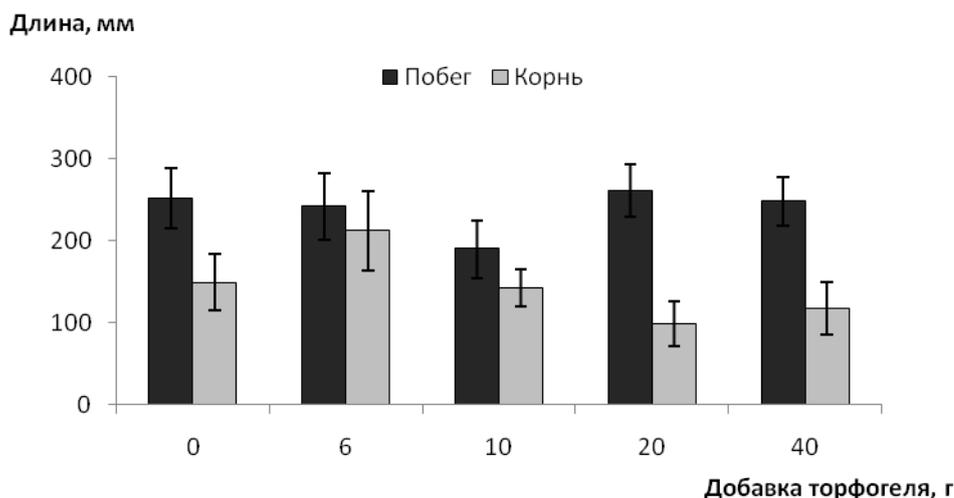


Рис. Длина побега и корня растений ячменя в зависимости от дозы торфогеля в почве

Длина побега растений во всем диапазоне исследуемых добавок торфогеля не отличалась от контрольного варианта, за исключением добавки 10 г торфогеля к почве. В данном варианте отмечали снижение длины побегов в среднем на 25% по сравнению с контролем.

Длина корня в отличие от длины побега изменялась в зависимости от дозы торфогеля более вариабельно (от $99,0 \pm 26,7$ до $212,3 \pm 48,2$ мм). Для минимальной в опыте дозы торфогеля (6 г) отмечали увеличение длины корневой системы ячменя в среднем на 42% по сравнению с контролем. Наименьшее среднее значение длины корня растений ячменя отмечали в варианте с добавкой торфогеля равной 20 г/кг, однако выявленное ингибирующее действие сохранялось лишь на уровне тенденции.

Таким образом, в результате исследования влияния различных доз торфогеля на морфометрические показатели роста растений ячменя не выявило его ингибирующего действия. Наиболее чувствительным показателем линейного роста растений ячменя в условиях кратковременного воздействия (21 сутки) торфогеля оказалась длина корня растений. По этому показателю наиболее эффективной добавкой торфогеля к почве является минимальная в опыте исследованная доза, соответствующая 6 г/кг почвы.

Литература

1. Кравец А. В., Бобровская Д. Л., Касимова Л. В., Зотикова А. П. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы гуминовым препаратом из торфа // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 4 (78). С. 22–24.
2. Чуманова Н. Н., Кондаурова И. Г. Реакция овса на обработку гуминовыми препаратами // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: Материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. 2015. С. 155–160.

3. Кондратенко Е. П., Вербицкая Н. В., Ижмулкина Е. А., Соболева О. М. Оценка реакции яровой мягкой пшеницы на обработку гуминовым препаратом гумостим // Владимирский земледелец. 2016. № 4 (78). С. 26–30.
4. Кирдей Т. А. Гуминовые препараты в агротехнологиях // Земледелие. 2013. № 5. С. 12–14.
5. Левченкова А. Н., Булыничева Н. С., Володина Т. И. Влияние обработки гуминовыми препаратами на продуктивность и качество культуры картофеля // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 15–22.
6. Безуглова О. С., Полиенко Е. А., Горовцов А. В. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов // АгроСнабФорум. 2016. № 8 (148). С. 84–86.
7. Лыхман В. А., Безуглова О. С., Горовцов А. В., Полиенко Е. А. Влияние гуминовых препаратов на структурное состояние и биологическую активность чернозема обыкновенного карбонатного // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 2. С. 16–20.
8. Каниськин М. А., Изосимов А. А., Терехова В. А., Якименко О. С., Пукальчик М. А. Влияние гуминовых препаратов на биоактивность почвогрунта с фосфогипсом // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 1. С. 86–93.
9. Воронина Л. П., Якименко О. С., Терехова В. А. Оценка биологической активности промышленных гуминовых препаратов // Агрехимия. 2012. № 6. С. 45–52.

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО КРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И УГЛЕКИСЛОГО КАЛИЯ НА РАСТЕНИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Л. Н. Балахонцева, Г. П. Дудин
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
balahontzewa.ln@yandex.ru

Важным фактором внешней среды, определяющим скорость и направленность работы фотосинтетического аппарата растений, является энергия солнечного света. Высокая интенсивность света вызывает в растениях снижение содержания фитогормонов и усиливает накопление флавоноидных соединений. При этом изменяется скорость роста и продуктивность растений [1].

Все виды клеточного обмена контролируются фитохромной системой. В результате фотохимической активации фитохрома лазерным красным светом происходит активация мембранного транспорта ионов, изменение метаболизма, морфологии, функциональных свойств и химического состава растений. Воздействуя на фитохромную систему с помощью лазерного красного света можно индуцировать мутационный процесс у растений [2–4].

Существует наиболее обоснованная гипотеза, объясняющая действие лазерного света через фитохромную систему растений [4, 5]. Фитохром синтезируется в форме Φ_{660} , поглощающей красный свет. Под действием красного света он переходит в активную форму Φ_{730} , поглощающую дальний красный свет. Под действием дальнего красного света и в темноте Φ_{730} превращается в Φ_{660} . Фитохром изменяет проницаемость клеточных мембран, регулирует движение хлоропластов, влияет на синтез ферментов и стимуляторов роста [5, 6]. Светозависимый переход фитохрома в активную форму Φ_{730} изме-

няет концентрацию воды в клетках и органах растений, что тесно связано с зависимым от фитохромной системы транспортом ионов калия [7–9].

Калий – один из самых необходимых элементов минерального питания растений. Он участвует в генерации мембранного потенциала у растений, в транспортных процессах через мембраны, поглощении и транспорте воды по растению, регуляции работы устьичного аппарата. Калий входит в группу главных катионов, активаторов ферментативных систем. Известно более 60 ферментов, активируемых калием. Пока уровень элемента не достигнет пороговой концентрации, обмен веществ протекает нормально, но как только порог преодолен, рост и метаболизм угнетаются [10].

Цель работы – изучить влияние карбоната калия, лазерного красного излучения и их совместного действия на рост и развитие растений ярового ячменя сорта Изумруд в первом поколении.

Задачи: 1. Определить полевую всхожесть и выживаемость растений ячменя в первом поколении.

2. Провести анализ элементов структуры продуктивности и их коэффициентов вариации.

3. Оценить стимулирующее (угнетающее) влияние факторов воздействия по комплексу признаков.

Опыт был заложен в 2016 г. на территории учебно-опытного поля Вятской ГСХА. Почвы опытного участка дерново-подзолистые, среднесуглинистые. Для обработки использовались оригинальные семена ярового ячменя сорта Изумруд. Семена обрабатывались в соответствии со схемой опыта: 1 – Контроль (с. з. – семена, замоченные в дистиллированной воде); 2 – K_2CO_3 0,01 М; 3 – K_2CO_3 0,1 М; 4 – K_2CO_3 1 М; 5 – с. з. + ЛКС; 6 – K_2CO_3 0,1 М + ЛКС; 7 – ЛКС + K_2CO_3 0,1 М, по 500 зерен в каждом варианте, в четырехкратной повторности. Посев проводился на делянках 1 м². Размещение делянок систематическое в 2 яруса, со смещением.

В опыте использовали углекислый калий (K_2CO_3) с чистотой 99% (ГОСТ 4221-65). Лазерный красный свет (ЛКС) получали на гелий-неоновой установке ОКГ-12-1, длина волны 632,8 нм, плотность мощности излучения 0,1 мВт/см². Облучение семян проводилось в течение 60 минут, а замачивание в дистиллированной воде и растворах карбоната калия – 12 часов.

В первом поколении (M_1) проводились наблюдения, учитывалась полевая всхожесть семян, выживаемость растений ячменя. После уборки у 40 растений анализировали элементы структуры продуктивности. Для оценки изменчивости количественных признаков проводили статистическую обработку данных. Существенность различий устанавливали с помощью критерия Стьюдента (t_{st}) [11]. Влияние физических и химических факторов на семена и растения ячменя сорта Биос 1 оценивали с помощью средне суммарного показателя депрессии (D,%) – стимуляции (St,%). Чувствительность растений рассчитывали по пяти признакам: полевая всхожесть, длина стебля и колоса, количество зерен в колосе, масса зерна с колоса [12].

Обработка семян перед посевом раствором карбоната калия и облучение лазерным красным светом не оказала существенного угнетающего влияния на полевую всхожесть семян и выживаемость растений.

Во всех вариантах опыта всхожесть семян снизилась по сравнению с контролем, максимально – в вариантах с применением растворов карбоната калия – на 10,8–15,2%. В вариантах с лазерным красным излучением всхожесть семян выше, это связано с доказанным ранее стимулирующим действием красного света на проростки ячменя [8].

Выживаемость растений первого поколения в вариантах с обработкой K_2CO_3 была выше или на уровне контроля, а в остальных – снизилась на 4,8–7,2%.

Анализ элементов продуктивности проводился по основным показателям растений, определяющих урожайность: длина стебля и колоса, количество зерен в колосе и масса зерна с главного колоса (табл.).

Наибольшее снижение длины стебля – на 2,7 см, отмечено при индивидуальном лазерном облучении семян, увеличение длины стебля по сравнению с контролем на 2 см наблюдали в варианте K_2CO_3 0,1 М + ЛКС. Значение длины колоса (10,2–10,8 см) во всех вариантах опыта было на уровне контрольного варианта, а масса зерна с колоса – не значительно больше, чем в контроле.

Таблица

Элементы структуры продуктивности растений ячменя в первом поколении, 2016 г.

Вариант	Длина стебля, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г
Контроль (с. з.)	51,1±0,77	10,4±0,19	25,2±0,40	1,26±0,03
K_2CO_3 0,01 М	49,2±0,80	10,5±0,21	26,4±0,34*	1,30±0,02
K_2CO_3 0,1 М	49,5±0,84	10,2±0,19	25,3±0,29	1,28±0,02
K_2CO_3 1 М	49,5±0,64	10,6±0,22	26,0±0,36	1,32±0,03
с. з. + ЛКС	48,8±1,24	10,8±0,33	26,8±0,39**	1,33±0,03
K_2CO_3 0,1 М + ЛКС	53,1±0,70	10,4±0,19	25,4±0,36	1,32±0,02
ЛКС + K_2CO_3 0,1 М	50,4±0,93	10,6±0,23	25,2±0,40	1,30±0,02

Существенно больше контроля (25,2 шт.) число зерен в колосе отмечено в вариантах с. з. + ЛКС и K_2CO_3 0,01М – 26,4 и 26,8 шт. соответственно, в остальных вариантах превышение было не существенным.

Суммарный характер воздействия факторов на растения оценивали с помощью показателя коэффициента депрессии (D,%) – стимуляции (St,%) (рис. 1). Этот метод позволяет нивелировать существующую вариацию выраженности любого количественного признака и дает объективный показатель разницы между сравниваемыми вариантами.

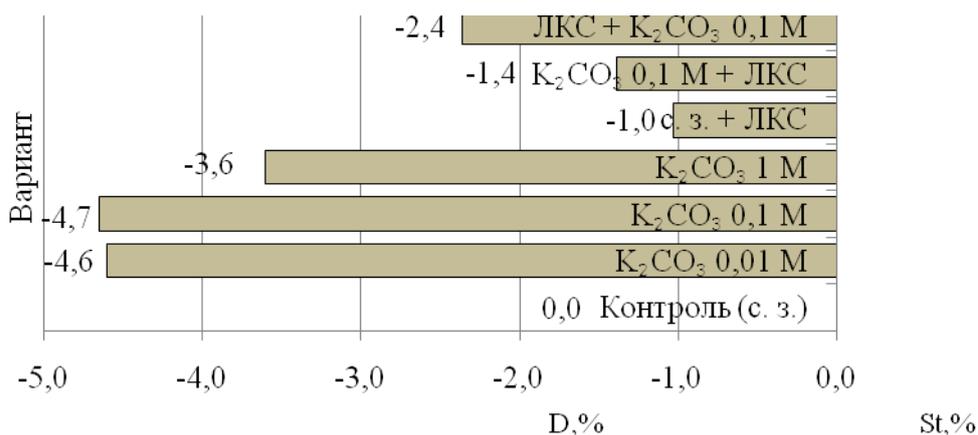


Рис. 1. Чувствительность растений ячменя к факторам воздействия

Все изучаемые факторы оказали угнетающее влияние на растения ячменя от -4,7 до -1,0%. При этом в большей степени оно проявилось в вариантах с обработкой семян растворами K₂CO₃ за счет снижения всхожести семян и длины стебля. Наименьший эффект депрессии отмечен в варианте с.з. + ЛКС (-1,0%), в котором длина колоса, количество колосков и масса зерна с колоса максимально превысили контроль.

При, кажущемся, не существенном отклонении значений признаков от контроля, коэффициент изменчивости их значительно различался в зависимости от способа обработки семян и анализируемого показателя (рис. 2).

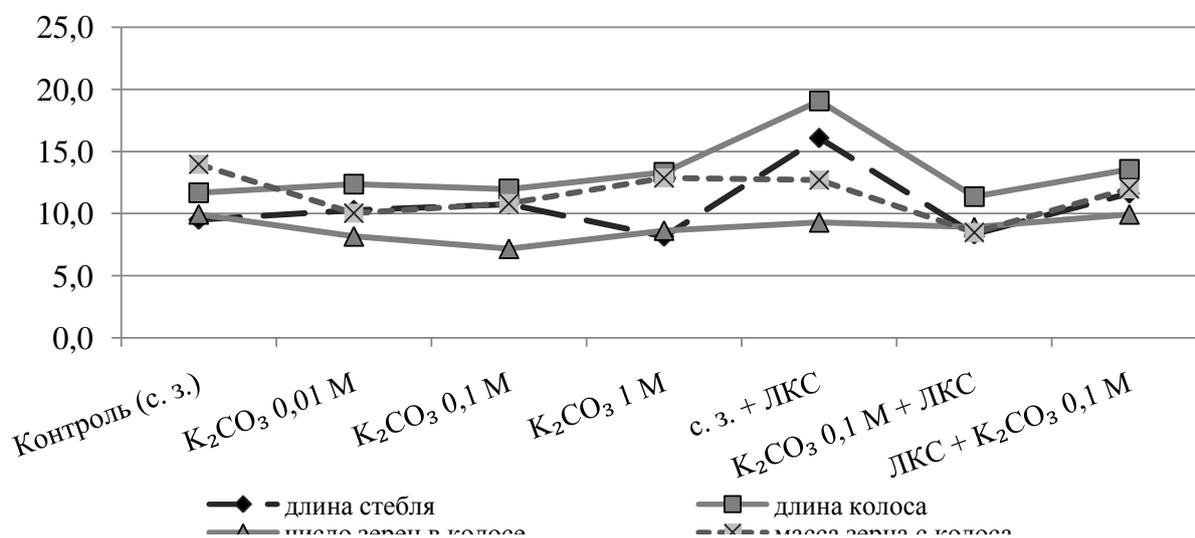


Рис. 2. Коэффициент вариации признаков растений ячменя

Лазерное красное излучение достоверно увеличило коэффициент вариации длины стебля у растений ячменя на 6,6%, а колоса – на 7,4%. В парном варианте K₂CO₃ 0,1М + ЛКС изменчивость всех анализируемых признаков была ниже, чем в контроле и в варианте с лазером. Вариабельность количественных признаков в вариантах с обработкой семян K₂CO₃ имела особенности в зависимости от концентрации раствора. Длина стебля варьировала

сильнее при концентрации K_2CO_3 1 М, а длина колоса и масса зерна с колоса – в варианте K_2CO_3 1М. В некоторых вариантах обработка семян стабилизировала изменчивость признаков, снизив коэффициент вариации длины стебля на 1,4% в варианте K_2CO_3 , числа зерен в колосе на 1,8% в варианте K_2CO_3 0,1 М. Достоверно ниже CV% массы зерна с колоса на 5,5% отмечен в варианте K_2CO_3 0,1 М + ЛКС.

Изучаемые факторы не оказали существенного угнетающего влияния на полевую всхожесть семян и выживаемость растений ячменя. При анализе элементов продуктивности выявлены достоверные увеличения числа зерен в колосе и изменения длины стебля. Наименьшая длина соломины отмечена в варианте с лазерным облучением семян. Коэффициент изменчивости количественных признаков значительно различался в зависимости от способа обработки семян и анализируемого показателя. Лазерное облучение семян значительно увеличило коэффициент вариации длины стебля и колоса растений, а в варианте обработки K_2CO_3 0,1 М + ЛКС масса зерна с колоса растений ячменя стала более выровненной на 5,5%.

Литература

1. Музафаров Е. Н., Креславский В. Д., Назарова Г. Н. Световая и гормональная регуляция фотосинтеза и роста растений. Пушкино, 1995. 140 с.
2. Дудин Г. П. Изменчивость ярового ячменя под действием лазерного излучения ($\lambda=6328\text{\AA}$) малой плотности // Окультуривание почв и совершенствование приемов выращивания зерновых культур: Сб. науч. ст. Пермь, 1982. С. 68–75.
3. Дудин Г. П. Реакция ячменя на лазерное воздействие в зависимости от состояния фитохром // Применение СВЧ-излучений в биологии и сельском хозяйстве: Тез. Всесоюз. конф. Кишинев, 1991. С. 84–85.
4. Дудин, Г. П. Электрофоретический анализ гордеинов у мутантов ярового ячменя / Г. П. Дудин, А. А. Поморцев, О. С. Кривошеина // Генетика. 1998. Т. 34. № 10. С. 1354–1358.
5. Кузнецов, Е. Д. Роль фитохрома в растениях / Е. Д. Кузнецов, Л. К. Сечняк, Н. А. Киндрук. М.: Агропромиздат, 1986. С. 34–36.
6. Малиновский В. И. Физиология растений: Учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2004. 124 с.
7. Каримова Ф. Г., Крутикова Т. И. Светозависимый транспорт воды и ионов в корнях бобов // Регуляция водного обмена растений: Материалы 7 Всес. симпоз. Киев, 1984. С. 103–106.
8. Дудин Г. П. Излучение красного диапазона – источник мутационной изменчивости // Успехи современного естествознания. 2005. № 11. С. 48–49.
9. Дудин, Г. П. Мутагенез у ячменя под влиянием красного света различной природы / Г. П. Дудин, О. С. Кривошеина, Д. А. Логинов // Аграрная наука. 1997. № 2. С. 22–23.
10. Чиркова Т. В. Физиологические основы устойчивости растений: Учебное пособие для студентов биологических факультетов вузов. СПб: СПбГУ, 2002. 244 с.
11. Моисейченко В. Ф., Трифонова М. Ф., Заверюха А. Х. и др. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.
12. Володин В. Г., Лисовская З. И. Радиационный мутагенез у ячменя. Минск: Наука и техника, 1979. 144 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ИВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

В. Н. Дрожжина

Воронежский государственный педагогический университет,
o.drozhdzhin@gmail.com

Нарушение физиологических процессов у растений в условиях промышленного загрязнения является первой ответной реакцией организмов на проникновение токсикантов. Процесс фотосинтеза наиболее чувствителен к меняющимся условиям окружающей среды. Состояние пигментного аппарата, таким образом, можно рассматривать как один из важнейших показателей газоустойчивости растительных организмов.

В качестве объектов исследования выбраны виды рода *Salix*: *S. alba* L., *S. caprea* L., *S. cinerea* L., *S. purpurea* L., *S. triandra* L. и *S. viminalis* L. Исследования проводились в Липецкой области, в зоне воздействия Новолипецкого металлургического комбината. Пробные площадки для отбора модельных деревьев закладывались на расстоянии 0,5 км, 1 км, 3 км, 10 км от источника загрязнения и в условно чистой зоне (1, 2, 3, 4, 5 пробные площади соответственно).

Концентрацию пигментов: хлорофилла а, хлорофилла b и каротиноидов в листьях определяли по стандартным методикам на спектрофотометре «Sperecol» [1, 2]. Для исследования брали листья из средней части побега, сбор материала проводили в мае, июле и сентябре.

Исследуемые виды можно разделить на 2 группы по изменению концентрации пигментов листа на пробных площадях с разным уровнем загрязнения. Первая группа отличается повышенным содержанием пигментов в зоне загрязнения, вторая – наоборот. К первой группе относятся *S. alba*, *S. caprea*, *S. cinerea*. Ко второй группе видов принадлежат *S. purpurea*, *S. triandra* и *S. viminalis*.

В первой группе видов наблюдаются следующие изменения содержания пигментов. В мае месяце в загрязненной зоне происходит увеличение количества каротиноидов и хлорофиллов в среднем на 50% у *S. alba*. У *S. caprea* значительно всего увеличивается доля хлорофилла b – на 33%. Самым большим увеличением содержания пигментов в загрязненной зоне по отношению к контролю отличается *S. cinerea*. Количество хлорофилла b увеличивается на 57%, а каротиноидов – на 68%.

В июле месяце у *S. alba* увеличивается в основном концентрация каротиноидов – на 62%. У *S. caprea* возрастает количество хлорофиллов а и b на 67% и 42% соответственно. *S. cinerea* показывает увеличение количества хлорофилла b на 36% под воздействием загрязнителей.

В сентябре месяце достоверного изменения количества пигментов у данных видов не обнаружено. Можно говорить лишь об общей тенденции к

увеличению количества пигментов в условиях загрязнения по отношению к контролю.

Другая группа видов отличается общим уменьшением количества пигментов в промышленной зоне по отношению к контролю. В мае месяце у *S. purpurea* количество хлорофиллов а и b уменьшается на 55% и 21% соответственно. У *S. triandra* достоверно сокращается содержание хлорофилла а – на 38%. У *S. viminalis* уменьшается количество всех пигментов, но в большей степени каротиноидов – на 51%.

В июле месяце наблюдается достоверное уменьшение количества всех пигментов на первых трех пробных площадках. У *S. purpurea* уменьшение количества пигментов происходит за счет хлорофиллов (в среднем на 20%). *S. triandra* – за счет хлорофилла а (на 28%). *S. viminalis* характеризуется значительным падением концентрации зеленых пигментов.

Значительно сильнее выражены вариации в содержании пигментов в сентябре месяце. У *S. purpurea* и *S. viminalis* уменьшается содержание всех пигментов – примерно на 35%. *S. triandra* характеризуется значительным сокращением хлорофиллов на 33–44%.

Можно отметить, что у видов с увеличенной концентрацией пигментов в загрязненной зоне более существенно изменяется их концентрация в мае и в меньшей степени в сентябре. Группа видов с уменьшающимися концентрациями пигментов в промышленной зоне, наоборот характеризуется наибольшими изменениями в сентябре. Июль месяц для обеих групп сильными колебаниями в содержании пигментов на разных пробных площадках не отличается.

Для всех исследуемых видов характерно постепенное накопление хлорофиллов и каротиноидов с максимумом в июне-июле, а затем снижение их количества. Отдельно стоит *S. caprea*, максимум накопления пигментов у которой приходится на май – июнь. Это связано с особенностями прохождения фенологических фаз разными видами ив. Ива козья зацветает раньше других видов (в конце марта месяца) и раньше других ив распускает листья.

Кроме количественных показателей пигментов, важным показателем является их соотношение. Соотношение суммы зеленых пигментов к каротиноидам в условиях загрязнения уменьшается у всех видов, особенно в мае месяце. По мере распускания листьев, изменения в пигментном фонде происходят в основном количественные, не затрагивающие соотношения пигментов.

Заметные изменения в пигментном фонде проявляются в зонах сильного и умеренного загрязнения даже тогда, когда видимых повреждений еще нет. Это свидетельствует о первоначальном нарушении функциональной организации по сравнению со структурной. Данные по содержанию пигментов в листьях ив представлены в таблицах 1, 2, 3. В таблицах приведены данные только по крайним пробным площадкам (1 и 5).

На основании полученных данных можно предположить, что первая группа видов проявляет большую устойчивость в условиях загрязнения, чем представители второй группы. Таким образом, чувствительные виды отличаются уменьшением количества пигментов, а устойчивые – увеличением коли-

чества в зоне загрязнения. Что касается нарушения соотношения пигментов, то можно сказать о тенденции к уменьшению этих показателей как для устойчивых, так и неустойчивых видов. Наиболее ярко это проявляется в мае месяце. В дальнейшем изменения в пигментном фонде носят в основном количественный характер.

Таблица 1

Содержание пигментов в листьях ив в мае (мг/г сухой массы)

№ П.П.	Хлорофилл а	Хлорофилл b	Каротиноиды	a/b	(a+b)/каротиноиды
<i>S. alba</i>					
1	1,70±0,029*	0,91±0,016*	1,66±0,018*	1,87	2,46
5	1,10±0,071	0,60±0,053	0,64±0,017	1,83	2,65
<i>S. caprea</i>					
1	2,65±0,061*	1,20±0,037*	1,20±0,053	2,21	3,21
5	2,28±0,012	0,90±0,035	1,00±0,032	2,53	3,18
<i>S. cinerea</i>					
1	1,60±0,049*	0,80±0,023*	1,52±0,017*	2,00	1,58
5	1,28±0,061	0,51±0,021	0,90±0,012	2,51	1,99
<i>S. purpurea</i>					
1	2,00±0,063*	0,90±0,049*	1,87±0,035	2,22	1,55
5	2,54±0,060	2,00±0,053	1,80±0,048	1,27	2,52
<i>S. triandra</i>					
1	1,00±0,060*	0,60±0,027	0,94±0,047*	1,67	1,70
5	1,62±0,064	0,73±0,032	1,20±0,019	2,22	1,96
<i>S. viminalis</i>					
1	0,84±0,052*	0,51±0,061*	0,61±0,043*	1,65	2,21
5	1,51±0,081	0,82±0,036	1,24±0,064	1,84	1,88

* – Достоверно по отношению к контролю

Таблица 2

Содержание пигментов в листьях ив в июле (мг/г сухой массы)

№ П.П.	Хлорофилл а	Хлорофилл b	Каротиноиды	a/b	(a+b)/каротиноиды
1	2	3	4	5	6
<i>S. alba</i>					
1	2,18±0,021*	1,20±0,019*	0,97±0,019*	1,82	3,48
5	1,80±0,027	0,83±0,038	0,60±0,027	2,17	4,38
<i>S. caprea</i>					
1	2,70±0,023*	1,28±0,025*	1,16±0,014*	2,14	3,43
5	1,62±0,025	0,89±0,022	0,89±0,047	1,82	2,89
<i>S. cinerea</i>					
1	2,78±0,070*	1,70±0,048*	1,22±0,075*	1,64	3,67
5	2,40±0,013	1,25±0,029	1,05±0,014	1,92	3,48
<i>S. purpurea</i>					
1	2,56±0,070*	2,20±0,070*	1,95±0,039*	1,16	2,44
5	3,25±0,079	2,84±0,026	2,20±0,025	1,14	2,77

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
<i>S. triandra</i>					
1	1,57±0,032*	1,20±0,046*	1,09±0,050*	1,31	2,54
5	2,20±0,027	1,52±0,023	1,39±0,024	1,45	2,68
<i>S. viminalis</i>					
1	1,53±0,054*	1,00±0,075*	1,12±0,065*	1,53	2,26
5	2,73±0,063	1,54±0,047	1,39±0,053	1,77	3,07

* – Достоверно по отношению к контролю

Таблица 3

Содержание пигментов в листьях ив в сентябре (мг/г сухой массы)

№ П.П.	Хлорофилл а	Хлорофилл b	Каротиноиды	a/b	(a+b)/каротиноиды
<i>S. alba</i>					
1	1,12±0,045	0,97±0,031	0,67±0,021*	1,15	3,12
5	1,00±0,028	0,86±0,030	0,50±0,019	1,16	3,72
<i>S. caprea</i>					
1	1,12±0,037*	0,92±0,034*	0,73±0,027	1,22	2,79
5	0,93±0,040	0,81±0,021	0,62±0,021	1,15	2,81
<i>S. cinerea</i>					
1	1,02±0,035	0,63±0,025*	0,60±0,029	1,62	2,75
5	0,99±0,031	0,50±0,027	0,50±0,017	1,98	2,98
<i>S. purpurea</i>					
1	0,97±0,029*	0,76±0,024*	0,60±0,023*	1,28	2,88
5	1,59±0,025	1,29±0,026	0,90±0,021	1,10	3,20
<i>S. triandra</i>					
1	0,85±0,057*	0,43±0,044	0,58±0,020	1,98	2,21
5	1,53±0,056	0,64±0,039	0,55±0,020	2,39	3,95
<i>S. viminalis</i>					
1	1,23±0,072*	0,96±0,035*	0,70±0,071*	1,28	3,13
5	1,79±0,054	1,26±0,047	1,12±0,053	1,42	2,72

* – Достоверно по отношению к контролю

Проведенные исследования подтверждают данные других авторов о возможности использования показателей пигментного фонда в целях индикации загрязнения окружающей среды [3, 4]. Однако следует учитывать видовую специфичность, а в некоторых случаях и индивидуальную специфику отдельных особей.

Литература

1. Малый практикум по физиологии растений / Под ред. М. В. Гусева. М.: МГУ, 1982. 192 с.
2. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. Киев: Наукова думка, 1976. 334 с.
3. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 280 с.
4. Сергейчик С. А. Древесные растения и окружающая среда. Минск: Ураджай, 1985. 111 с.

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛИШАЙНИКА
HYPOGYMNA PHYSODES (L.) NYL. В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ
ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ
В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Е. А. Домнина^{1,2}, *С. Ю. Огородникова*^{1,2}, *И. Д. Степанова*¹

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

ecolab2@gmail.com, Stepanova_Irina_vggu@mail.ru

Одним из последствий деятельности человека на Земле является загрязнение окружающей среды. Первыми на изменение экологических факторов среды реагируют растения. Известно, что растительные объекты могут накапливать в клетках различные вещества, содержащиеся в окружающей среде. Лишайники представляют своеобразную группу симбиотических организмов, которые большую часть необходимых для жизнедеятельности минеральных веществ поглощают из воздуха и дождевой воды. Вместе с водой слоевище лишайника всей своей поверхностью впитывает растворенные в ней соединения, в том числе и загрязняющие вещества. Вследствие этого они являются аккумулятивными индикаторами загрязнения окружающей среды промышленными выбросами [1]. Известно, что под влиянием загрязняющих веществ происходит изменение видового состава и проективного покрытия лишайников [2, 3, 4].

В пос. Мирный Кировской области действует объект по уничтожению химического оружия (ОУХО). В процессе деструкции отравляющих веществ образуются различные мышьяк-, сера-, азот-, фтор-, хлор-, фосфорсодержащие загрязняющие вещества, которые могут поступать в окружающую среду [5].

Целью работы было определение проективного покрытия лишайникового покрова и содержания общего фосфора в талломах лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. в районе объекта по уничтожению химического оружия в пос. Мирный Оричевского района Кировской области.

В период с 2015 по 2016 гг. с участков мониторинга, расположенных в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) объекта уничтожения химического оружия, были отобраны пробы лишайника *H. physodes* для определения содержания общего фосфора. Одновременно с отбором проб проводили определение общего проективного покрытия лишайникового покрова, которое было определено на 9 участках сосновых фитоценозов (табл.).

Сравнение данных по проективному покрытию за 2015–2016 гг. позволяет заключить, что этот показатель находится в пределах от 21 до 32%, что соответствует средним значениям по участку за весь период наблюдений.

Проявляется тенденция увеличения проективного покрытия лишайникового покрова по мере удаления от ОУХО.

Общее проективное покрытие лишайникового покрова на участках мониторинга в СЗЗ и ЗЗМ объекта уничтожения химического оружия, %

Год	Номер участка								
	4	9	18	19	28	30	34	47	112
2015	21	30	37	26	30	40	40	37	37
2016	22	27	30	25	36	28	36	29	32

С 2010 г. проводится изучение содержания общего фосфора в эпифитном лишайнике *H. physodes* на участках мониторинга, расположенных на разном удалении от ОУХО – потенциального источника загрязнения фосфорсодержащими соединениями. Содержание общего фосфора в пробах лишайников определяли фотометрическим методом по ГОСТ 26657-97. За период наблюдений наибольшее содержание общего фосфора в талломах лишайников отмечено в 2014 г. [6].

В 2015–2016 гг. самое высокое содержание фосфора в талломах лишайника *H. physodes* было выявлено на участках 4 и 9, расположенных на расстоянии 1,3 км от объекта. Их показатели превышают фоновое значение в 1,5–2 раза. Содержание общего фосфора в талломах лишайника, отобранных на других участках мониторинга, не превышают фонового значения (рис.).

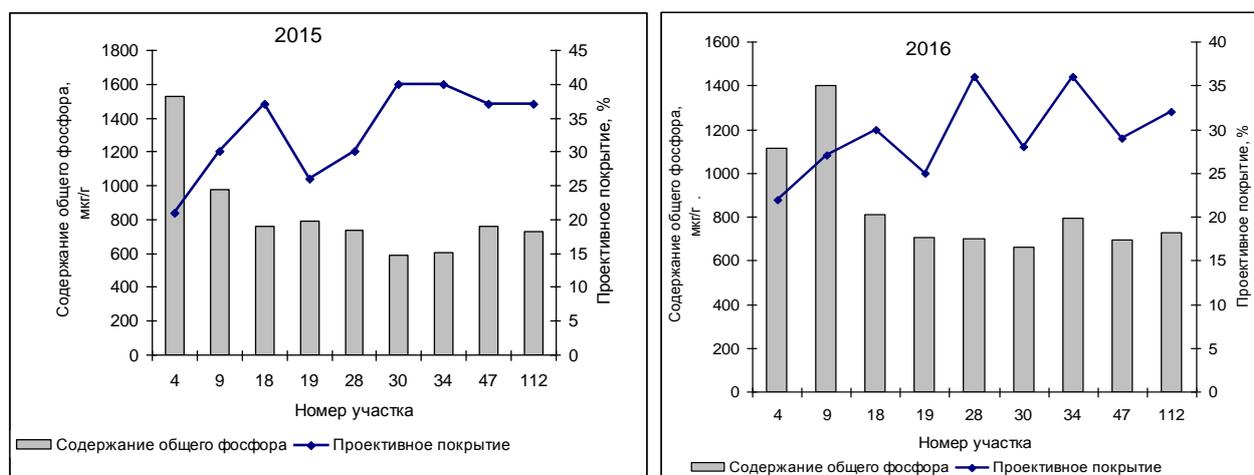


Рис. Содержание общего фосфора и проективное покрытие лишайников на участках в СЗЗ и ЗЗМ объекта уничтожения химического оружия

По данным 2015–2016 гг. выявлена зависимость между показателями проективного покрытия и содержанием общего фосфора в лишайниках на участках, расположенных на разном удалении от ОУХО (рис.). По мере приближения к ОУХО происходит снижение проективного покрытия лишайниками и увеличивается содержание общего фосфора в талломах. Возможно, при функционировании ОУХО происходит загрязнение атмосферного воздуха, что негативно сказывается на жизнедеятельности лишайников и приводит к сокращению площади проективного покрытия. Накопление общего фосфо-

ра в талломах, вероятно, связано с повышенным поступлением в атмосферу соединений фосфора в ходе работы ОУХО.

Таким образом, было изучено состояние эпифитной лишенобиоты в районе расположения объекта уничтожения химического оружия в Кировской области. Установлено, что величина проективного покрытия лишайниками максимальна на участках наиболее удаленных от ОУХО. Содержание общего фосфора в талломах лишайников, напротив, увеличивается по мере приближения к источнику загрязнения соединениями фосфора – ОУХО. Показатели проективного покрытия эпифитных лишайников и содержание общего фосфора в талломах являются информативными индикаторами загрязнения соединениями фосфора и могут быть использованы при мониторинговых исследованиях территорий, загрязненных техногенным фосфором.

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. Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.
2. Горшков В. В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных сосновых лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 144–159.
3. Голубкова Н. С., Малышева Н. В. Влияние роста городов на лишайники и лишеноиндикация атмосферного загрязнения в Казани // Бот. журн. 1978. Т. 63. № 8. С. 1145–1154.
4. Михайлова И. Н., Воробейчик Е. Л. Размерная и возрастная структура популяций эпифитного лишайника *Нурохитния physodes* (L.) Nyl. в условиях атмосферного загрязнения // Экология. 1999. № 2. С. 130–137.
5. Ашихмина Т. Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.
6. Домнина Е. А., Огородникова С. Ю. Изучение проективного покрытия эпифитных лишайников и содержания общего фосфора в талломах в районе действия объекта уничтожения химического оружия в Кировской области // Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам: Материалы Всерос. науч. конф. Киров: Изд-во ООО «ВЕСИ», 2015. С. 41–45.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Т. И. Бузмакова, Е. Н. Резник

Вятский государственный университет, tanusha-mak@inbox.ru

Избыточное образование свободных радикалов в результате протекания биохимических процессов приводит к окислительному стрессу, вызывающему развитие различных патологий. Одной из важнейших составляющих биологической активности объектов растительного происхождения является их

способность связывать окислители, находящиеся в живых организмах и тем самым противостоять вредному воздействию радикалов. С антиоксидантной активностью связывают полезные свойства различных сортов чая, фитосборов, биологически активных добавок, средств защиты растений и микроудобрений. В связи с этим, придается большое значение целенаправленному поиску новых эффективных антиоксидантов. Необходимой составной частью этого поиска является проведение сравнительной оценки антиоксидантной активности различных объектов растительного происхождения.

Известно большое количество методов определения антиоксидантной активности: волюмометрические, фотометрические, хемилюминесцентные, флуоресцентные, электрохимические. Большинство из них основано на протекающей по радикальному механизму модельной реакции, по влиянию на параметры которой оценивают антиоксидантную активность исследуемого вещества [1].

Большинство методов предполагает использование достаточно сложного оборудования, сравнительно дорогих реактивов, требует достаточно высокую квалификацию исполнителей. Между тем, в ряде случаев, нет необходимости стремиться к достижению высокой точности измерений. Существует потребность в разработке простых методов, пригодных для быстрого проведения сравнительной оценки большого количества объектов.

При разработке такого метода мы взяли за основу определение антиоксидантной активности по кинетическим параметрам реакции разложения пероксида водорода [2].

Модельной реакцией является разложение пероксида водорода в присутствии катализатора:



Внесение в среду антиоксидантов уменьшает объем выделившегося кислорода. В отличие от указанного метода, выделение кислорода регистрировали не электрохимическим путем, а по объему выделившегося кислорода. В реакционную среду, находящуюся в мерном цилиндре, вносили пенообразователь и измеряли высоту столба пены (h) пропорциональную объему выделившегося кислорода.

Сравнение антиоксидантной активности проводили у водных настоев чая Greenfield трех разных сортов: черный, зеленый и улун, реализуемых в торговой сети г. Кирова, верхового торфа «Сады Аурики», торфогумата калия произведенного ООО НПФ «Агростим». Опыт проводили в трехкратной повторности.

Водные настои чая и торфа получали в результате заваривания навески массой 2г в 200 мл кипятка в течение 10 минут. Торфогумат отбирали непосредственно из бутылки, в которую он был расфасован перед продажей.

Для измерения антиоксидантной активности в мерный цилиндр объемом 200 мл помещали 50 мл исследуемой жидкости, добавляли 10 мл раствора пероксида водорода с массовой долей 3% и 5 мл жидкого мыла, перемешивали в цилиндре. После выдержки 30 мин, добавляли 10 мл децинормального

раствора перманганата калия и отмечали высоту образовавшегося столба пены.

За показатель антиоксидантной активности в % принимали соотношение:

$$\alpha = \frac{h_{\text{макс}} - h}{h_{\text{макс}}} \cdot 100 ,$$

где $h_{\text{макс}}$ – максимальная высота столба пены, соответствующая отсутствию в среде антиоксидантов (исследуемая жидкость – дистиллированная вода); h – высота столба пены, измеренная в присутствии антиоксиданта.

Показатели антиоксидантной активности составили: черный чай – 28,1%; зеленый чай – 41,4%; улун – 37,6%; настой торфа – 21,4%; торфогумат – 50,1%.

Антиоксидантная активность настоев чая, измеренная по предлагаемой методике, дала результаты, сходные с полученными ранее с использованием метода FRAP ((ferric reducing antioxidant power) – железо восстанавливающая антиоксидантная способность), показатели у зеленого чая были примерно в два раза выше, чем у черного [3].

Обращает на себя внимание высокая антиоксидантная активность торфогумата. Можно предположить, что с этим свойством связана эффективность применения препаратов, изготовленных на основе гуминовых кислот.

Литература

1. Хасанов В. В., Рыжова Г. Л., Мальцева Е. В. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. № 3. С. 63–75.
2. Karyakina E. E., Vokhmyanina D. V., Sizova N. V., Sabitov A. N., Borisova A. V., Sazonova T. G., Arkhipenko Y. V., Tkachuk V. A., Zolotov Y. A. and Karyakin A. A. Kinetic approach for evaluation of total antioxidant activity. *Talanta*, 2009. 80(2). P. 749–753.
3. Рычкова Е. Л., Резник Е. Н. Определение содержания антиоксидантов в чае разных сортов // Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 191–193.

СУММАРНАЯ АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАК КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

В. Н. Зеленков¹, А. А. Лапин², М. В. Марков³

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства
ФАНО/РАН, zelenkov-raen@mail.ru*

² *Казанский государственный энергетический университет,
lapinanatol@mail.ru*

³ *Московский педагогический государственный университет,
markovsmail@gmail.com*

Изучение антиоксидантных свойств растений в процессе их онтогенеза является одним из актуальных направлений познания закономерностей формирования и функционирования антиоксидантной систем, присущих представителям растительного мира для их нормального существования в природе. Термин «антиоксидантный статус растений», впервые введенный нами [1, 2, 3], обозначен был как интегральная характеристика какого-либо растения, которая вбирает в себя количественные показатели суммарной антиоксидантной активности (САОА) следующих форм растительного материала: свежих или высушенных целых растений; отдельных органов растений (плодов, цветков, листьев, почек, стеблей, корней); в виде соков, настоек и экстрактов; растворов индивидуальных активных компонентов, выделенных из растений (полисахаридов, флавоноидов и т. д.).

Цель данной работы – анализ и обобщение данных экспедиционных работ авторов 2006 и 2007 гг., по оценке вариабельности показателя САОА с точки зрения оценки состояния растительных экосистем.

В июле – августе 2006–2007 гг. в рамках экспедиций РАЕН в Токаревском и Жердевском районах Тамбовской области нами были собраны растительные образцы и проведен анализ их САОА. Нашими обследованиями были охвачены следующие фрагменты растительного покрова, которые оказались наиболее богатыми в отношении ресурсных видов растений: широколиственный лес, луговая степь, пойменные остепненные луга, «осиновые кусты» с их типичным окружением по границе, сообщества солончаков на плоских частях водоразделов.

Годы сбора полевого материала отличались погодными условиями. 2007 г. характеризовался более ранней весной и более жарким летом по сравнению с 2006 годом. Для анализов на антиоксидантную активность собирали траву (стебель с листьями и цветками). Собранные образцы подвергали воздушно-теновой сушке в одинаковых условиях. Высушенные образцы измельчали и просеивали до размера частиц менее 0,8 мм, а водные настои готовили завариванием образцов кипящей водой (в соотношении 1:50 в пересчете на а.с.о. – абсолютно сухой образец образец).

Показатели САОА, выраженные в г рутина на 100 г а.с.о (абсолютно сухой образец), определяли на кулонометре «Эксперт-006» научно-производственной фирмы ООО «Эконикс-Эксперт» (г. Москва) в соответствии с разработанной нами методикой по кулонометрическому титрованию электрогенерированных радикалов брома водными экстрактами растительных образцов [4, 5].

Первичные данные по САОА и описание растений гербарийного экспедиционного сбора 2006–2007 гг. приведены в работе [6].

В 2006 г. в фазе цветения – начала плодоношения нами были собраны образцы 48 видов растений, а в 2007 г. – 54 видов. Всего за 2 года в фазе цветения было собрано 86 образцов различных видов растений. Большинство видов растений после сбора в 2006 г. не наблюдались в аналогичной фазе массового цветения – начала плодоношения в 2007 г. Это можно интерпретировать как ограниченным временным периодом этой фазы вегетации для растений и несовпадением этого периода 2006 г. и 2007 г.

В нашем случае 2007 г. отличался ранней весной и более ранним началом летнего сезона с периодами повышенной температуры более 30 °С, что было для растений Центрально-Черноземной зоны России фактором стрессового воздействия (засуха).

Графическая презентация ранжировки растений по уровню САОА (рис. 1) наглядно говорит о существенном варьировании антиоксидантного статуса у растительных компонентов исследованных экосистем, причем она отличается по этому количественному показателю для одних и тех же растений в разные по условиям годы.

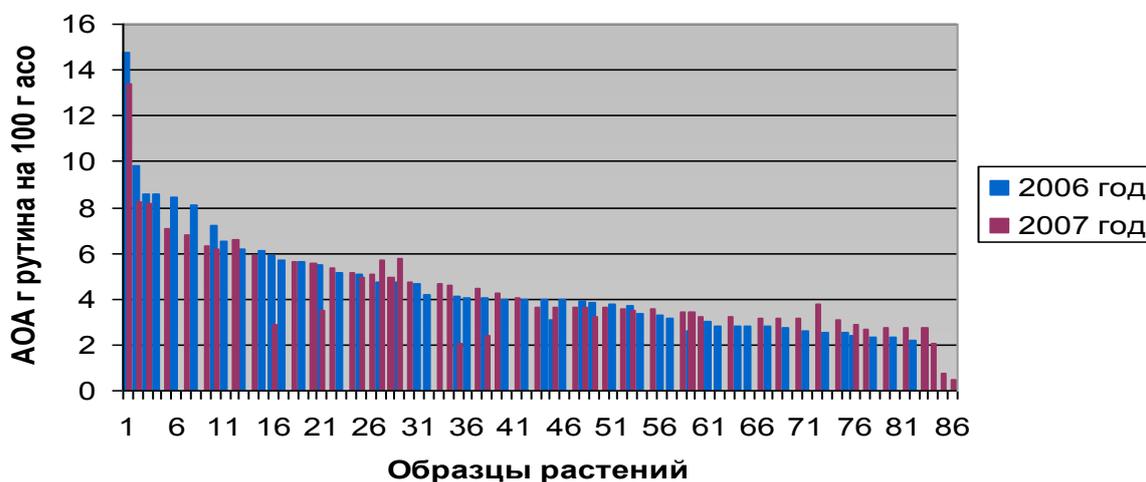


Рис. 1. Ранжированные по САОА образцы растений юга Тамбовской области [6]. Нумерация растений соответствует их ранжиру по уровню антиоксидантного статуса (уровню САОА) в исследуемой выборке из 86 растений в естественных условиях онтогенеза на юге Тамбовской области

Самое большое значение САОА среди всех исследованных 86 образцов растений выявлена у лабазника вязолистного (№ 1, 17,81 и 16,16 г рутина на

100 г а.с.о.). За ним следует с разницей в значениях 33,52–38,37% кипрей волосистый (№ 2, 11,84 и 9,96 г рутина на 100 г а.с.о.). В завершающей части диаграммы (рис. 1) находятся растения 2007 г. лядвенец рогатый (№ 84, 2,51 г рутина на 100 г а.с.о.), рогоз узколистный (№ 85–0,90 г рутина на 100 г а.с.о.) и лук предвиденный (№ 86–0,60 г рутина на 100 г а.с.о.) [4].

Только у 15 из проанализированных растений при общей выборке в 86 растений за 2 года, фаза массового цветения – начало плодоношения совпала по годам. Количественные характеристики САОА водных экстрактов надземных частей этих растений приведены в таблице.

Как видно из таблицы, многие растения в 2007 г. имели более низкие значения САОА (7 растений из 15) или не меняющиеся значения отклонения находились в пределах погрешности измерений (это 5 растений из 15). Только у 3-х растений из 15: девясила высокого (№ 27), кровохлебки лекарственной (№ 29) и окопника лекарственного (№ 75) наблюдалось увеличение значений САОА на 19,96%, 21,44% и 32,27% соответственно (табл.).

Таблица

Суммарное содержание антиоксидантов (САОА) в водных настоях растений из экспедиций 2006–2007 гг. в пересчете на 100 г абсолютно сухого образца (а.с.о.)

№ п/п	Название растения	САОА г рутина на 100 г а.с.о.		Разница % отн.
		2006 г.	2007 г.	
75	Окопник лекарственный	3,13±0,24	4,14±0,21	+ 32,27*
29	Кровохлебка лекарственная	5,69±0,26	6,91±0,50	+ 21,44*
27	Девясил высокий	5,71±0,26	6,85±0,57	+ 19,96*
37	Спаржа лекарственная	4,97±0,34	2,48±0,05	-50,10**
40	Мордовник шароголовый	4,86±0,42	2,92±0,02	-39,92**
21	Серпуха венценосная	6,62±0,34	4,26±0,33	-35,65**
2	Кипрей волосистый	11,84±0,90	9,96±0,23	-15,88**
44	Хатьма тюрингская	4,61±0,34	3,88±0,03	-15,83**
7	Полынь лечебная (Божье дерево)	8,69±0,60	7,44±0,20	-14,38**
1	Лабазник вязолистный (листья)	17,81±0,46	16,16±1,24	-9,26**
77	Кирказон обыкновенный	3,05±0,03	3,23±0,11	+ 5,90***
3	Молочай полумохнатый	10,37±0,57	9,80±1,01	-5,50***
47	Крестовник крупнозубчатый	4,45±0,38	4,22±0,29	-5,17***
25	Зопник клубненосный	6,15±0,42	5,94±0,44	-3,42***
70	Девясил иволистный	3,36±0,21	3,44±0,28	+2,38***

Примечание: * – достоверное увеличение САОА у образцов; ** – достоверное уменьшение САОА у образцов; *** – без изменений, значения САОА образцов в пределах погрешности определения.

Особенным для этих 15 растений оказалось то, что их значения САОА коррелируют с коэффициентом 0,90 по взаимосвязи значений САОА для растений 2006 и 2007 гг. в виде линейной зависимости (рис. 2). Как видно из таблицы, все эти 15 растений можно условно разделить на следующие группы:

– дифферентные к стрессу (не изменяющие уровень САОА),

- гиперчувствительные к стрессу по отрицательному типу (снижение уровня САОА),
- гиперактивные к стрессу по положительному типу (повышающие уровень САОА).

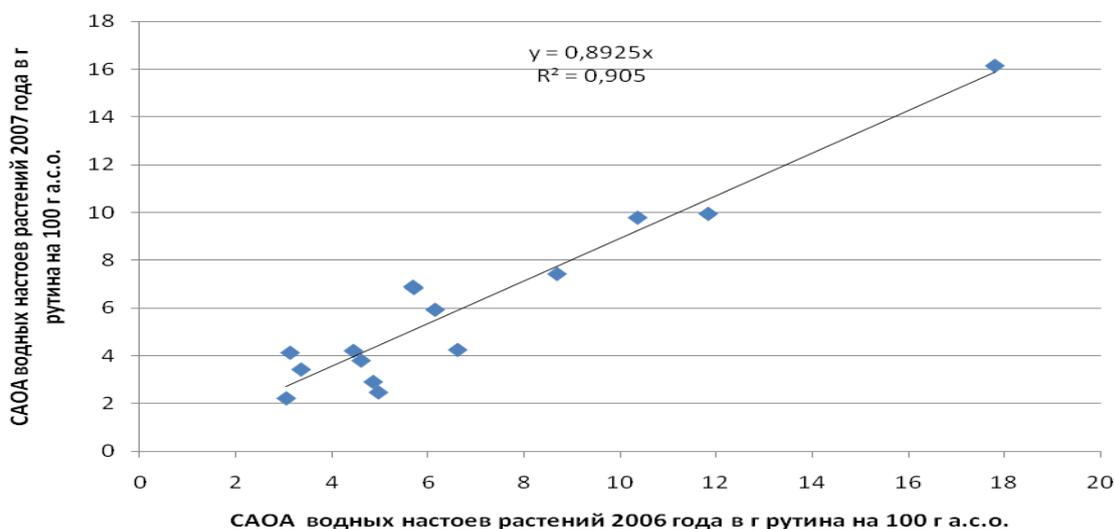


Рис. 2. Взаимозависимость величин суммарной антиоксидантной активности у образцов одного вида, собранных в 2007 и 2006 гг.

Для растений с высоким уровнем антиоксидантного статуса (лабазник вязолистный, кипрей волосистый, молочай полумохнатый, полынь лечебная и серпуха венценосная) снижение САОА при стрессовом воздействии климатических условий лета 2007 г. было наиболее заметно. У растений со средним и низким общим уровнем антиоксидантного статуса ряд видов демонстрировал как сохранение показателя САОА, так и его снижение.

Наиболее интересной группой растений, на наш взгляд, при перспективе их использования в качестве тест-систем для анализа состояния природных экосистем, являются 3 растения с гиперчувствительностью положительного типа: окопник лекарственный, кровохлебка лекарственная, девясил высокий, которые дают отклик на стресс-воздействие от 20 до 32 % по увеличению показателя САОА.

Это может быть связано с активацией биосинтеза биологически активных соединений, как реакция на стресс-фактор погодных условий, проявляющихся длительное время в условиях весны – лета 2007 г.

Результаты проведенных нами исследований САОА водных экстрактов различных растений позволили оперативно в лабораторных условиях определить количественные показатели САОА, характеризующие уровни антиоксидантного статуса растений в условиях природной экосистемы юга Тамбовской области.

Возникает вопрос о стабильности уровня показателя САОА для конкретного вида растений. Несомненно, он характеризует суммарное содержание антиоксидантов в пробе растения или его частей в количественных единицах веса известного антиоксиданта-эталона рутин, которое может менять-

ся из-за способности растений к синтезу биологически активных веществ, обладающих восстановительными свойствами. В присутствии или избытке активного кислорода (свободных радикалов) проявляется способность растений противостоять окислительному (радикальному стрессу). Это проявляется при экологически неблагоприятных условиях внешней среды.

Антиоксидантный статус растений можно рассматривать как мерило потенциальных возможностей растений, количественной характеристикой его адаптивности или устойчивости к экологическим стрессовым воздействиям как со стороны аномальных погодных факторов, так и со стороны деятельности человека (химизация сельского хозяйства, загрязнение химическими токсикантами).

Литература

1. Козаева Л. Т., Лапин А. А., Зеленков В. Н. К изучению антиоксидантного статуса спиртовых настоев лабазника вязолистного *Filipendula ulmaria* // Фитотерапия, биологически активные вещества естественного происхождения в современной медицине: Материалы 6-й междунар. науч. конф. (г. Черноголовка, 14–15 декабря 2006 г.). Черноголовка: Редакционно-издательский отдел ИПХФ РАН, 2006. С. 112–118.

2. Лапин А. А., Зеленков В. Н. Применение антиоксидантного статуса в фитотерапии // Фитотерапия, биологически активные вещества естественного происхождения в современной медицине: Материалы науч.-практ. конф. (г. Черноголовка, 14–15 декабря 2006 г.). Черноголовка: Редакционно-издательский отдел ИПХФ РАН, 2006. С. 146–153.

3. Лапин А. А., Зеленков В. Н. К вопросу определения антиоксидантного статуса растений // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: Сб. науч. трудов. Вып. 14. М.: РАЕН, 2007. С. 43–52.

4. 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: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2011. 197 с.

5. Зеленков В. Н., Лапин А. А. Суммарная антиоксидантная активность. Методика выполнения измерений на кулонометрическом анализаторе. МВИ-01-00669068-13. ВНИИ овощеводства Россельхозакадемии. 2013. 19 с. Свидетельство ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Тамбовской области» аттестации МВИ № 25/01.00240-2008 от 08.05.2013 г.

6. Зеленков В. Н., Марков М. В., Лапин А. А., Козаева Л. Т. Компоненты растительного покрова Тамбовской области и их антиоксидантный статус. М.: РАЕН, 2010. 122 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕСТИЦИДОВ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ БЫСТРОГО ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА В СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

М. В. Черемисинов, Г. П. Дудин, А. В. Помелов
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Применение метода мутационной селекции во многих странах мира подтвердило высокую ее эффективность. На основе индуцированного мутагенеза в мире созданы и внедрены в производство более 3000 сортов растений

175 видов [1]. Оценка пестицидов на мутагенную активность позволяет дифференцированно подходить к их применению на семенных посевах и особенно при производстве оригинальных семян. Наиболее широко мутагенное действие пестицидов изучалось в 70–80 годы прошлого столетия. Выявлена мутагенная активность производных дитиокарбаминовой кислоты (ТМТД, цинеба, цирама на разных биологических объектах, в том числе и на растениях). Тирам (д.в. ТМТД) в растениях разлагается до более опасных метаболитов: тетраметилмоносульфида и тетраметилтиомочевины. Бензимидазолы, к которым относят и карбендазим (колфуго супер), вызывают нарушение деления ядра клетки и появление мутаций у растений. Азоловые соединения ингибируют синтез стероидов и оказывают непосредственное влияние на проницаемость мембран, индуцируют мутации [2].

Исследования по мутагенному действию пестицидов на яровые зерновые культуры проводятся на кафедре селекции и семеноводства Вятской ГСХА с 1999 года. На яровом ячмене выявлена мутагенная активность фунгицидов из класса бензимидазолов (колфуго супер), азолов (винцит, тебу-60, премис, дивиденд стар), стробилуринов, дитиокарбоматов и оксатиина (фенорам супер) и некоторых биопрепаратов (агат 25К, альбит) [3–7].

Цель исследований – выявить мутагенный эффект фунгицидов при обработке семян ячменя и опрыскивании растений в период вегетации.

Объект исследования – яровой ячмень сорта Биос 1. Исследования мутагенного действия протравителей семян проводились на опытном поле Вятской ГСХА. Почвы участка дерново-подзолистые среднесуглинистые.

Семена ячменя перед посевом протравливали препаратами фенорам супер, колфуго супер, премис, винцит с рекомендуемой нормой расхода 2 кг(л)/т и с завышенной в три раза – 6 кг(л)/т (опыт 1). Препаратом винцит семена обрабатывали в 10 раз меньше и в 5 раз больше рекомендованной нормы расхода (опыт 2). В контрольном варианте семена обрабатывали водой из расчета 10 л/т.

В нулевом поколении (опыт 3) посев проводился па деланках 1 м² с нормой высева 500 зерен. Растения ячменя обрабатывали водным раствором препарата амистар-экстра 0,1; 1; 5 л/га, фалькон 0,06; 0,6; 3 л/га, колосаль 1, 5 л/га из расчета 300 литров рабочего раствора на 1 га посева в фазу кущения. В контрольном варианте растения ячменя обрабатывали водой (300 л/га).

В первом поколении (M₁) в каждом варианте высевали по 500 семян. Площадь деланки 1 м², повторность четырехкратная. В нулевом и первом поколениях проводили учет всхожести семян, фенологические наблюдения, определяли выживаемость растений, анализ элементов структуры продуктивности растений ячменя.

Во втором поколении (M₂) посемейно высевали семена с главного колоса растений M₁. С момента появления массовых всходов определяли тип и частоту хлорофилльных мутаций по классификации, разработанной О. Прийлин, Т. Шнайдер, Т. Орав [8], проводили отбор растений с видимыми морфологическими и физиологическими отклонениями от исходного сорта. Расте-

ния с изменениями отмечали и убирали отдельно. В M_2 проводили группировку выделенных растений по измененным признакам, определяли частоту изменений ячменя по отношению количества семей с отклонениями к общему количеству проанализированных в варианте семей.

Результаты исследований показали, что при обработке семян (первое поколение), так и при опрыскивании растений фунгицидами (нулевое поколение) в рекомендуемых нормах расхода проявилось стимулирующее действие препаратов на рост и продуктивность растений (7,7–18,6%).

Выживаемость растений во всех изучаемых вариантах (опыт 3) была ниже, чем в контроле. С увеличением нормы расхода препарата амистар-экстра с 0,1 до 5 л/га наблюдалась тенденция увеличения выживаемости растений. В блоке вариантов при обработке препаратом колосаль наблюдалось достоверное снижение выживаемости на 14,2%.

Во втором поколении (опыт 1 и 2) во всех вариантах опыта, кроме контроля, и при обработке семян фунгицидом премис были выявлены хлорофилльные мутации, которые принято считать индикаторами проявления морфофизиологических мутаций (табл.).

Среди химических протравителей в рекомендуемых нормах расхода максимальная частота хлорофилльных изменений наблюдалась под действием комбинированных препаратов фенорам супер (2,20%) и винцит (3,45%). С увеличением нормы расхода препарата фенорам супер в 3 и препарата винцит в 5 раз число хлорофилльных мутаций возрастало в 1,4 и 5,7 раза соответственно.

Во втором поколении было выявлено 8 типов хлорофилльных нарушений: *albina*, *alboviridis*, *claroviridis*, *flavoviridis*, *chlorotica*, *viridomaculata*, *viridamarginata*, *viridoxantostriata*. Самый широкий спектр мутаций (5 и 3 типа) был отмечен при обработке семян препаратом фенорам супер и винцит (2 л/т). Преобладали мутации типа *alboviridis* и *claroviridis*. В M_2 были выявлены семьи с морфологическими и физиологическими изменениями. Минимальная частота таких изменений была при обработке семян препаратом колфуго супер с нормой расхода 2 л/т (1,41%), максимальная – при обработке семян химическими препаратами фенорам супер 6 кг/т (8,86%), винцит 2 л/т (11,28%). Выявлено, что с увеличением нормы расхода химических протравителей в 3 раза число семей с измененными признаками возрастало в 1,6–2,9 раза. Увеличение нормы расхода винцита с 2 до 10 л/т снижает выход измененных семей на 2,67%.

Во втором поколении (опыт 3) во всех вариантах опыта кроме контроля при обработке растений в M_0 фунгицидами амистар-экстра, фалькон были выявлены как хлорофилльные мутации, так и морфофизиологические изменения. Максимальная частота хлорофилльных мутаций наблюдалась под действием фунгицидов колосаль 1 л/га (7,18%), фалькон 0,06 л/га (6,82%), амистар-экстра 0,1 л/га (6,60%). При увеличении нормы расхода препарата амистар-экстра с 0,1 до 5 л/га число хлорофилльных мутаций уменьшалось в 2,9 раза.

**Частота хлорофилльных и морфофизиологических изменений
ячменя в М₂, %**

Вариант	Частота хлорофилльных мутации	Частота морфофизиологических изменений
Способ мутагенной обработки семян		
Опыт 1		
1. Контроль, вода – 10л/т	0	0
2. Фенорам супер СП, 2 кг/т	2,20±0,77**	3,02±1,16**
3. Фенорам супер СП, 6 кг/т	3,14±0,93**	8,86±1,52***
4. Премис КС, 2 л/т	–	2,41±0,84*
5. Премис КС, 6 л/т	–	3,94±1,03***
6. Колфуго супер ВС, 2 л/т	0,28±0,03	1,41±0,63*
7. Колфуго супер ВС, 6 л/т	2,09±0,78**	3,88±1,06**
Опыт 2		
1. Контроль, вода- 10л/т	0,63±0,44	0,32±0,32
2. Винцит КС, 0,2 л/т	0,60±0,42	10,87±1,71***
3. Винцит КС, 2 л/т	3,45±1,02**	11,28±1,77***
4. Винцит КС, 10 л/т	0,62 ±0,43	8,61 ±1,56***
Способ мутагенной обработки растений		
Опыт 3		
1. Контроль, вода – 300 л/га	0,48±0,47	0
2. Амистар-экстра, КС 0,1 л/га	6,60±1,70**	3,77±1,30*
3. Амистар-экстра, КС 1 л/га	3,43±1,27*	2,45±1,08*
4. Амистар-экстра, КС 5 л/га	2,26±1,11*	2,26±1,11*
5. Колосаль КС, 1 л/га	7,18±1,91**	4,42±1,52**
6. Колосаль КС, 5 л/га	2,36±1,34	0,78±0,78
7. Фалькон КС, 0,06 л/га	6,82±1,90*	3,97±1,47***
8. Фалькон КС, 0,6 л/га	4,96±1,82	3,54±1,55
9. Фалькон КС, 3 л/га	3,89±1,44*	2,22±1,09**

Примечание: * – уровень вероятности $P > 0,95$; ** – уровень вероятности $P > 0,99$; *** – уровень вероятности $P > 0,999$.

В блоке опытов с фунгицидами в период вегетации во втором поколении было выявлено 3 типа хлорофилльных нарушений: *albina*, *claroviridis*, *viridoalboterminalis*. Самый широкий спектр мутаций (3 типа) был отмечен при обработке семян препаратом фалькон 0,06 л/га. Преобладали мутации типа *claroviridis*, *albina*, *chlorotica*.

Одновременно с хлорофилльными мутациями в М₂ выделяли семьи с морфофизиологическими изменениями.

Максимальная частота таких изменений была при обработке фунгицидами колосаль 1 л/га 4,42%, минимальная – при амистар-экстра 5 л/га (2,26%). Выявлено, что с увеличением нормы расхода фунгицидов в 5 раз число семей с измененными признаками снижалось в 1,1–5,6 раза.

Из сорта Биос-1 во втором поколении были выделены формы ячменя, полученные при обработке семян и растений в фазу кущения фунгицидами,

по таким показателям как высокая продуктивная кустистость, длина стебля и колоса, масса зерна с колоса, скороспелость.

Селекционно-ценные мутанты ячменя были получены под действием таких препаратов как: фенорам-супер (2-1, 2-4 и 3-1), колфуго-супер. Кроме того, образцу 9-2 характерна хлорофилльная мутация – *clavoviridis* (светло-зеленая окраска растения). При обработке растений в период вегетации триазоловыми соединениями в M_2 также выделены ценные формы ячменя: 7-5, 7-10, 10-11, превосходившие исходный сорт Биос 1 по элементам продуктивности, а 9-19 – по скороспелости (созревает на 7 дней раньше сорта Биос 1).

В третьем поколении было подтверждено, что измененные формы, выделенные во втором поколении являются мутантными. Мутантные формы оценивали по основным элементам продуктивности в четвертом поколении. Мутанты, которые превосходили исходный сорт Биос 1 по продуктивности, испытывали в контрольном питомнике (КП). За контроль взят сорт Нур, который является стандартом для среднеспелых сортов в Кировской области.

Проведенные исследования показывали, что препараты, используемые для обработки семян (винцит, колфуго-супер, фенорам супер) и опрыскивания растений ячменя в фазу кущения (колосаль, амистар экстра), являются мутагенами и могут быть использованы для получения исходного материала в селекции ячменя.

По результатам научных исследований получено три патента на способы мутагенной обработки семян и растений ячменя в период вегетации [9–11].

Таким образом, применение фунгицидов в качестве мутагенов, позволит получить ценный исходный материал для селекции ярового ячменя, сократить в несколько раз сроки выведения сорта.

Литература

1. Дудин Г. П., Лысиков В. Н. Индуцированный мутагенез и использование его в селекции растений: Монография. Киров: Вятская ГСХА, 2009. 208 с.
2. Помелов А. В. Эффективность протравителей семян яровых зерновых культур // Сибирский вестник с.х. науки. 2009. № 5. С. 21–26.
3. Дудин Г. П., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Емелев С. А. Оценка мутагенной активности химических факторов на яровом ячмене // Сибирский вестник с.х. наук. 2008. № 6. С. 26–31.
4. Помелов А. В., Дудин Г. П. Защитное и неспецифическое действие биофунгицидов на яровом ячмене // Агро XXI. 2009. № 7–9. С. 35–36.
5. Помелов А. В., Дудин Г. П. Оценка мутантов ярового ячменя полученных при обработке семян фунгицидами // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 6. С. 26–31.
6. Соколова Е. В., Дудин Г. П., Ленточкин А. М. Влияние регуляторов роста на растения ярового ячменя в M_1 и M_2 . // Материалы науч.-практ. конф. Ижевской ГСХА. Ижевск, 1999. С. 42.
7. Черемисинов М. В., Помелов А. В. Реакция растений ячменя нулевого и первого поколений на обработку фунгицидами стробилуринами // Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства: Сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 65-летию агрономического факультета. Киров: Вятская ГСХА, 2009. С. 106–110.

8. Прийлин О., Шнайдер Т., Орав Т. Хлорофильные мутации. 1969. 96 с.
9. Патент на изобретение № 2425485. Способ мутагенной обработки семян ячменя. Опубл. 10.08.2011 Бюл. № 22. 5 с. Авторы: Дудин Г. П., Грудев Д. Л., Помелов А. В.
10. Патент на изобретение № 2456796. Способ мутагенной обработки растений ячменя. Опубл. 27.07.2012 Бюл. № 21. 5 с. Авторы: Дудин Г. П., Помелов А. В., Медведчиков А. П., Черемисинов М. В.
11. Авторское свидетельство № 53688 от 11.01.2012. Ячмень яровой Изумруд. По заявке № 9052491 с датой приоритета 25.11.2009. Авторы: Дудин Г. П., Помелов А. В., Емелев С. А.

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ КАК ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВЫХ К ПОЛЕГАНИЮ МУТАЦИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

А. Ю. Хижняков, Г. П. Дудин

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
k-selex@vgsha.info*

Современная научная селекция широко использует для создания исходного материала мутационный процесс. С открытием материальных носителей наследственности – генов, было показано, что мутации как полезные, так и вредные постоянно накапливаются в генотипе, что дает одним организмам преимущество в популяции, а другим – депрессию или летальность.

Яровой ячмень является одним из модельных генетических объектов, обладая такими качествами, как строгое самоопыление, относительная легкость искусственной гибридизации. Объектом для наших исследований выбрана коллекция индуцированных мутантов ярового ячменя, полученная за более чем 40 лет исследований по мутагенезу на кафедре селекции и семеноводства Кировского СХИ, впоследствии Вятской ГСХА [1–3].

За годы исследований с помощью факторов физической и химической природы, а также биологически активных веществ, сформирована коллекция из 112 мутантных форм ячменя, которые представляют селекционно-генетическую ценность по хозяйственно-полезным признакам. Были получены мутанты с контрастными альтернативными признаками для дальнейшего их генетического изучения: устойчивые и склонные к полеганию, скороспелые и позднеспелые, с различной высотой стебля, хлорофильными мутациями, отсутствием воскового налета на листьях и стебле, фертильные и стерильные формы с открытым типом цветения и другие [4, 5].

Цель исследования – выделить источники устойчивости к полеганию со стабильным проявлением основных морфологических показателей анатомии стебля в разные по гидротермическому режиму годы. Оценка сортов и мутантов по устойчивости к полеганию проводилась глазомерно по 9 балльной шкале, где 9 баллов – абсолютная устойчивость, а 1 балл – растения располагаются горизонтально почве.

В течение 4–9 лет велось наблюдения за 6 сортами – Луч, Абава, Темп, Зазерский 85, Эльф, Дина и их мутантами (табл. 1). Максимальное среднее

значение устойчивости за 9 лет наблюдения отмечено у сорта Луч – 8,22 балла и его короткостебельного лазерного мутанта 4–0, другие короткостебельные мутанты сорта Луч (11 и 12) в этот период сильно полегли (4,56–4,78 балла). Сорт Абава за 9 лет наблюдений был менее устойчив, чем сорт Луч, со средним значением 7,22 балла. Из мутантов сорта Абава за текущий период лучшими были мутанты 2–13 и 43/43 с баллом устойчивости 8,0 и 8,11 соответственно, а также мутант 10–5, с баллом устойчивости равным 8,5 за 4 года наблюдения. Сорт Зазерский 85 и два его мутанта изучались в течение 7–8 лет. Исходный сорт имел балл устойчивости 8. Его мутанты 3–96 и 5–75 имели балл устойчивости равный 9.

Таблица 1

Сорта и мутанты ячменя устойчивые и склонные к полеганию

№ в коллекции	Сорт, мутант	Устойчивость к полеганию в баллах и годы наблюдений									Среднее значение
		1998	1999	2000	2001	2002	2008	2010	2015	2016	
1	Луч	7	9	9	6	9	9	9	7	9	8,22
2	4–0	5	9	9	7	7	9	9	9	9	8,11
11	1 / 2	4	6	5	6	5	2	5	5	5	4,78
12	34/109	7	6	3	3	5	3	6	5	3	4,56
15	Абава	7	7	9	6	5	9	9	7	7	7,33
18	2-13	9	9	9	6	7	9	9	7	7	8,00
27	43/43	7	9	9	6	7	9	9	9	8	8,11
28	22/22	7	9	9	6,5	8	9	9	7	9	8,17
35	6/6	3	5	5	3	5	9	9	5	7	5,67
57	10–5	–	–	–	–	–	9	9	7	9	8,50
43	Темп	7	9	9	6	5	3	9	7	8	7,44
79	Зазерский 85		9	9	6	7	9	9	9	7	8,00
80	3–96	–	–	9	9	9	9	9	9	9	8,38
81	5–75	–	–	9	6	7	9	9	9	9	9,00
89	Эльф	–	–	–	–	–	6	9	7	7	8,00
93	8–4	–	–	–	–	–	9	9	9	9	6,75
95	10–10	–	–	–	–	–	9	9	9	6	7,00
96	12–5	–	–	–	–	–	9	9	9	8	8,75
103	Дина	–	–	–	–	–	9	9	7	9	8,50

У сорта Эльф за 3 года изучения балл устойчивости изменялся от 6 до 9 баллов. Полученные из данного сорта мутанты были абсолютно устойчивы к полеганию. Склонность к полеганию у зерновых культур ограничивает потенциал продуктивности, приводит к заметному изменению обменных процессов в растениях, что способствует усиленному развитию грибковых заболеваний и снижению качества зерна, затрудняет уборку урожая.

Среди альтернативных по устойчивости к полеганию коллекционных мутантов ячменя в 2015 г. было отобрано 4 пары, между которыми в фазу начала колошения были проведены реципрокные скрещивания, с целью анализа наследования признака устойчивости к полеганию. В итоге были полу-

чены семена гибридов первого поколения. Фенологические наблюдения за растениями F₁ проводились в вегетационный период 2016 г.

Используя блок устойчивых, а также блок склонных к полеганию мутантов были проведены морфологические анализы стебля в зоне второго нижнего междоузлия, для установления связи между его линейным размером и диаметром, а также массой, которые способствуют устойчивости к полеганию в период хозяйственной спелости (табл. 2). Результаты анализа показали, что полегаемый мутант 12 имел длину второго нижнего междоузлия незначительно больше, а массу меньше исходного сорта Луч и сильно полегал, тогда, как устойчивый мутант 2 превосходил его по этим показателям.

Таблица 2

Морфологические особенности второго междоузлия стебля ячменя у сортов и мутантов, 2016 г.

№ в коллекции	Сорт, мутант	Балл устойчивости	Длина 2-го нижнего междоузлия, см	Диаметр 2-го нижнего междоузлия, мм	Масса 2-го нижнего междоузлия, мг
1	Луч	8,22	5±1,4	2,58±0,15	130,0±28,7
2	4-0	8,11	7,34±0,2	2,73±0,1	105,35±11
11	1/2	4,78	4,3±0,23	1,91±0,15 *	100,3±16,8
12	34/109	4,56	5,85±0,55	2,6±0,1	94,8±11,2*
15	Абава	7,33	5,5±0,8	2,6±0,07	107,6±29,4
18	2-13	8,00	4,63±1,33	3,43±0,15	108±13,5
28	22/22	8,17	3,55±0,29*	2,25±0,2*	89,9±7,9*
35	6/6	5,67	4,98±0,3	4,03±0,4 **	99,6±5,0*
57	10-5	8,5	3,95±0,88*	2,88±0,16	81±12,0*

Примечание: * – уровень вероятности P>0,95; ** – уровень вероятности P>0,99.

Наибольший диаметр второго нижнего междоузлия имела полегаемая форма 35, полученная из сорта Абава (4,03 мм), а наименьший – полегаемая форма 11, полученная из сорта Луч (1,91 мм). Неполегаемые мутанты сорта Абава (28 и 57) имели длину второго нижнего междоузлия короче, а диаметр меньше, чем полегаемая форма 35, их масса второго нижнего междоузлия также была соответственно ниже формы 35.

Некоторые авторы отмечают, что обычно неполегающие растения формируют более короткое и средней величины второе нижнее междоузлие [6]. В наших исследованиях данное обстоятельство проявляется двояко: у неполегаемых мутантов сорта Луч длина второго нижнего междоузлия может быть больше полегаемых форм.

Используя методику ВИР по анатомическому исследованию стебля [7] были проведены микроскопические исследования стебля исходных форм и гибридов F₁ во втором междоузлии.

По результатам микроскопического анализа всех образцов наиболее толстая стенка стебля отмечена у сорта Абава – 1,21 мм (рис. 1), данный сорт имел большое количество проводящих пучков в паренхиме – 38 штук

(табл. 3). Максимальное количество проводящих пучков в паренхиме и склеренхиме имел высокоустойчивый гибрид $F_1: \text{♀}11 \times \text{♂} \text{Луч}$, соответственно 36 и 23 пучка с семью баллами устойчивости, тогда как исходный сорт Луч соответственно 30 и 17 (балл устойчивости 9). Меньшее количество проводящих пучков в паренхиме и склеренхиме у абсолютно устойчивого (9 баллов) гибрида $F_1: \text{♀} \text{Луч} \times \text{♂} 11$, соответственно 24 и 13 пучков, но расположены они в паренхиме ближе к склеренхимному кольцу и находятся примерно на одинаковых равных расстояниях друг от друга на одной окружности, в отличие от гибрида $F_1: \text{♀} 11 \times \text{♂} \text{Луч}$, у которого данные пучки располагаются хаотично.

Таблица 3

Анатомический анализ стебля сортов, мутантов и гибридов F_1 ярового ячменя, 2016 г.

№ в Коллекции	Сорт, мутант, гибрид	Балл устойчивости	Длина стебля, см	Количество проводящих пучков, шт.		Толщина стенки стебля, мм	Средняя толщина, мм	
				паренхима	склеренхима		паренхима	склеренхима
1	Луч	9	44,6±1,8	30	17	0,47	0,42	0,05
11	1 / 2	5	58,9±3,3	25	25	0,36	0,3	0,05
1	$F_1: \text{♀} 11 \times \text{♂} \text{Луч}$	7	47,3±1,7	36	23	0,36	0,27	0,05
2	$F_1: \text{♀} \text{Луч} \times \text{♂} 11$	9	48,6±1,7	24	13	0,35	0,31	0,03
3	$F_1: \text{♀} 12 \times \text{♂} 18$	5	54,6±1,1	19	14	0,62	0,47	0,1
4	$F_1: \text{♀} 18 \times \text{♂} 12$	7	51,2±3,5	37	10	0,88	0,8	0,08
15	Абава	7	67±1,8	38	15	1,21	0,58	0,34

У полегающего мутанта 11 проводящие пучки расположены также хаотично. Наименьшее число пучков в паренхиме и склеренхиме имеет полегающий гибрид $F_1: \text{♀} 12 \times \text{♂} 18$ (19 и 14 пучков соответственно).

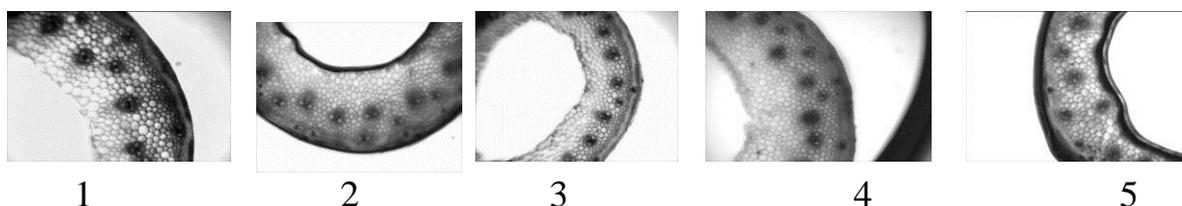


Рис. 1. Поперечные срезы стебля во втором междоузлии:
1 – сорт Абава; 2 – сорт Луч; 3 – $F_1: \text{♀} \text{Луч} \times \text{♂} 11$; 4 – $F_1: \text{♀} 11 \times \text{♂} \text{Луч}$;
5 – форма 11

По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивость к полеганию – сложный признак, определяющийся не только длиной, массой и диаметром второго междоузлия стебля. Существенную роль, обеспечивающую устойчивость стебля, играет расположение проводящих пучков, формирующих механический каркас стойкости растений.

Литература

1. Дудин Г. П., Кривошеина О. С., Логинов Д. А. Мутагенез у ячменя под влиянием света различной природы // Агарная наука. 1997. № 2. С. 22–23.
2. Помелов А. В., Дудин Г. П. Оценка мутантов ярового ячменя, полученных при обработке семян фунгицидами // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 6. С. 26–31.
3. Дудин Г. П., Емелев С. А. Способ мутагенной обработки семян зерновых культур // Патент на изобретение RUS 2166847 от 12.07.1999 г.
4. Дудин Г. П., Кривошеина О. С., Поморцев А. А. Электрофоретический анализ гордеинов у мутантов ярового ячменя // Генетика. 1998. Т. 34. № 10 С. 1354–1358.
5. Соколова Е. В., Дудин Г. П., Ленточкин А. М., Мошевский А. С. Влияние регуляторов роста на растения ячменя в M_1 и M_2 // Материалы 19 научно-практической конференции Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. Ижевск, 1999. С. 42.
6. Горшкова В. А. Селекция ярового ячменя на устойчивость к полеганию // Вестн. РАСХН. 1992. № 6. С. 25-27.
7. Международный классификатор СЭВ рода *Hordeum L.*(подрод *Hordeum*) / Сост.: Я. Лекеш [и др.] (ЧССР). А. Трофимовская [и др.] (СССР). Л.: ВИР, 1983. С. 7–53.
8. Методические указания по технике анатомических исследований культурных растений / ВАСХНИЛ, ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. [Составители Л. Л. Жестяникова, Г. И. Москалева]. Л.: ВИР, 1981. 65 с.

СЕКЦИЯ 6 ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИСТЬЕВ ЛИПЫ СЕРДЦЕВИДНОЙ (*TILIA CORDATA* L.) ЧЛЕНИСТОНОГИМИ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

В. В. Зиновьев¹, С. В. Пестов^{1, 2, 3}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Государственный природный заповедник «Нургуш»,
vladislavzinovjev@yandex.ru, pestov@ib.komisc.ru

Устойчивое существования жизни возможно лишь при многообразии, разнокачественности ее форм, специфика обмена которых обеспечивает последовательное использование выделяемых в среду продуктов метаболизма, формирующее генеральный биогенный круговорот веществ. Наиболее разнообразной группой консументов первого порядка относятся насекомые фитофаги. Численность фитофагов напрямую зависит от состояния растений, на которых они питаются. В связи с этим, мониторинг вредителей может служить показателем качества среды, где произрастают растения, следовательно, фитофаги могут быть индикаторами состояния этих продуцентов. Зеленые городские насаждения играют большую роль в поглощении загрязняющих веществ, которые выделяют передвижные и стационарные источники загрязнения атмосферного воздуха. Тем самым существенно улучшая качество окружающей природной среды в населенных пунктах. Существует много факторов влияющих на растения в черте крупных городов. Одним из таких факторов являются насекомые вредители. Численность и видовой состав вредителей в то же время зависит от условий среды их обитания.

Сбор материала проводился в соответствии с ранее принятой нами методикой [1]. Каждая выборка включала в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 деревьев). На территории г. Кирова в период с мая по сентябрь 2016 г. Оценка повреждений листьев липы проведена в пяти участках 1) парк им. С. М. Кирова, 2) дендропарк лесоводов Кировской области, 3) сквер на перекрестке улиц Воровского и Чапаева, 4) Заречный парк, 5) слобода Чижи. Было выявлено шесть типов повреждения липы зеленых насаждений в черте г. Кирова (табл.).

Наибольшее значение имели галлообразователи представленные двумя видами галловых клещиков. Первый из них *Eriophyes tiliae* (Pagenstecher) образует характерные, сильно удлинённые галлы на верхней стороне листовой пластинки. Повреждения второго вида *Eriophyes leiosoma* (Nalera) представ-

ляют собой желтовато-белые войлочки на гижней стороне листа. В период с конца мая до начала июля повреждаемость ими была высокой на большинстве участков, достигая в Дендропарке лесоводов 40% и снижалась к концу августа – началу сентября. Это связано, по видимому, с дефолиацией поврежденных листьев и как следствие на растении увеличивалась доля неповрежденных листьев.

Таблица

Общее число повреждений листьев липы в г. Кирове (2016 г.)

Участок	Группа повреждений	Период сбора		
		I	II	III
Дендропарк	Галлообразователи	43	44	12
	Грубое объедание	0	0	2
	Дырчатые погрызы	16	15	34
	Краевые погрызы	5	7	38
	Минеры	5	63	64
	Скелетирование	0	0	0
Заречный парк	Галлообразователи	20	41	15
	Грубое объедание	0	1	0
	Дырчатые погрызы	5	18	45
	Краевые погрызы	5	12	22
	Минеры	10	0	11
	Скелетирование	0	0	0
Парк имени Кирова	Галлообразователи	24	17	13
	Грубое объедание	0	0	0
	Дырчатые погрызы	18	19	20
	Краевые погрызы	10	18	16
	Минеры	23	7	15
	Скелетирование	2	0	0
Сквер на перекрестке Горького и Воровского	Галлообразователи	20	11	8
	Грубое объедание	0	0	3
	Дырчатые погрызы	4	13	12
	Краевые погрызы	5	20	22
	Минеры	6	7	10
	Скелетирование	30	13	0
Слобода Чижи	Галлообразователи	21	5	5
	Грубое объедание	2	0	13
	Дырчатые погрызы	16	15	4
	Краевые погрызы	17	5	0
	Минеры	7	16	0
	Скелетирование	0	0	0

Примечание: I – с 21 мая по 3 июня, II – с 29 июня по 1 июля, III – с 3 по 10 сентября.

Минеры являются второй значимой группой повреждений липы в 2016 г., в 2015 г. эта группа была преобладающей [2]. Из минеров наиболее широко распространена липовая минирующая моль-пестрянка (*Phyllonorycter issikii* Kumata, 1963). Это широко расселившийся инвазивный вид молей-пестрянок, в настоящее время интенсивно распространяется в Европе [3, 4].

Самки откладывают яйца на нижнюю поверхность полностью развившегося к этому времени листа липы. Средняя плодовитость самок липовой моли составляет 18 яиц, но может колебаться от 8 до 38 шт. яиц [5]. Было замечено, что самки последовательно выбирают сначала биотоп, затем растение хозяина, отдельный лист и только потом место на листе. Количество мин на листе положительно и достоверно связано с его площадью. Увеличение плотности заселения липы минером приводит к увеличению площади мины [4].

Плотность мин липовой моли-пестрянки на листьях липы в г. Кирове в 2016 г. значительно варьировала в диапазонах значений. Наиболее интенсивно минеры повреждали липу в Дендропарке, что отмечалось также и в 2015 г. [2]. На трех участках Дендропарке, сквере на перекрестке Горького и Воровского и Слободе Чижи интенсивность повреждения увеличивалась к концу вегетационного сезона. По сравнению с 2015 г. [2] интенсивность повреждения липовой пестрянкой в парке имени Кирова и слободе Чижи снизилось, а в Заречном парке и городском сквере незначительно возросло.

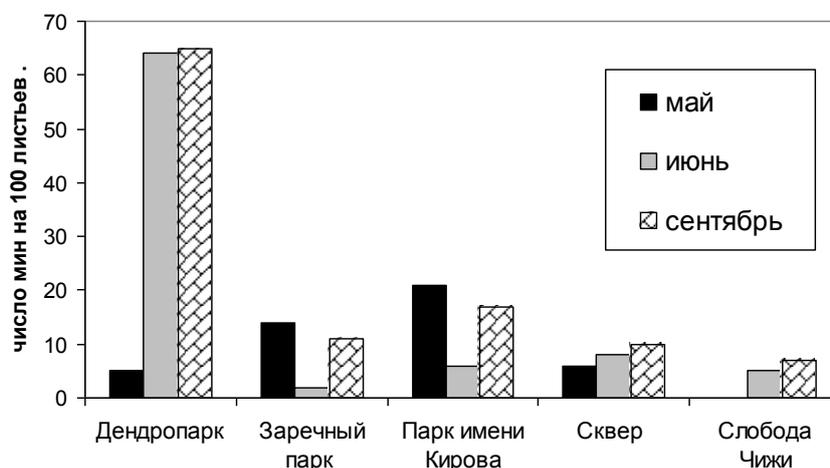


Рис. Плотность мин липовой моли-пестрянки на листьях липы в г. Кирове

Дифференциальную пространственную распространения вредителей, можно объяснить, различной интенсивностью антропогенной нагрузки на участки сбора проб. Как можно заметить, наибольшая поврежденность галлами и минами, характерна для слабо антропогенно нарушенных территорий: парк им. С. М. Кирова, дендропарк лесоводов Кировской области и Заречный парк. Напротив, наименьшая повреждаемость этими двумя типами повреждений характерна для участков наибольшей нагрузки: сквер на перекрестке улиц Воровского и Чапаева и слобода Чижи. Наибольшее число повреждений было обнаружено в дендропарке, исходя из этого факта, можно сделать вывод что, окружающая природная среда на данном участке в наибольшей степени пригодна для жизнедеятельности вредителей липы. Однако, нельзя сказать что воздействие антропогенной деятельности является единственным лимитирующим фактором для фитофагов, на них действует целый комплекс факторов как биотического (конкурентные связи) так и абиотического (климатические условия) происхождения.

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. Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий. Киров: О-Краткое, 2008. 336 с.
2. Зиновьев В. В., Пестов С. В. Повреждение листьев липы сердцевидной (*Tilia cordata* L.) членистоногими в г. Кирове // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 419–421.
3. Ермолаев И. В., Зорин Д. А. Экологические последствия инвазии *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в липовых лесах Удмуртии // Зоологический журнал. 2011. Т. 90. № 6. С. 717–723.
4. Ермолаев И. В., Мотошкова Н. В., Биологическая инвазия липовой моли-пестрянки *Lithocolletis issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae): особенности взаимоотношения минера с кормовым растением // Энтомологическое обозрение. 2008. Т. 87. № 1. С. 15–25.
5. Беднова О. В., Белов Д. А. Липовая моль-пестрянка (Lepidoptera, Gracillariidae) в зеленых насаждениях Москвы и Подмосковья // Вестник МГУЛ. Лесной вестник, 1999. № 2. С. 172–177.
6. Нестерова А. С., Пестов С. В. Оценка фитопатологического состояния листьев древесных растений в парковых насаждениях города Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы IV обл. науч.-практ. конф. Киров, 2011. С. 149–152.

БИОИНДИКАЦИЯ СРЕДЫ ПО ХАРАКТЕРУ ИЗМЕНЧИВОСТИ РИСУНКА ПЕРЕДНЕСПИНКИ КЛОПА СОЛДАТИКА (*PYRRHOCORIS APTERUS* L.)

А. Р. Ильясова, Ю. С. Утямышева
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Lie4ka_101@mail.ru, utiamysheva.iulia@yandex.ru

В настоящее время проблемы экологического контроля состояния среды, особенно урбоценозов, привлекают все большее внимание ученых. Последствия воздействия человека на окружающую его среду наблюдаются повсеместно, особенно на территориях, плотно населенных человеком. Перспективным подходом в изучении экологической ситуации в регионе является оценка качества среды с использованием показателей стабильности-нестабильности развития видов-индикаторов. Изменение стабильности развития, как общей характеристики состояния организма, обычно отражается на изменчивости самых разных признаков организма [1]. Биологическим индикатором воздействия антропогенных факторов выступает частота встречаемости фенотипов – четко различимых вариантов какого-либо признака или свойства насекомых. Существенным моментом взаимодействия клопа-солдатика со средой является формирование определенных вариаций элементов рисунка. Частоты встречаемости отдельных элементов меланизированного рисунка

покрова *Pyrrhocoris apterus* L. изменяются в зависимости от экологического состояния места обитания насекомых, поэтому имеют биоиндикационную значимость [2–6].

Цель исследования – изучить характер изменчивости меланизированного рисунка переднеспинки (П) клопа-солдатика в различных экологических условиях Малмыжского района Кировской области.

Материалом послужили популяционные выборки клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus* L.) из 6 экосистем (пробные площадки (ПП) в летний период 2016 г. на участках с различным уровнем антропогенного воздействия (АВ), отличающихся удалением от автодорог (более 30–60м), интенсивностью движения автотранспорта и наличием застроек (рис.). Преимуществом использования клопа-солдатика является его широкий ареал распространения, массовость. Всего проанализировано 600 половозрелых особей. При выполнении исследований использован комплекс общепринятых методик, включающих в себя полевые исследования, сбор и камеральную обработку материала [5, 6, 7]. Для определения морф использовалась база данных вариантов меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика по Батлуцкой [3]. Степень АВ определялась по шкале, разработанной И. В. Батлуцкой [2]. Уровень антропогенного воздействия определяют по показателю средней частоты (ЧА) асимметричного проявления элементов меланизированного рисунка покрова *P. apterus* по формуле: $ЧА = \sum Xi / n$

где Xi – число асимметричных особей в выборке, n – число особей в выборке.

В совокупности нами выделено 8 фенотипических вариаций рисунка переднеспинки (П) клопа-солдатика. Нижняя часть рисунка проявила себя более вариабельной. Во всех выборках обнаружена вариация П1 (эталонная). Ранее проведенные исследования отмечают, что морфа П1 является тем исходным типом для ненарушенных экологических систем, имеет, возможно, наибольшее адаптационное значение [4]. Анализ данных показал, что вариация П1 (от 44–89%) типична для популяций клопа-солдатика Малмыжского района на всех исследованных площадках. Из всех выявленных вариаций рисунка переднеспинки *P. apterus* наименьшее разнообразие отмечено на участке № 1–3 вариации, наибольшее разнообразие на участке № 5 и № 6–5 вариаций. На всех участках также отмечено преобладание особей с вариацией П5 (18% особей генеральной выборки). Ее также можно считать типичной для Малмыжского района.



Рис. 1. Карта-схема Малмыжского района с обозначением точек сбора:
ПП № 1 – Лесополоса; ПП № 2 – трасса Вятские Поляны – Киров;
ПП № 3 – Маслозавод с. Калинино; ПП № 4 – береговая зона р. Вятки;
ПП № 5. – г. Малмыж (центр); ПП № 6 – территория Асфальтового завода

В случае установления частоты встречаемости вариации П1 не менее 70% изучаемую среду относят к первому классу качества (со слабым антропогенным влиянием). В нашем исследовании такой оказалась ПП № 1 (выборка вариации П1 составила 89%). Анализ полученных значений частот встречаемости вариаций позволило предположить, что природная популяция ПП № 1, где наибольшее число особей являются носителями вариации П1, испытывает слабое АВ (табл. 1, 2). Экосистема расположена в отдаленности от крупных дорог, городских местностей (более 60 м) и от промышленных предприятий. В случае установления частоты встречаемости вариации П1 от 50% до 70% изучаемую среду относят ко второму классу качества со средним антропогенным влиянием; в случае установления частоты встречаемости вариации П1 не более 40% изучаемую среду относят к третьему классу качества с сильным антропогенным влиянием. Таким образом, исследованные участки № 2–6 можно отнести ко второму классу качества со средним антропогенным влиянием. Совокупность вариаций П3, П12, П11, П7 отмечены лишь единично, они наиболее характерна для популяции ПП № 2, 3. В целом, выявленные морфы распределены относительно равномерно, но выявлены существенные различия в их обилии при сравнении отдельных мест сбора. Итак, способ может быть использован как экспресс-метод при разовом обследовании и для проведения мониторинга сред и характеризуется простотой и кратковременностью выборки популяций биоиндикаторов [3].

Для определения уровня антропогенного воздействия анализируемых популяций нами был проведен анализ средней частоты асимметричного проявления вариаций. Частота асимметрии на участке №1 составила 0,0511, что соответствует 2 классу (слабый уровень АВ). Показателем слабого АВ может выступать полное отсутствие вариации П2, П3, П4, П6, П11, П12.

Таблица 1

Частота встречаемости (%) морф переднеспинки на пробных площадках

Вариации	ПП № 1 (Лесополоса)	ПП № 2 (трасса Вятские Поляны – Киров (Р-169))	ПП № 3 (береговая зона р. Вятки)	ПП № 4 (Маслозавод – с. Калинино)	ПП № 5 (центр – Малмыж)	ПП № 6 (Асфальтовый завод)
П-1	89	60	61	55	50	44
П-2	–	–	–	3	3	3
П-3	–	3	4	3	–	–
П-4	–	10	–	25	–	9
П-5	4	3	28	17	13	26
П-6	–	–	3	–	–	18
П-7	7	1	–	–	4	–
П-11	–	3	4	–	29	–
П-12	–	–	–	–	1	–

Таблица 2

Характеристика исследованного материала

№ участка	Местоположение участка	Варианты вариаций рисунка переднеспинки	Частота встречаемости (%) вариации (П-1)	Антропогенное воздействие (АВ)
1	Лесополоса	П5, П7	89	слабое
2	Трасса Вятские Поляны – Киров (Р-169)	П3, П4, П5, П7	60	среднее
3	Береговая зона р. Вятки	П3, П5, П6	61	среднее
4	Маслозавод (с. Калинино)	П2, П3, П4, П5	55	среднее
5	г. Малмыж (центр)	П2, П5, П7, П11, П12	50	среднее
6	Асфальтовый завод	П2, П4, П5, П6, П11	44	среднее

В популяциях № 2 – 6 наблюдается увеличение значения ЧА, что характеризует усиление уровня антропогенного воздействия. Встречаемость эталонной вариации (П1) на ПП № 6 составила лишь 44%, а частота асимметрии составила 0,1561, что соответствует среднему уровню АВ. Наибольшее количество вариаций (6) отмечено на участке № 2 и № 5, что может свидетельствовать о значительном спектре изменчивости меланизированного рисунка переднеспинки. Выборка популяции с средним АВ – (ПП – № 2, 3, 4, 5) пред-

ставлен особями, которые реже имеют морфу III с частотами 50%, 55%, 61% соответственно. Считаем, это можно объяснить разной степенью действия загрязняющих факторов на популяцию: отсутствием зеленых насаждений, наличием автотрасс, наличием хозяйственных и промышленных застроек.

Исходя из полученных данных, можно отметить, что характер и уровень изменчивости возрастает при увеличении антропогенного прессинга. Частота встречаемости отдельных элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика изменяются в зависимости от экологического состояния места обитания насекомых.

По данным анализа изменчивости рисунка переднеспинки *Pyrrhocoris apterus* оценка качества среды исследуемых территорий соответствует «слабой» и «средней» степени антропогенного воздействия. В дальнейших исследованиях необходимо накопление нового материала, что позволит более подробно интерпретировать полученные результаты для мониторинга данной среды.

Литература

1. Захаров В. М. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 65 с.
2. 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.
3. Батлуцкая И. В. Изменчивость меланизированного рисунка насекомых в условиях антропогенного воздействия: Монография. Белгород, 2003. 168 с.
4. Батлуцкая И. В. Экологический и морфологический анализ изменчивости меланизированного рисунка покрова насекомых: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ульяновск, 2004. 32 с.
5. Маканина О. А., Хорольская Е. Н., Сорокотягина Л. А. Изучение изменчивости меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus* L.) с учетом половой принадлежности особей // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. Т. 114. Вып. 3. М., 2009.
6. 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).
7. Хорольская Е. Н. Экологический анализ флуктуирующей асимметрии в изменчивости элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus* L.) в различных экосистемах на примере Белгородской области: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Белгород, 2006. 221 с.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA: RHOPALOCERA) В ОКРЕСТНОСТЯХ г. КИРОВА

А. В. Мазеева¹, О. И. Кулакова²

¹ Вятский государственный университет, mazeevaal@yandex.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, iduna@rambler.ru

Локальная фауна г. Кирова считается самой многочисленной и хорошо изученной на территории Кировской области. К настоящему времени здесь выявлено 95 видов *Rhopalocera* из шести семейств. Основные местообитания дневных чешуекрылых составляют фитоценозы участков местности, трансформированных в процессе хозяйственной деятельности человека.

Первые сведения о булавоусых чешуекрылых окрестностей г. Кирова впервые появились благодаря работам Л. К. Круликовского [1–4]. Позже исследования здесь проводили многие специалисты [5–7], что позволило выявить состав локальной фауны наиболее полно.

Специальная публикация, посвященная булавоусым г. Кирова, написана А. Н. Чарушиной в 1973 г. [5]. В ней были обобщены материалы несистематичных сборов в окрестностях г. Кирова различных авторов, хранящиеся в коллекциях; собственные сборы А. Н. Чарушиной и сборы ее современников в 1968–1969 гг.; а также данные Л. К. Круликовского. А. Н. Чарушина приводит для г. Кирова и окрестностей 89 видов, причем 23 из них впервые.

В последние четыре года в окрестностях г. Кирова авторами проводилось целенаправленное изучение структуры населения булавоусых чешуекрылых в природных сообществах. Это позволило проследить изменения, произошедшие в структуре фауны, ландшафтно-биотопическом распределении и в численности видов в природных сообществах [6].

Из таблицы видно (табл.), что численность и обилие многих видов булавоусых чешуекрылых за прошедшие 40 лет подверглась значительным изменениям. Так, нами были впервые для окрестностей г. Кирова на рудеральных участках отмечены такие виды как *Lycaena alciphron* Rott., *Lycaena tityrus* Poda., *Cupido minimus* Schr., *Everes argiades* Pall., *Plebejus idas* L., *Araschnia levana* L.

Значительно чаще стали встречаться особи вида *Nymphalis io* L., которого Л. К. Круликовский характеризует как хотя и обитающего повсюду в губернии, «но нигде не обыкновенного» [3, 4]. А. Н. Чарушина этот вид указывает для рассматриваемой территории по трем экземплярам из коллекции музея, добытым еще в 1911 г. [5]. В настоящее время, это один из многочисленных видов, встречающийся в городе наряду с *Nymphalis urticae* L. В августе 2015 г. в ботаническом саду ВятГУ нами одновременно наблюдались 10–12 особей /м² *Nymphalis io* L.. Об изменении численности данного вида в Свечинском районе Кировской области упоминал Г. И. Юферев [7].

Таблица

Многолетние изменения в составе булавоусых чешуекрылых в окрестностях г. Кирова*

Вид	1877, 1902– 1906 [5]	до 1891 [1]	1907– 1908 [2]	1909 [4]	1910– 1966 [5]	1968 [5]	1969 [5]	2013 [6]	201 4[6]	201 5[6]	Итог, 1877– 2015	2016	Итог, 1877– 2016
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Papilio machaon</i> L.		+	–	+	–	+	+	–	–	+	+	+	+
<i>Iphiclides podalirius</i> L.	–	–	–	–	+	+	–	–	+	–	+	–	+
<i>Parnassius apollo</i> L.	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Leptidea sinapis</i> L.	–	+	+	–	–	–	+	–	+	+	+	+	+
<i>Pieris brassicae</i> L.	–	–	–	–	+	+	–	–	–	–	+	–	+
<i>Pieris napi</i> L.	–	+	+	–	–	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pieris rapae</i> L.	–	–	–	–	–	+	+	?	+	+	+	+	+
<i>Pontia chloridice</i> Hbn.	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Pontia daplidice</i> L.	+	–	+	–	+	+	–	–	–	–	+	+	+
<i>Aporia crataegi</i> L.	–	+	–	–	–	–	+	+	–	–	+	+	+
<i>Anthocharis cardamines</i> L.	–	+	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+
<i>Euchloe ausonia</i> Hbn.	–	–	–	+	+	+	+	–	–	–	+	–	+
<i>Colias palaeno</i> L.	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Colias hyale</i> L.	–	+	–	–	–	+	+	–	–	–	+	+	+
<i>Colias myrmidone</i> Esp.	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	+	–	+
<i>Gonopteryx rhamni</i> L.	–	+	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thecla betulae</i> L.	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+
<i>Fixsenia pruni</i> L.	–	–	–	+	–	+	+	–	–	–	+	–	+
<i>Nordmannia ilicis</i> Esp.	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Nordmannia w-album</i> Kn.	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Callophrys rubi</i> L.	–	–	–	–	–	+	+	–	–	–	+	–	+
<i>Lycaena phlaeas</i> L.	–	–	–	–	–	?	+	–	–	+	+	+	+
<i>Lycaena dispar</i> Hw.	–	–	–	–	–	+	–	+	–	–	+	–	+

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Lycaena alciphron</i> Rott.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Lycaena virgaureae</i> L.	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Lycaena hippothoe</i> L.	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
<i>Lycaena tityrus</i> Poda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Celastrina argiolus</i> L.	-	-	-	-	-	+		-	-	+	+	+	+
<i>Cupido minimus</i> Schr.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+
<i>Everes argiades</i> Pall.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Glaucopsyche alexis</i> Poda.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
<i>Plebejus argus</i> L.	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Plebejus idas</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Plebeius argyrognomon</i> Bgstr.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Aricia agestis</i> Schiff.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Aricia artaxerxes</i> Fabr.	-	-	-	-	-	+		-	-	-	+	-	+
<i>Polyommatus semiargus</i> Rott.	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Polyommatus icarus</i> Rott.	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Polyommatus amandus</i> Schn.	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+
<i>Polyommatus coridon</i> Poda.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Limenitis populi</i> L.	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+
<i>Argynnis paphia</i> L.	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
<i>Argynnis niobe</i> L.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+
<i>Argynnis adippe</i> L.	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Argynnis aglaja</i> L.	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Issoria lathonia</i> L.	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+
<i>Brenthis ino</i> Rott.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+
<i>Clossiana selene</i> Schiff.	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+
<i>Clossiana euphrosyne</i> L.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+
<i>Clossiana thore</i> Hb.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+
<i>Clossiana titania</i> Hb.	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Clossiana dia</i> L.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+
<i>Nymphalis vaualbum</i> Schiff.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Nymphalis polychloros</i> L.	+	?	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Nymphalis xanthomelas</i> Esp.	+	?	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+
<i>Nymphalis antiopa</i> L.	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
<i>Nymphalis urticae</i> L.	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Nymphalis io</i> L.	-	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Polygonia c-album</i> L.	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
<i>Vanessa atalanta</i> L.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Vanessa cardui</i> L.	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+
<i>Araschnia levana</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+
<i>Melitaea trivia</i> Schiff.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Melitaea phoebe</i> Schiff.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+
<i>Melitaea diamina</i> Lang.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
<i>Melitaea athalia</i> Rott.	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+
<i>Melitaea aurelia</i> Nick.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Euphydryas maturna</i> L.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
<i>Pararge aegeria</i> L.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+
<i>Lopinga achine</i> Sc.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
<i>Lasiommata maera</i> L.	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
<i>Lasiommata petropolitana</i> F.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+
<i>Melanargia galathea</i> L.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Coenonympha glycerion</i> L.	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Coenonympha hero</i> L.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+
<i>Coenonympha pamphilus</i> L.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+
<i>Maniola jurtina</i> L.	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Aphantopus hyperantus</i> L.	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Hyponephele lycaon</i> Rott.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Erebia ligea</i> L.	–	–	–	–	–	+	+	–	–	–	+	–	+
<i>Erebia euryale</i> Esp.	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Erebia embla</i> Thnb.	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Satyrus dryas</i> Sc.	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Carcharodus alceae</i> Esp.	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Carcharodus flocciferus</i> Zell.	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	+	–	+
<i>Pyrgus carthami</i> Hbn.	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Pyrgus malvae</i> L.	–	–	–	–	–	+	+	–	–	–	+	+	+
<i>Pyrgus alveus</i> Hbn.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+
<i>Pyrgus serratulae</i> Rbr.	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	+	–	+
<i>Carterocephalus palaemon</i> Pall.	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	+	–	+
<i>Carterocephalus silvicola</i> Meig.	+	–	–	+	–	+	–	–	–	–	+	+	+
<i>Hesperia comma</i> L.	+	–	–	–	+	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Ochlodes sylvanus</i> Esp.	+	–	+	–	–	+	+	–	–	+	+	+	+
<i>Thymelicus lineola</i> O.	–	+	+	–	–	+	+	–	+	+	+	+	+
<i>Thymelicus sylvestris</i> Poda.	–	–	–	–	–	+	+	–	–	+	+	+	+
Кол-во видов	10	25	16	10	20	54	43	6	12	24	92	46	95

* На основании сборов авторов, литературных сведений

На территориях бывших агроценозов население дневных чешуекрылых формируется за счет миграции видов из окружающих природных местообитаний. В окрестностях г. Кирова на подобных участках стали довольно часто встречаться беляночка *Leptidea sinapis* L., приводимый А. Н. Чарушиной только по литературным данным, виды группы голубянок *Plebejus idas* (*Plebejus idas* L. и *Plebeius argyrognomon* Bgstr.), *Araschnia levana* L., а также сатириды *Aphantopus hyperantus* L., *Coenonympha glycerion* L.

На огородах и в садовых участках в массе стали встречаться нимфалиды *Nymphalis urticae* L., белянки *Gonepteryx rhamni* L., *Pieris napi* L.. Авторами не были встречены в окрестностях г. Кирова относительно многочисленные в 1968–1969 [5] *Callophrys rubi* L., *Clossiana selene* Schiff., *Clossiana titania* Нб., *Lasiommata petropolitana* F., *Erebia ligea* L., однако это скорее всего объясняется не совпадением сроков сбора бабочек и их лета.

Таким образом, самыми многочисленными видами дневных бабочек в Кирове являются виды местной фауны, которые приспособились к обитанию в урбценозах. В городских местообитаниях у некоторых из них (например, *Polyommatus icarus*, *Polyommatus semiargus*, *Leptidea sinapis*) наблюдается резкое увеличение численности по сравнению с естественными сообществами за пределами города. Однако надо отметить, что они очень уязвимы, так как постоянно находятся в сфере хозяйственной деятельности человека, что может вызвать значительные перестройки в составе и соотношении численности видов, а в крайнем случае привести к их полному вымиранию на исследуемой территории.

Литература

1. Круликовский Л. К. К сведению о чешуекрылых Вятской губернии. Заметка о чешуекрылых окрестностей г. Вятки // Записки Уральского общества любителей естествознания. Т. XV. 1895. С. 3–4.
2. Круликовский Л. К. Заметки о сборе чешуекрылых летом 1908 г. в Уржумском уезде Вятской губернии // Русское энтомологическое обозрение. Т. 8 1908. № 3–4. С. 240–244.
3. Круликовский, Л. К. Чешуекрылые Вятской губернии // Материалы к познанию фауны и флоры Российской империи. Отдел зоологический. Выпуск 9. М.: «Типо-литография Товарищества И. Н. Кушнерев и КО, 1909. С. 48–250.
4. Круликовский, Л. К. Новые сведения о чешуекрылых Вятской губернии // Русское энтомологическое обозрение. Т. XI. № 3. С. 292–323.
5. Чарушина А. Н. Булавоусые чешуекрылые окрестностей г. Кирова // Материалы о фауне северо-востока европейской части Советского союза. Киров, 1973. С. 22–35.
6. Мазеева А. В. Кулакова О. И. Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera: Rhopalocera) подзоны южной тайги Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров, 2016. С. 430–433.
7. Юферев Г. И. Энтомофауна Кировской области. Новые материалы. Киров: «Три-ада плюс», 2004. 23 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГАЛЛООБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА СТРОЕНИЕ ЛИСТЬЕВ ДЕРЕВЬЕВ

И. Г. Тычинкина¹, С. В. Пестов^{1, 2, 3}

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

² *Государственный природный заповедник «Нургуш»,*

³ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
irinatg421@gmail.com, atylotus@mail.ru*

Одной из широко представленных групп членистоногих вредителей растений является группа галлообразователей [1]. Данной группе фитофагов, как правило, не уделяется должного внимания и они не рассматриваются как значимая группа вредителей растений. В то же время имеются свидетельства, что при массовом заселении галообразователями в специфических условиях ослабления растений наблюдается резкое угнетение отдельных кустов или деревьев, а иногда и полное их усыхание [2].

Существует несколько определений термина галл [3–4]. В обобщенном виде галлы – это любые аномальные разрастания растительных тканей с ограниченным ростом, возникающие в ответ на воздействие галлообразователей, для которых галл служит средой обитания и источником питания [2]. При образовании галлов внешний вид растения меняется, однако его органы выглядят типичными [3]. Массовое развитие галлов сопровождается различными процессами: изменением окраски поврежденных органов; преждевременным их отмиранием и опадением; нарушением прироста и формирования крон, ослаблением растения и, наконец, гибелью растения [2]. В Кировской области исследованием галлообразующих членистоногих занимался А.Д. Фокин. Он составил каталог галлов на растениях Кировской области [5], который включал 130 возбудителей, образующих галлы на 91 виде питающих растений, относящихся к 31 семейству. Позднее эта группа членистоногих в Кировской области практически не изучалась. Имеется только небольшое сообщение Е. В. Куимовой [6] по фауне галлообразующих членистоногих заповедника «Нургуш».

Целью работы было изучение видового разнообразия и распространения галлообразователей, степени их специализации на растениях-хозяевах и влияния на строение листьев деревьев. Материал был собран в 2016 г. на 8 участках в п. Осиновка Кильмезского района Кировской области по методике изложенной в источнике [7]. С целью оценки влияния галлов на строение листа, на участках где вид галообразователя имеет высокую численность собирали от 50 до 100 листьев с этим видом вредителя и 50 до 100 листьев, не поврежденных вредителями (примерно из одного яруса). Определение фитофагов производилось по определителю В. И. Гусева [8].

В районе наших исследований отмечено шесть видов массовых галлообразователей древесных растений. На березе отмечен клещик *Cecidophyopsis betulae*, на иве – галловый пилильщик *Eupontania viminalis*. Липу повреждают

два клещика: войлочный (*Eriophyes leiosoma*) и рожковый (*Eriophyes tiliae*). На осине отмечен клещик *Aceria varia*, а на черемухе *Eriophyes padi*.

Из литературных данных известно, что наибольшее количество видов галлообразователей (77,9 % от общего количества видов в комплексе) предпочитают развиваться на листовых пластинах растений (Белов, 2000). Наблюдения, проведенные в разных биотопах, позволили сделать несколько предварительных выводов о плотности галлов на листьях (табл. 1). Наибольшая поврежденность черемухи клещиком *Eriophyes padi* характерна для деревьев, произрастающих в черте поселка, а ива максимально повреждена пилильщиком *Eupontania viminalis* в условиях придорожной полосы. Массовое поражение галлами в этих местообитаниях объясняется созданием для них благоприятных условий при увеличении техногенной нагрузки на среду обитания растения-хозяина [1]. Это связано, видимо, с тем что у листовой пластинки изменяется пигментный комплекс и фотосинтетическая активность, что приводит у снижению устойчивости растения. В условиях поймы р. Лобань наибольшая численность отмечена для березового клещика (*Cecidophyopsis betulae*).

Таблица 1

Сравнительная оценка интенсивности поражений галлами на лист (%)

Вид галлообразователя	Пойма р. Лобань	Пойма р. Осиновка	Поселок Осиновка	Придорожная полоса	Опушка леса	Березняк	Осинник	Сосняк	Среднее значение
<i>Cecidophyopsis betulae</i> (Nalepa 1891)	25,0	0	2,5	0,0	2,5	0	0	0	3,8
<i>Eriophyes padi</i> Nalepa, 1890	30,0	20,0	62,0	–	–	0	–	–	28,0
<i>Eriophyes tiliae</i> Pagenstecher, 1857	10,0	–	0	–	10,0	5,0	–	–	6,3
<i>Eriophyes leiosoma</i> (Nalepa, 1892)	–	–	–	–	20,0	2,5	–	–	11,3
<i>Eupontania viminalis</i> (Linnaeus, 1758)	5,0	6,7	–	30,0	10,0	–	–	–	12,9
<i>Aceria varia</i> (Nalepa, 1892)	–	0	–	50,0	0	50,0	44,0	25,0	28,2

Примечание. «–» означает отсутствие растения на участке. «0» – отсутствие поврежденности галлообразователями

Для участков, где отмечено наибольшее число поражений на лист, была проведена сравнительная оценка морфологических особенностей здоровых и пораженных листьев. Анализировались длина и ширина листа дерева, а также длина черешка листа (табл. 2). При расчете изменения линейных размеров

за 100% принимались размеры неповрежденных листьев. Выявлено, что у большинства видов исследованных растений повреждение листьев вызывает уменьшение длины и ширины листа, а также длины черешка. Наибольшее уменьшение размеров листьев при повреждении галлами отмечено у ивы. Осина составляет исключение – галловым клещиком *Aceria varia*, повреждены более крупные листья.

Таблица 2

Оценка влияния галлообразователей на морфологические особенности листьев древесных растений

Вид галлообразователя	Длина листа, см	Ширина листа, см	Длина черешка, см	Показатель
<i>Cecidophyopsis betulae</i>	4,9±0,09	4,1±0,05	2,0±0,05	А
	4,5±0,09	3,9±0,06	1,9±0,05	Б
	-8,16*	-4,88*	-5,00	В
<i>Eupontania viminalis</i>	11,5±0,21	1,9±0,04	1,7±0,05	А
	8,9±0,20	1,6±0,04	1,1±0,05	Б
	-22,61*	-15,79*	-35,29*	В
<i>Eriophyes leiosoma</i>	6,6±0,12	5,7±0,11	4,6±0,11	А
	5,8±0,22	5,9±0,17	3,9±0,17	Б
	-12,12*	3,51	-15,22*	В
<i>Eriophyes tiliae</i>	6,5±0,12	5,5±0,11	4,4±0,10	А
	6,2±0,20	5,8±0,17	4,1±0,16	Б
	-4,62	5,45*	-6,82*	В
<i>Aceria varia</i>	6,1±0,12	5,9±0,15	4,5±0,19	А
	6,2±0,13	6,9±0,14	6,2±0,22	Б
	1,64	16,95*	37,78*	В
<i>Eriophyes padi</i>	8,8±0,22	4,4±0,11	1,0±0,03	А
	7,7±0,19	4,0±0,08	1,0±0,03	Б
	-12,50*	-9,09*	0,00	В

Примечание. Знаком «*» Обозначены различия значимые при уровне значимости <0,05, А – здоровые листья, Б – поврежденные листья. В – доля (%) изменения линейных размеров

Таким образом, изучение видового разнообразия галлообразователей, их распространения показывает, что на численность галлообразующих членистоногих могут оказать значительное влияние различные природные и антропогенные факторы. Явное предпочтение антропогенным местообитаниям испытывает черемуховый клещик *Eriophyes padi* и ивовый пилильщик *Eupontania viminalis*. С другой стороны галлообразователи по отношению оказывают влияние на состояние растительности и в настоящее время становятся одним из основных факторов его ослабления. Произведена оценка интенсивности влияния галлов на основные морфологические признаки листьев древесных растений.

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. Мингалева Н. А., Пестов С. В., Загирова С. В. Жизненное состояние и биоповреждения листьев деревьев в зеленых насаждениях Сыктывкара // Сибирский экологический журнал. 2011. № 3. С. 415–424.
2. Белов Д. А. Видовой состав и структура растительноядных членистоногих в насаждениях Москвы // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: Сб. науч. тр. Вып. 302 (1). М: ГОУ ВПО МГУЛ, 2000. С. 26–33.
3. Слепян Э. И. Патологические новообразования и их возбудители у растений. Л.: Наука, 1973. 511 с.
4. Mani, M. S. Ecology of plant galls / M. S. Mani. - Dr. W. Junk. Publ. The Hague, 1964. 247 p.
5. Фокин А. Д. Каталог галлов на растениях Кировской области и смежных районов. Киров: Волго-вятское книжное изд-во, 1966. 35 с.
6. Куимова Е. В. К фауне галлообразующих членистоногих заповедника «Нургуш» // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы XII молодеж. науч. конф. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2005. С. 128.
7. Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий. Киров: О-Краткое, 2008. 336 с.
8. Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. М.: Лесная промышленность, 1984. С. 472.

МАТЕРИАЛЫ ПО ФАУНЕ СТРЕКОЗ (ODONATA) г. КИРОВА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

*А. С. Окуловский*¹, *О. И. Кулакова*², *А. Г. Татаринов*², *С. В. Пестов*^{1, 2, 3}
¹ Вятский государственный университет,
² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
³ Государственный природный заповедник «Нургуш»,
sas6292029@yandex.ru, iduna@rambler.ru, atylotus@mail.ru

Стрекозы (*Odonata*) – один из известных и древнейших амфибиотических насекомых с неполным превращением. Они распространены по всей территории Евразии. Сложное поведение, активное хищничество определяют их важное значение в трофических сетях биоценозов. Личинки стрекоз развиваются в водоемах, где составляют существенный компонент фитофильного и бентосного комплексов гидробионтов. В наземных сообществах имаго стрекоз являются одними из самых активных и многочисленных энтомофагов, регулирующих численность других насекомых. Разнообразие стрекоз и количество особей зависит от качества среды обитания, поэтому в последние годы стрекоз все активнее используют в экологическом мониторинге наземных и водных экосистем в качестве объекта биоиндикации окружающей среды [1–4].

На сегодняшний день в фауне Кировской области отмечено 49 видов стрекоз относящихся к 9 семействам [5–8]. Наиболее крупными семействами являются Libellulidae (13 видов), Coenagrionidae (10) и Aeschnidae (9 видов). Остальные семейства Calopterygidae, Cordulegastridae, Corduliidae, Gomphidae, Lestidae, Platycnemidae представлены менее 6 видами.

В работе рассмотрены данные о качественном составе и численности стрекоз, полученные при изучении водоемов города и окрестностей г. Кирова в 2016 г. Работа проводилась в летний период с 13 июня по 25 августа 2016 г. вблизи водоемов города и окрестностей г. Кирова. Всего собрано и определено 239 особи имаго стрекоз. В ходе проведения исследований были обследованы шесть пунктов, рядом с которыми находились водоемы с различным уровнем антропогенной нагрузки, пригодные для развития стрекоз (табл. 1). Для отлова имаго стрекоз использовался воздушный энтомологический сачок, который используют для ловли многих насекомых, значительную часть времени которые проводят в воздухе. Определение видов насекомых, а также номенклатура научных названий видов, родов, семейств и подотрядов стрекоз приводится на основе анализа современной научной литературы [2].

Таблица 1

Места сбора и объем собранного материала

№	Место сбора	Широта	Долгота	Объем собранного материала
1	Заречный парк (р. Сандаловка)	49,699489	58,610154	65
2	Дендропарк лесоводов Кировской области	49,697197	58,522999	1
3	пос. Сидоровка (р.Вятка)	49,835247	58,528835	9
4	Слобода Санниковы (карьеры. р. Вятка)	49,616902	58,657359	36
5	Пруды Кировского «БиоХимЗавода»	49,555084	58,616485	127
6	Слобода Чижи (р.Вятка)	49,693133	58,559825	4

Список обнаруженных видов представлен в таблице 2. Видовое богатство стрекоз за период сборов 2016 г. составило 17 видов, 12 родам из 6 семейств, что составило 26,5% от состава фауны Кировской области. Наибольшим разнообразием отличалось семейство Coenagrionidae (5 видов) и Libellulidae (4 вида). Наиболее широко распространенными и массовыми видами являются *Coenagrion hastulatum*, *Ischnura elegans*, *Calopteryx splendens* и *Sympetrum flaveolum*. По данным литературы ранее в окрестностях г. Кирова было отмечено 14 видов [5]. Впервые для окрестностей города указывается 9 видов: *Calopteryx splendens*, *Coenagrion puella*, *Ischnura elegans*, *I. Pumilio*, *Epithea bimaculata*, *Somatochlora metallica*, *Gomphus vulgatissimus*, *Leucorrhinia albifrons* и *Libellula depressa*. Из ранее указанных в наших сборах отсутствовали *Lestes dryas* Kirby, 1890, *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier, 1840), *L. pectoralis* (Charpentier, 1825) и *Libellula quadrimaculata* Linnaeus, 1758.

Видовой состав стрекоз г. Кирова

№ п/п	Вид	Число особей	Доля в сборах (%)	Места сборов
	Calopterygidae			
1	<i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1776)	10	4,18	3,4, 6
	Lestidae			
2	<i>Lestes sponsa</i> (Hansemann, 1823)	3	1,26	4
	Aeschnidae			
3	<i>Aeschna grandis</i> (Linnaeus, 1758)	8	3,35	1
	Coenagrionidae			
4	<i>Coenagrion hastulatum</i> (Charpentier, 1825)	14	5,86	1, 3, 4,5
5	<i>C. johanssoni</i> (Wallengren, 1894)	4	1,67	4
6	<i>C. puella</i> (Linnaeus, 1758)	2	0,84	1
7	<i>Ischnura elegans</i> (Van der Linden, 1820)	51	21,34	1,4,5, 6
8	<i>I. pumilio</i> (Charpentier, 1825)	6	2,51	1,4, 6
	Cordulidae			
9	<i>Cordulia aenea</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,42	5
10	<i>Epithea bimaculata</i> (Charpentier, 1825)	1	0,42	1
11	<i>Somatochlora metallica</i> (Van der Linden, 1825)	8	3,35	1,4
	Gomphidae			
12	<i>Gomphus vulgatissimus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,42	4
	Libellulidae			
13	<i>Leucorrhinia albifrons</i> (Burmeister, 1839)	1	0,42	2
14	<i>Libellula depressa</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,42	5
15	<i>Sympetrum flaveolum</i> (Linnaeus, 1758)	125	52,30	1, 3,5
16	<i>S. vulgatum</i> (Linnaeus, 1758)	3	1,26	1,5
	Общий итог	239	100	

Примечания. Места сборов (табл. 1).

Таким образом, общее число видов отмеченных в окрестностях г. Кирова с учетом наших сборов и литературных данных составляет 21 вид. Определение количества видов и экологии стрекоз на исследуемой территории требует дальнейшего углубленного изучения. В первую очередь это касается биотопического распределения имагинальных фаз, видовой структуры гильдий в различных биотопических и зонально-ландшафтных условиях, взаимоотношений стрекоз в гильдиях, установления пищевого спектра личинок.

Литература

1. Кулакова О. И., Татаринев А. Г. Некоторые особенности экологии стрекоз республики Коми // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2008. С. 121–124.
2. Татаринев А. Г., Кулакова О. И. Стрекозы // Фауна европейского Северо-Востока России. Стрекозы. Т. X. СПб.: Наука, 2009. 213 с.
3. Татаринев А. Г., Кулакова О.И. Стрекозы (Insecta, Odonata) в фауне Восточноевропейской Гипоарктики // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере: Материалы докл. Всерос. конф с междунар. участием. Сыктывкар, 2009. С. 106–109.

4. Татаринев А. Г., Кулакова О. И., Лоскутова О. И. Структура фауны и эколого-географические особенности стрекоз (Insecta, Odonata) восточноевропейской Гипоарктики // Евразийский энтомолог. журнал. 2015. № 14 (6). С. 505–510.

5. Окуловский А. С., Кулакова О. И., Пестов С. В. Современное состояние изученности фауны стрекоз (Odonata) Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 417–419.

6. Леви Э. К. Отряд Odonoptera – Стрекозы // Животный мир Кировской области. Киров, 1974. Вып. II. С. 14–24.

7. Лялина Е. А. К фауне стрекоз заповедника «Нургуш» // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы XII молодеж. науч. конф. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2005. С. 135.

8. Ходырев Н. Н. Зообентос нижнего течения р. Кобра Даровского района Кировской области // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров: ООО «Лобань», 2009. Вып. VII. Ч. 2. С. 299–301.

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ ПОЧВ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ В ЗАПОВЕДНИКЕ «НУРГУШ» В 2008–2015 ГГ.

Л. Г. Целищева

*Государственный природный заповедник «Нургуш»,
tselishchevalg@mail.ru*

Почвенная фауна является обязательным компонентом самых различных биоценозов, составляет основу трофических связей в наземных экосистемах, играет важную роль в процессах почвообразования, служит одним из показателей состояния экосистем. Структура сообществ почвенных беспозвоночных активно изучалась на территории бывшего СССР в 1970–1990 гг. [1, 2, 3], в т. ч. и в Кировской области были проведены исследования почвенной биоты осушенных и рекультивированных торфяников [4]. В заповеднике «Нургуш» с 2008 г. на экологическом профиле проводится мониторинг почвенной фауны, в настоящее время дана характеристика почвенных беспозвоночных лесов [5].

Целью данной работы было выявление структуры и динамики населения почв пойменных лугов, расположенных в долине р. Вятки в условиях заповедного режима.

Исследования проведены на территории участка «Нургуш», где были выбраны разнотравно-злаковый луг таволгово-мятликово-костровый на берегу оз. Нургуш (низкая пойма) и злаково-разнотравный луг кострово-осоково-таволговый на берегу р. Прость (притеррасная пойма). Во время половодья луга бывают затоплены две – три недели, летом степень их увлажнения средняя. Материал собирался в течение вегетационных сезонов 2008–2015 гг. методом почвенных ловушек, в качестве которых использовались 0,5 л пластиковые стаканы на 1/3 заполненные 4% раствором формалина. В каждом биотопе устанавливалась линия из 10 ловушек, выборка материала проводилась один раз в декаду. За время исследований в данных биоценозах отработано

более 19 тысяч ловушко-суток, собрано более 126 тысяч экземпляров беспозвоночных. Уловистость выражена в числе экземпляров на 10 ловушко-суток (экз. / 10 л.с.).

Метод почвенных ловушек позволяет наиболее полно учитывать обитателей поверхности почвы – беспозвоночных животных средних размеров (мезофауну). В сборах также встречаются представители микрофауны (почвенные клещи, насекомые-коллемболы) и макрофауны – позвоночные: земноводные, рептилии, мелкие млекопитающие. В нашей работе рассмотрена только почвенная мезофауна.

В результате исследований установлено, что почвенная фауна пойменных лугов заповедника «Нургуш» включает 3 типа (кольчатые черви, моллюски, членистоногие) и 6 классов (малощетинковые черви, брюхоногие моллюски, паукообразные, губоногие и двупарноногие многоножки, открыточелюстные насекомые). Среди насекомых отмечены представители 15 отрядов. Это характерные обитатели почв: уховертки, жуки, некоторые виды клопов и перепончатокрылых. Встречен ряд видов из отрядов равнокрылые, прямокрылые, сенокосцы, чешуекрылые, двукрылые, скорпионозные мухи, блохи, у которых в почве проходят отдельные стадии жизненного цикла. Отлавливались околотоводные насекомые: поденки, веснянки, стрекозы, ручейники, использующие почву как стацию временного переживания неблагоприятных условий.

Данные по уловистости основных групп почвенной мезофауны исследованных лугов и их доле в сборах представлены в таблице. В составе почвообитающих беспозвоночных животных доминируют активно передвигающиеся по поверхности почвы хищники: пауки, сенокосцы, жужелицы, стафилины и муравьи, составляя 71–77% от численности всех собранных беспозвоночных. Из подстилочных групп наиболее обычны сапротрофные двупарноногие многоножки (1–1,8%) и хищные губоногие многоножки (0,3–0,7%). В меньшем количестве отлавливаются моллюски, почвенные клопы, щелкуны, долгоносики и др. Дождевые черви, населяющие преимущественно подстильно-почвенный ярус, в сборах составляют от 0,5 до 0,8%. Достаточно высока доля мертвоедов, привлекаемых в ловушки попавшими позвоночными животными (2,4–4,4%), в небольшом числе встречаются эктопаразиты мелких млекопитающих – блохи. В отличие от лесов в сборах на лугах высока доля обитателей травостоя: цикадовых (до 7%), прямокрылых (до 1%), клопов, листоедов. Кроме типичных обитателей почвы, в сборах регистрируются представители разных таксономических и экологических групп, что очень ценно для выявления видового состава и описания структуры населения изучаемых сообществ.

На пойменных лугах заповедника доминируют пауки и муравьи, так как создаются благоприятные условия для их обитания за счет хорошего прогревания почвы. Причем на лугу на берегу оз. Нургуш средняя уловистость пауков выше (27,4 экз./10 л.с.), чем на лугу на берегу р. Прость (16,6 экз./ 10 л.с.), а муравьев (в основном за счет *Lasius niger*), наоборот, ниже (10,1 экз./ 10 л.с.).

напротив 13,7 экз./10 л.с.). Подстилочный ярус на пойменных лугах вымывается во время половодий, поэтому обитателей подстилки – двупарноногих и губоногих многоножек – незначительное количество (от 0,3 до 1,2 экз./10 л.с.).

Таблица

Состав основных групп почвенной мезофауны, их средняя уловистость и доля в сборах на пойменных лугах заповедника «Нургуш» в 2008–2015 гг. (по данным почвенных ловушек)

Группа беспозвоночных	Разнотравно-злаковый луг таволгово-мятликово-костровый на берегу оз. Нургуш		Злаково-разнотравный луг кострово-осоково-таволговый на берегу р. Прость	
	сред. ул-ть экз. / 10 л. с.	%	сред. ул-ть экз. / 10 л. с.	%
Дождевые черви	0,4	0,5	0,5	0,8
Моллюски	0,4	0,6	0,4	0,6
Пауки	27,4	39,4	16,6	27,4
Сенокосцы	3,0	3,7	3,9	4,7
Двупарноногие многоножки	0,8	1,0	1,2	1,8
Губоногие многоножки	0,3	0,3	0,4	0,7
Клопы	1,1	1,7	1,4	2,3
Жужелицы	6,2	8,8	5,6	9,6
Стафилины	3,1	4,3	2,3	3,8
Мертвоеды	1,8	2,4	2,6	4,4
Щелкуны	2,7	4,1	2,0	3,5
Долгоносики	0,3	0,4	0,4	0,5
Муравьи	10,1	14,9	13,7	22,0
Блохи	0,1	0,1	0,2	0,4
Другие беспозвоночные	12,4	17,7	9,8	17,6
Итого экземпляров	66458		60029	
Итого ловушко-суток	9349		9883	
Общая средняя уловистость	70,1		60,8	

Жужелицы на лугах занимают третье место по попадаемости в почвенные ловушки, доля их в структуре населения составляет 8,8–9,6%, что в два раза ниже, чем в лесах [5], несколько меньше и уловистость (5,6–6,2 экз./10 л.с.). Вероятно, это связано с менее стабильными микроклиматическими условиями на лугах по сравнению с лесными экосистемами. Многочисленны на пойменных лугах *Carabus granulatus*, *Trechus secalis*, *Poecilus versicolor*, *Pterostichus mannerheimi*, *P. melanarius*, *Harpalus latus*. Более мягкий микроклимат в долине реки определяет продвижение на север таких обитателей лугов, как европейско-средиземноморских (*Carabus stscheglovi*) и евроазиатских степных (*C. estreicheri*) видов [6]. Ценность пойменных лугов

заповедника заключается в обитании на них редких видов. Например, на лугу на берегу оз. Нургуш встречены занесенные в Красную книгу Российской Федерации – *Carabus metnetriesi*, в Красную книгу Кировской области – *Braichinus nigricornis* и в приложение к ней – *Carabus clathratus*.

Общая уловистость в исследованных биотопах отличается незначительно, составляя в среднем от 60,8 до 70,1 экз./10 л.с., данные показатели в два раза выше, чем в лесах [5]. Соотношение численности основных групп почвенных беспозвоночных сходно. На более влажном лугу на берегу оз. Нургуш выше уловистость пауков, жуужелиц и стафилин, а на лугу с меньшей увлажненностью на берегу р. Прость – больше муравьев, сенокосцев.

Динамика численности основных групп почвенной мезофауны на исследованных лугах в 2008–2015 гг. представлена на рисунке 1 и 2. Максимальные показатели средней уловистости за год были в 2012 г. – 119 экз./10 л.с. на лугу на берегу оз. Нургуш и 91,9 экз./10 л.с. на лугу на берегу р. Прость, а минимальные – в жаркое и засушливое лето 2010 г. – 39,4 и 36,9 соответственно. После продолжительного и высокого половодья 2013–2014 гг. общая уловистость мезофауны снижалась, с 2015 г. наблюдается тенденция ее повышения.

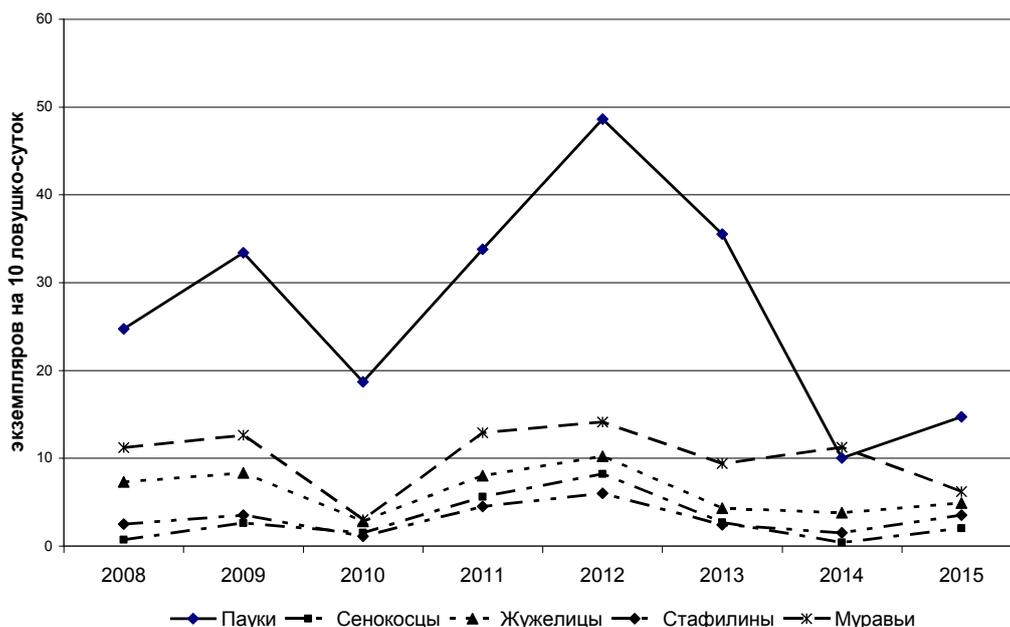


Рис. 1. Динамика численности основных групп почвенной мезофауны на разнотравно-злаковом лугу таволгово-мятликово-костровом на берегу оз. Нургуш в 2008–2015 гг.

В течение 2008–2015 гг. изменения уловистости пауков и муравьев скачкообразны, а жуужелиц, стафилинов и сенокосцев более выравнены по годам.

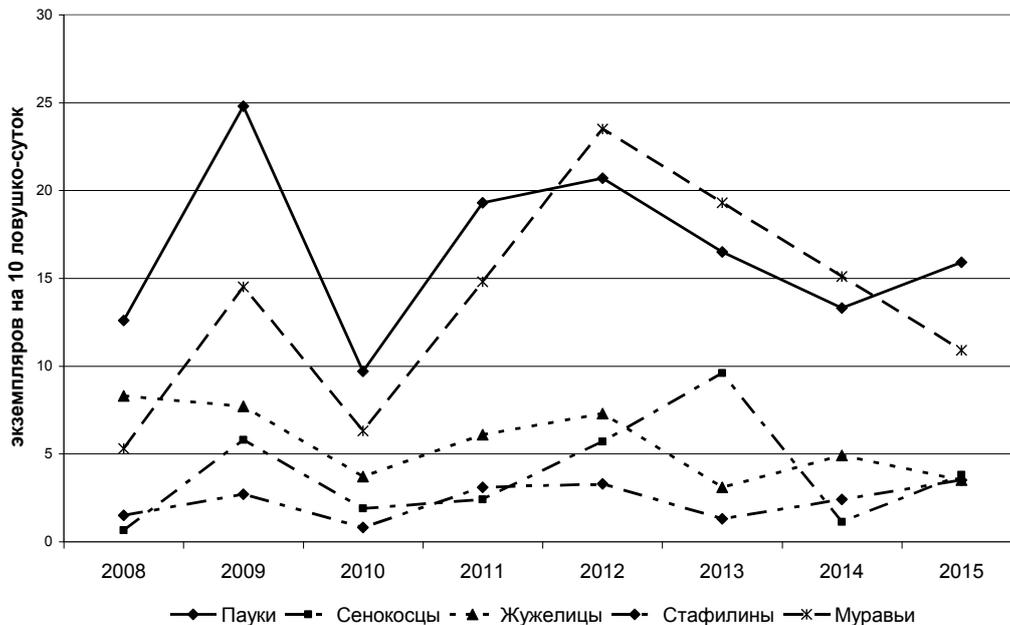


Рис. 2. Динамика численности основных групп почвенной мезофауны на злаково-разнотравном лугу кострово-осоково-таволгвом на берегу р. Прость в 2008–2015 гг.

В целом, на пойменных лугах заповедника «Нургуш» благодаря высокому плодородию почв, достаточной увлажненности, сглаженности температур сохраняются высокое естественное биоразнообразие и значительная численность почвенной мезофауны. Это может служить гарантом стабильности экосистем и резервом для пополнения фауны близлежащих территорий.

Благодарности. Автор выражает благодарность всем сотрудникам заповедника, помогавшим в проведении полевых работ и разборе проб.

Литература

1. Хотько Э. И. Почвенная фауна Беларуси. Мн.: Навука і тэхніка, 1993. 252 с.
2. Стриганова Б. Р. Зоологические исследования в лесных почвах Подмосковья // Особенности животного населения почв Московской области. М: Наука, 1994. С. 5–18.
3. Жеребцов А. К., Артемьева Т. И., Сабиров Р. М., Шулаев Н. В. и др. Кадастр сообществ почвообитающих беспозвоночных (мезофауна) естественных экосистем Республики Татарстан. Казань: Казан ун-т. 2014. 308 с.
4. Почвенная фауна и биологическая активность осушенных и рекультивируемых торфяников. М.: Наука. 1980. 172 с.
5. Целищева Л. Г. Почвенное население широколиственных лесов заповедника «Нургуш» // Войди в природу другом: материалы II городских науч.-практ. чтений памяти ученого-естествоиспытателя С. В. Мараква (1929–1986) Киров: муниц. бюджетное учреждение «Кировский городской зоологический музей», ФГБНУ «ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова», 2016. С. 44–50.
6. Целищева Л. Г. Динамика населения жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в пойменных сообществах (на примере заповедника «Нургуш», Кировская область) // Современные проблемы энтомологии Восточной Европы: Материалы I Междунар. науч.-практ. конф. Минск: «Экоперспектива», 2015. С. 281–284.

ПАРАЗИТОФАУНА ОКУНЯ ИЗ БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Г. Н. Доровских, В. Г. Степанов

Сыктывкарский государственный университет
им. Путьирима Сорочкина, dorovskg@mail.ru, vgstepanov@rambler.ru

Большинство водотоков северо-востока европейской части России входят в состав бассейнов рек С. Двина, Мезень и Печора. Одним из самых распространенных представителей ихтиофауны этих водоемов является окунь *Perca fluviatilis* (L.). Его паразитофауна в бассейнах р. С. Двина, Мезень и Печора исследована достаточно хорошо [1–9].

Всего у окуня из бассейнов обследованных рек выявлено 72 вида паразитов из 12 систематических групп (табл.): *Myxosporidia* – 8, *Litostomatea* – 1, *Peritricha* – 9, *Monogenea* – 4, *Cestoda* – 9, *Trematoda* – 19, *Nematoda* – 5, *Acanthocephala* – 6, *Hirudinea* – 1, *Bivalvia* – 3, *Crustacea* – 5, *Arachnida* – 1 *Protozoa incertae sedis* – 1.

Специфичными паразитами для окуневых рыб являются 10 видов – *Dermocystidium percae*, *Trichodina luciopercae*, *Ancyrocephalus percae*, *Gyrodactylus longiradix*, *Gyrodactylus cernuae*, *Gyrodactylus gasterostei*, *Proteocephalus exiguus*, *Proteocephalus percae*, *Camallanus lacustris*, *Achtheres percarum*. Остальные паразиты характерны, в основном, для широкого круга хозяев.

В бассейнах всех исследованных рек у окуня встречены 13 видов – *Muxobolus junchisi* sp. n., *Henneguia creplini*, *Dermocystidium percae*, *Gyrodactylus cernuae*, *Triaenophorus nodulosus* pl., *Proteocephalus percae*, *Bunodera luciopercae*, *Diplostomum volvens*, *Raphidascaris acus*, *Camallanus lacustris*, *Neoechinorhynchus rutili*, *Unionidae* gen. sp., *Achtheres percarum*. Эти виды составляют ядро паразитофауны окуня в бассейнах рек С. Двина, Мезень и Печора.

Общими видами для С. Двины и Печоры являются *Muxobolus muelleri*, *Muxobolus permagnus*, *Trichodina urinaria*, *Diphyllobothrium latum*, *Proteocephalus* sp., *Neogryporhynchus cheilancristrotus*, *Phyllodistomum folium*, *Azygia lucii*, *Diplostomum helveticum*, *Tylodelphys clavata*, *Ichthyocotylurus pileatus*, *Ichthyocotylurus variegatus*, *Rhabdochona denudate*, *Pseudoechinorhynchus borealis*, *Ergasilus sieboldi*; для С. Двины и Мезени – *Trichodina* sp., *Gyrodactylus longiradix*, *Allocreadium isoporum*, *Diplostomum pungiti*, *Piscicola geometra*; для Мезени и Печоры – лишь *Rhipidocotyle campanula*.

Имеется и довольно значительное число видов паразитов, встречающихся у окуня только в одном из обследованных бассейнов. Таких видов в Северо-Двинском бассейне найдено 31 – *Muxobolus guyenoti*, *Muxobolus sandrae*, *Muxobolus ellipsoids*, *Henneguia psorospermica*, *Hemiophrys branchiarum*, *Apiosoma piscicolum* typica, *Apiosoma piscicolum* ssp.perci, *Trichodina mutabilis*, *Trichodina nigra*, *Trichodina luciopercae*, *Trichodina rectangli rectangli*, *Tricho-*

dina acuta, *Trichodina domerguei domerguei*, *Gyrodactylus gasterostei*, *Caryophyllaeus laticeps*, *Cyathocephalus truncates*, *Proteocephalus cernuae*, *Proteocephalus torulosus*, *Bucephalus polymorphus*, *Crepidostomum farionis*, *Phyllo-distomum pseudofolium*, *Ichthyocotylurus platycephalus*, *Apatemon annuligerum*, *Paracoenogonimus ovatus*, *Camallanus truncates*, *Philometra obturans*, *Acanthocephalus anguillae*, *Acanthocephalus lucii*, *Metechinorhynchus salmonis*, *Colletopterum (Piscinaliana) piscinale*, *Ergasilus briani*; в Печорском - 6 - *Proteocephalus exiguus*, *Ichthyocotylurus erraticus*, *Neoechinorhynchus crassus*, *Anodonta complanata*, *Argulus coregoni*, *Porohalacarus hydrachnoides*; в Мезенском – таких видов нет.

Таблица

Паразитофауна окуня из бассейнов рек северо-востока европейской части России

Вид паразита	Бассейны рек		
	Р. С. Двина n=751	Р. Мезень n=42	Р. Печора n=199
1	2	3	4
<i>Myxobolus muelleri</i> Bütschli, 1882	+	–	+
<i>Myxobolus guyenoti</i> Naville, 1928	+	–	–
<i>Myxobolus sandrae</i> Reuss, 1906	+	–	–
<i>Myxobolus ellipsoides</i> Thelohan, 1892	+	–	–
<i>Myxobolus permagnus</i> Wegener, 1910	+	–	+
<i>Myxobolus junchisi</i> sp. n.	+	+	+
<i>Henneguya psorospermica</i> Thelohan, 1895	+		–
<i>Henneguya creplini</i> (Gurley, 1894)	+	+	+
<i>Hemiophrys branchiarum</i> (Wenrich, 1924)	+	–	–
<i>Apiosoma piscicolum</i> Blanchard, 1885, <i>typica</i>	+	–	–
<i>Apiosoma piscicolum</i> Blanchard, 1885 <i>ssp.perci</i> Chernyshewa, 1976	+	–	–
<i>Trichodina mutabilis</i> Kazubsky et Migala, 1968	+	–	–
<i>Trichodina nigra</i> Lom, 1960	+	–	–
<i>Trichodina luciopercae</i> Lom, 1970	+	–	–
<i>Trichodina rectangli rectangli</i> Chen et Hsien, 1964	+	–	–
<i>Trichodina urinaria</i> Dogiel, 1940	+	–	+
<i>Trichodina acuta</i> Lom, 1961	+	–	–
<i>Trichodina domerguei domerguei</i> (Wallengren, 1897)	+	–	–
<i>Trichodina</i> sp.	+	+	–
<i>Dermocystidium percae</i> Reichenbach-Klinke, 1950	+	+	+
<i>Ancyrocephalus percae</i> Ergens, 1966	+	+	+
<i>Gyrodactylus longiradix</i> Malmberg, 1957	+	+	–
<i>Gyrodactylus cernuae</i> Malmberg, 1957	+	+	+
<i>Gyrodactylus gasterostei</i> Glaser, 1974	+	–	–
<i>Caryophyllaeus laticeps</i> (Pallas, 1781)	+	–	–
<i>Triaenophorus nodulosus</i> (Pallas, 1781) larvae	+	+	+
<i>Diphyllobothrium latum</i> (Linnaeus, 1758) larvae	+	–	+
<i>Cyathocephalus truncatus</i> (Pallas, 1781)	+	–	–
<i>Proteocephalus exiguus</i> La Rue, 1911	–	–	+

Продолжение таблицы

1	2	3	4
<i>Proteocephalus percae</i> (Müller, 1780) Railliet, 1899	+	+	+
<i>Proteocephalus cernuae</i> (Gmelin, 1790) La Rue, 1911	+	–	–
<i>Proteocephalus torulosus</i> (Batsch, 1786) Nufer, 1905	+	–	–
<i>Proteocephalus</i> sp.	+	–	+
<i>Neogryporhynchus cheilancristrotus</i> (Wedl, 1955)	+	–	+
<i>Bucephalus polymorphus</i> Baer, 1827	+	–	–
<i>Rhipidocotyle campanula</i> (Dujardin, 1845)	–	+	+
<i>Crepidostomum farionis</i> (Müller, 1780)	+	–	–
<i>Bunodera luciopercae</i> (Muller, 1776) Luhe, 1909	+	+	+
<i>Phyllodistomum folium</i> (Olfers, 1816)	+	–	+
<i>Phyllodistomum pseudofolium</i> Nybelin, 1926	+	–	–
<i>Azygia lucii</i> (Muller, 1776) Luhe, 1909	+	–	+
<i>Allocreadium isoporum</i> (Looss, 1894)	+	+	–
<i>Diplostomum helveticum</i> (Dubois, 1929)	+	–	+
<i>Diplostomum pungiti</i> Shigin, 1965 mc	+	+	–
<i>Diplostomum spathaceum</i> (Rudolphi, 1819)	+	+	+
<i>Diplostomum volvens</i> Nordmann, 1832	+	+	+
<i>Tylodelphys clavata</i> (Nordmann, 1832) Diesing, 1850	+	–	+
<i>Ichthyocotylurus erraticus</i> (Rudolphi, 1809) Odening, 1969	–	–	+
<i>Ichthyocotylurus pileatus</i> (Rudolphi, 1802) Odening, 1969	+	–	+
<i>Ichthyocotylurus platycephalus</i> (Creplin, 1825) Odening, 1969	+	–	–
<i>Ichthyocotylurus variegatus</i> (Creplin, 1825) Odening, 1969	+	–	+
<i>Ichthyocotylurus</i> sp.	+	–	+
<i>Apatemon annuligerum</i> (Nordmann, 1832) Odening, 1970	+	–	–
<i>Paracoenogonimus ovatus</i> Katsurada, 1914	+	–	–
<i>Raphidascaris acus</i> (Bloch, 1779)	+	+	+
<i>Camallanus lacustris</i> (Zoega, 1776)	+	+	+
<i>Camallanus truncatus</i> (Rud., 1814)	+	–	–
<i>Philometra obturans</i> (Prenant, 1886)	+	–	–
<i>Rhabdochona denudata</i> (Dujardin, 1845)	+	–	+
<i>Acanthocephalus anguillae</i> (Müller, 1780) Lühe, 1911	+	–	–
<i>Acanthocephalus lucii</i> (Müller, 1776) Lühe, 1911	+	–	–
<i>Pseudoechinorhynchus borealis</i> (Linstow, 1901)	+	–	+
<i>Metechinorhynchus salmonis</i> Mailer, 1780	+	–	–
<i>Neoechinorhynchus crassus</i> Van Cleave, 1919	–	–	+
<i>Neoechinorhynchus rutili</i> (Müller, 1780) Stiles et Hassal, 1905	+	+	+
<i>Piscicola geometra</i> (Linnaeus, 1761)	+	+	–

Продолжение таблицы

1	2	3	4
<i>Anodonta complanata</i> (Ziegler)	–	–	+
<i>Anodonta</i> sp.	+	–	–
<i>Colletopterum (Piscinaliana) piscinale</i> (Nilsson, 1823)	+	–	–
<i>Unionidae</i> gen. sp.	+	+	+
<i>Ergasilus briani</i> Markewitsch, 1932	+	–	–
<i>Ergasilus sieboldi</i> Nordmann, 1832	+	–	+
<i>Lernaea esocina</i> Burmeister, 1833	+	–	–
<i>Achtheres percarum</i> Nordmann, 1832	+	+	+
<i>Argulus coregoni</i> Thorell, 1864	–	–	+
<i>Porohalacarus hydrachnoides</i> (Lohmann, 1893)	–	–	+
Всего видов	66	21	36

Примечание. n – число вскрытых рыб; «+» – наличие данного вида паразита; «–» – отсутствие данного вида паразита. Таблица составлена по: Дулькин, 1941; Кудрявцева, 1957; Спасский, Ройтман, 1958; Сидоров, 1970; Екимова, 1976; Радченко, 2002; Доровских, Степанов, 2011, 2015, 2016.

Таким образом, у окуня в бассейнах рек северо-востока европейской части России зарегистрировано 72 видов паразитов (в бассейне р. С. Двины – 66 видов, Мезени – 21, Печоры – 36).

Литература

1. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Паразитофауна окуневых рыб Percidae CUVIER, 1816 из водоемов северо-востока европейской части России. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского ун-та, 2011. 168 с.
2. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Паразиты пресноводных рыб северо-востока европейской части России. Простейшие. Монография. Текстовое учебное издание на компакт-диске; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Сыктыв. гос. ун-т им. Питирима Сорокина» Электрон. текстовые дан. (1 Мб); Сыктывкар: Изд-во СГУ им. П. Сорокина, 2015. 216 с.
3. Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Паразиты пресноводных рыб северо-востока европейской части России. Книдарии, моногенеи, цестоиды и аспидогастеры. Монография. Текстовое учебное издание на компакт-диске; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Сыктыв. гос. ун-т им. Питирима Сорокина» Электрон. текстовые дан. ((17,2 Мб); Сыктывкар: Изд-во СГУ им. П. Сорокина, 2016. 191 с.
4. Дулькин А. Л. Гельминтофауна рыб Кубенского озера // Тр. Вологод. с.-х. ин-та. 1941. Вып. 3. С. 127–130.
5. Екимова И. В. Эколого-географический анализ паразитов рыб р. Печоры // Болезни и паразиты рыб Ледовитоморской провинции (в пределах СССР). Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1976. С. 50–68.
6. Кудрявцева Е. С. Паразитофауна рыб р. Сухоны и Кубенского озера // Зоологический журнал. 1957. Т. 36. Вып. 9. С. 1292–1304.
7. Радченко Н. М. Эколого-паразитологические исследования рыб Кубенского озера. Вологда: Вологодский ин-т развития образования, 2002. 156 с.
8. Сидоров Г. П. Паразитофауна некоторых промысловых рыб Средней Печоры и Вычегды в зоне проектируемых водохранилищ // Изв. Коми филиала географ. общ-ва СССР. 1970. Т. 2. Вып. 3(13). С. 87–90.

РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА *LEUCISCUS IDUS* В ОЗЕРАХ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ» В 2011–2016 гг.

М. Н. Владыкина

*Вятский государственный университет,
Государственный природный заповедник «Нургуш»,
nurgush@zapovednik.kirov.ru*

Научная работа в заповеднике проводится по нескольким направлениям, одним из которых является изучение ихтиофауны в озерах заповедника. Научный лов выполняется по общепринятым методикам на участке «Нургуш» с 2011 года с целью определения видового разнообразия и относительной численности обитающих в водоемах рыб [1]. Лов проводится в озерах Нургуш, Кривом, Черном, в протоке между озерами Кривое и Нургуш в рамках работ по теме «Роль водоемов заповедника «Нургуш» в сохранении видового разнообразия и пополнении рыбных запасов реки Вятки» и по программе «Летопись природы». Научный лов осуществляется в период от освобождения озер ото льда до ледостава ставными сетями с ячейей 25, 40 и 60 мм, периодичностью 2 раза в месяц.

Язь (*Leuciscus idus* L.) – широко распространенный вид в водоемах заповедника «Нургуш», является одним из доминирующих видов и составляет 16,1 % населения рыб. Крупная рыба, живет до 13–15, редко до 20 лет. Обычные размеры – от 30 до 70 см и масса от 1 до 4 кг [2]. Половой зрелости достигает на 3–5 году жизни [3].

Рост рыбы идет неравномерно как в течение года, так и в процессе онтогенеза. Наиболее быстрое нарастание линейных размеров происходит, как правило, впервые годы роста, а максимальное увеличение биомассы приходится обычно на старший возраст [4]. Неравномерность роста рыбы в разные сезоны года приводит к образованию на элементах скелета (чешуя, отолиты, плоские кости) так называемых годовичных колец, которые обычно в падающем свете кажутся более светлыми, а в проходящем – темными [4]. У большинства рыб основной объект для определения возраста – чешуя. Она позволяет надежно определить возраст. Для этого чешую, предварительно промытую в слабом растворе нашатырного спирта, закладывают между двумя предметными стеклами и просматривают под лупой или микроскопом – в зависимости от ее размеров [4].

Возрастная структура язя в озерах заповедника в 2011–2016 гг. представлена на рисунке 1.

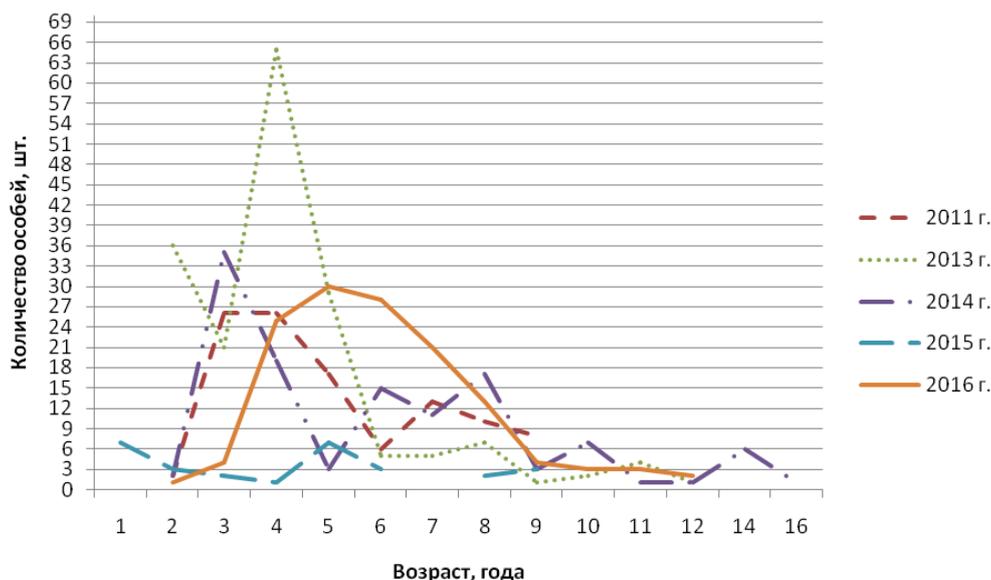


Рис. 1. Возрастная структура язя в озерах заповедника «Нургуш» в 2011–2016 гг.

Были отловлены особи в возрасте от 1 года до 16 лет, среди которых преобладали особи от 3+ до 7+ лет. Это может быть связано с тем, что язь достигает половозрелости к трем годам и является наиболее активным в данный период жизни.

Рост неразрывно связан с развитием, являясь одной из его сторон. Специфической особенностью роста рыб является преобладание ассимиляции над диссимиляцией, благодаря чему рыба растет в течение всей жизни и после наступления половой зрелости [5]. Рост, как и каждое видовое свойство, имеет свою специфику у разных групп рыб. Норвежский ученый Эйнар Леа еще в 1910 г. установил, что длина тела и размер чешуи с возрастом изменяются прямо пропорционально друг другу, т.е. зависимость носит линейный характер [4].

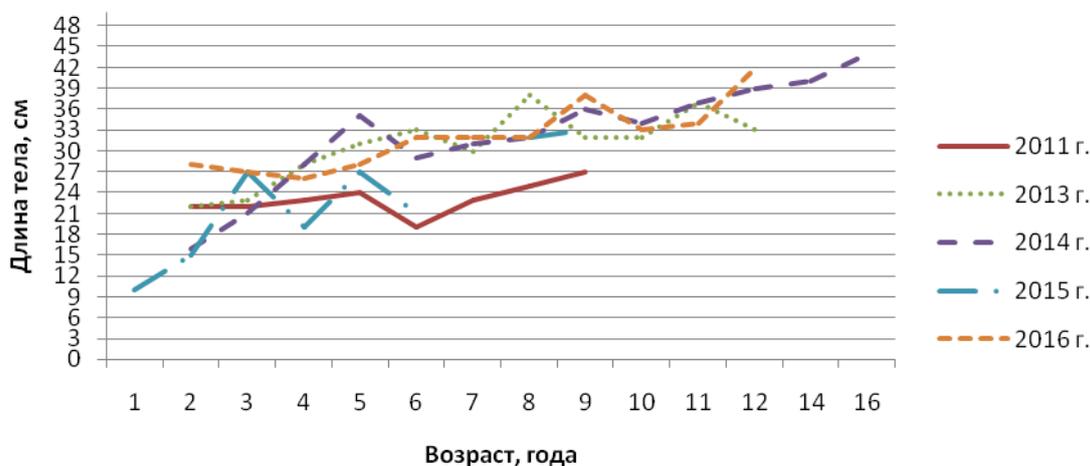


Рис. 2. Размерно-возрастная структура язя в озерах заповедника «Нургуш»

На рисунке 2 показана размерно-возрастная структура язя в озерах заповедника.

Отчетливо видно, что на протяжении всех 16 лет с увеличением возраста увеличивается длина тела рыбы. У карповых она наиболее изменчива до достижения половозрелости. У большинства видов рыб время наступления половозрелости связано с достижением определенных размеров, а не возраста. В уловах в заповеднике «Нургуш» средняя длина язя составляет 29 см, возрастной ряд включает 14 групп (т.к. в уловах отсутствуют особи 13 и 15 лет) от 1 года до 16 лет со средней длиной тела от 10 см в возрасте 1 года до 44 см в возрасте 16 лет. В выборке доминируют экземпляры со средней длиной 24–29 см в возрасте 3–7 лет.

Преобладание особей в возрасте от 3+ до 7+ может быть обусловлено тем, что заповедник является оптимальным местом для обитания и нереста язя, так как на его территории имеются обширные «поливы», которые наиболее пригодны для размножения данного вида. Во время половодья в озера «Нургуша» на нерест заходят язи из реки Вятки, часть из которых остается в водоемах заповедника. Осенью подросшие мальки по многочисленным протокам возвращаются обратно в Вятку.

Изучение ихтиофауны – одно из основных направлений научных исследований в заповеднике, поскольку его территория является источником пополнения рыбных запасов и сохранения видового разнообразия реки Вятки.

Литература

1. Филонов К. П., Нухимовская Ю. Д. Летопись природы в заповедниках СССР (методическое пособие). М.: Наука, 1985. 143 с.
2. Богданов В. Д., Большаков В. Н., Госькова О. А. Рыбы Среднего Урала: Справочник-определитель. Екатеринбург: Изд-во «Сократ», 2006. 208 с.
3. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.: Изд-во Ан СССР, Т. 1–3, 1948–1949.
4. Никольский Г. В. Экология рыб. М.: Высш. шк., 1974. 357 с.
5. Анисимова И. М., Лавровский В. В. Ихтиология: учеб. пособие для с-х вузов. М.: Высш. шк., 1983. 255 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ КЛЕТОЧНОГО ГОМЕОСТАЗА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ РЕАКЦИИ НА ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ (НА ПРИМЕРЕ ПОЛЕВКИ-ЭКОНОМКИ) С ТЕРРИТОРИИ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ

*А. Г. Кудяшева, Н. Г. Загорская
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kud@ib.komisc.ru*

Как известно, популяции животных представляют собой сложные саморегулирующие системы открытого типа, способные приспосабливаться к антропогенному загрязнению среды их обитания [1] на разных уровнях органи-

зации, в том числе на мембранном, клеточном и тканевом уровнях. Экспериментально доказанное в многочисленных исследованиях участие процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в регуляции метаболизма в норме и при действии повреждающих стрессовых факторов разной природы [2, 3], позволило предположить их важную роль в процессах адаптации животных к загрязнению окружающей среды радионуклидами. Установлено, что приобретение на клеточном уровне устойчивости к действию неблагоприятных факторов среды, выживаемость клетки при их воздействии обусловлена изменением количественных соотношений в структурах клеток индивидуальных фосфолипидов (ФЛ), играющих важную адаптивную роль в их функционировании, повышением активности и емкости различных антиоксидантных систем [4]. Целью данной работы явилось изучение влияния физико-химических характеристик липидов на взаимосвязь между показателями состава фосфолипидов печени полевок-экономок, отловленных в фазы спада и пика численности и обитавших в разных радиоэкологических условиях.

Объектом исследования была полевка-экономка (*Microtus oeconomus* Pall.), являющаяся наиболее многочисленным видом на радиоактивных участках с повышенным уровнем естественной радиоактивности в Республике Коми. Отлов животных проводили в один и тот же период (июль-август) на контрольном, радиевом и урано-радиевом участках. Радиационная обстановка на исследуемых участках представлена ранее [5]. Численность полевок определяли как количество отловленных зверьков на 100 ловушко-суток. В биохимическом анализе использованы в основном половозрелые сеголетки и перезимовавшие животные (год и старше). Всего проанализировано в фазы пика и спада численности – 144 полевки, из них 84-перезимовавших и половозрелых, 60 – неполовозрелых самцов и самок. Состав фосфолипидов (ФЛ) определяли в печени мышевидных грызунов. Разделение ФЛ на отдельные фракции осуществляли методом тонкослойной хроматографии. Содержание пероксидов в липидах определяли йодометрически. Определение содержания пероксидов и/или наличия пероксидной активности в ткани, подробно описаны в методике, приведенной в работе [6].

Прежде всего, следует отметить особенности антиоксидантного статуса липидов печени диких грызунов в отличие от лабораторных животных. У полевок-экономок, отловленных на контрольных (фоновых) территориях он в целом ниже, чем соответствующие величины антиокислительной активности (АОА) липидов у лабораторных животных и во многих случаях липиды обладают прооксидантными свойствами [6]. В фазе пика численности величины АОА липидов печени полевок-экономок с контрольного участка могут иметь положительные значения ($170 \pm 130 \text{ ч} \cdot \text{мл/г}$), в фазе депрессии эти показатели снижаются и имеют уже отрицательные значения ($-800 \pm 60 \text{ ч} \cdot \text{мл/г}$), свидетельствующие о более высокой ненасыщенности липидов антиоксидантами. Особенностью протекания процессов ПОЛ, к которым можно отнести также наличие пероксидов и антипероксидной активности в разные фазы численности. У полевок урано-радиевого участка в пик численности отмечали содер-

жание только антипероксидной активности, в год спада численности количественное содержание пероксидов в липидах печени грызунов было низким на всех исследуемых участках. Полученные данные подтверждаются ранними исследованиями на этих территориях, которые свидетельствуют о том, что липиды печени диких мышевидных грызунов могут обладать прооксидантной активностью [7], что связано с обеднением липидов антиоксидантами и высокой степенью ненасыщенности липидов.

Известно, что соотношения между обобщенными показателями липидного обмена ЛОФЛ/ТОФЛ и ФХ/ФЭ являются определяющими в структурном состоянии мембранной системы органа [8]. Корреляционный анализ, проведенный между обобщенными показателями состава фосфолипидов печени полевых экономок, обитающих на участках с различным уровнем гамма фона, обнаружил у полевых радиового участка наличие высокой отрицательной направленности взаимосвязей показателей, как в фазе пика численности, так и спада. Подобная обратная зависимость между данными величинами существует и у животных контрольного участка, что свидетельствует о наличии в липидах печени пероксидов у всех полевых исследуемых участков. Сравнение коэффициента корреляции данной взаимосвязи по участкам выявило наличие более высоких уровней значимости показателя у полевых на радиовом участке независимо от фазы численности. Влияние физико-химических характеристик липидов изменяло также масштаб взаимосвязи между обобщенными показателями состава ФЛ, что можно судить по значениям коэффициентов линейной регрессии. Так при спаде численности рост коэффициента корреляции по мере загрязненности участка сопровождался увеличением коэффициента линейной регрессии в 2,2 раза, в то время как на пике происходило обратное: коэффициент линейной регрессии на радиовом участке был ниже контрольных значений в 1,8 раза. Степень ненасыщенности липидов оказывает влияние и на взаимосвязь между основными и минорными фракциями фосфолипидов печени полевых-экономок. Анализ корреляционных взаимосвязей между отдельными фракциями состава фосфолипидов печени полевых показал также устойчивые обратные корреляционные зависимости между ФХ – ЛФХ и ФХ – СМ. Обращает внимание, что на пике численности эти взаимосвязи, как правило, носят более выраженный характер (уровни значимости коэффициентов корреляции выше) как у полевых контрольного, так и радиового участков. При этом следует отметить увеличение коэффициента линейной регрессии взаимосвязей между ФХ-ЛФХ, ФХ-СМ в среднем в 3–3,6 раза в липидах печени полевых с радиового участка в фазе спада численности по сравнению с годом высокой численности, что свидетельствует об изменении масштаба исследуемых взаимосвязей. Увеличение коэффициента корреляции между сравниваемыми фракциями фосфолипидов происходит по мере загрязненности участка, наблюдаемые в обе фазы численности (пика и спада). При этом более высокие значения коэффициентов корреляции найдены на радиовом стационаре.

Исходя из полученных результатов следует отметить, что уровень степени ненасыщенности липидов печени полевок, оказывает влияние на взаимосвязь между обобщенными показателями состава ФЛ и отдельными показателями ФЛ. Наличие обратной корреляции и увеличение коэффициента линейной регрессии взаимосвязи между ФХ-ЛФХ, отмеченное в липидах печени полевок с радиевого участка в фазе спада численности, указывает на более выраженные процессы образования лизоформ фосфолипидов преимущественно за счет снижения доли ФХ и нарушения процесса его синтеза, т.е. при достаточно высокой ненасыщенности липидов и изменение масштаба этих взаимосвязей. Образующиеся пероксиды и лизоформы фосфолипидов в процессе окисления, обладая детергентными свойствами, способны вызвать дезорганизацию липидного бислоя, могут приводить к лизису клеток [9]. Обнаруженные в годы спада и депрессии более низкие значения АОА липидов печени у полевок всех исследуемых участков, свидетельствуют об обеднении липидов антиоксидантами. В фазу спада численности в печени полевок радиевого участка является характерным одновременное наличие содержания пероксидов и антипероксидной активности, которые по своим значениям все-таки гораздо меньше, чем в год пика численности. Следовательно, степень ненасыщенности липидов может также оказывать влияние на взаимосвязь между отдельными показателями фосфолипидов, влияя на процессы деградации и биосинтеза фосфолипидов в печени полевок. Таким образом, проведенный сравнительный биохимический анализ позволил установить зависимость характера и направленности взаимосвязей между различными параметрами состава фосфолипидов от физико-химических характеристик липидов печени полевок. Эти различия могут зависеть от фазы популяционного цикла, активности участка обитания полевок, выраженность которых обусловлена исходным состоянием параметров ПОЛ и степенью ненасыщенности липидов в исследуемой ткани. Техногенное радиоактивное загрязнение среды обитания у полевок радиевого и урано-радиевого участков способствует модификации свойств липидного бислоя клеточных мембран печени, изменяет их физико-химические свойства, нарушает в некоторых случаях взаимосвязь между скорректированными в норме показателями и обеспечивают на клеточном уровне процессы адаптации. Выявленные особенности системы регуляции ПОЛ и их взаимосвязей в печени полевок-экономок, обитающих в условиях хронического действия повышенного уровня естественной радиоактивности, не являются строго специфичными и характерными для воздействия не только радиационной природы. Наиболее выраженные изменения большинства из изученных показателей обнаружены в печени полевок радиевого участка, который характеризуется средним уровнем радиоактивного загрязнения. Выявленные устойчивые и однотипные взаимосвязи между отдельными показателями состава фосфолипидов и зависимость этих взаимосвязей от исходных физико-химических характеристик липидов печени позволяет прогнозировать последствия обитания мышевидных грызунов на территориях, загрязненных тяжелыми естественными радионуклидами. Длительное обитание полевок на

участках, загрязненных тяжелыми естественными радионуклидами, приводит к изменению масштаба взаимосвязей между содержанием фосфолипидов в составе общих липидов и/или долей лизоформ фосфолипидов, способностью липидов к окислению и отношением основных фракций фосфолипидов, свидетельствует об отсутствии линейной зависимости изменения исследованных параметров от уровня загрязненности участка обитания полевых радионуклидами, фазы численности животных, вызывая при этом дисбаланс биохимических функций в печени.

Исследования поддержаны грантом Президиума УрО РАН № 15-4-4-20.

Литература

1. Шилова С. А. Популяционная организация млекопитающих в условиях антропогенного воздействия // Успехи современной биологии. 1999. Т. 119. № 5. С. 487–503.
2. Барабой В. А., Орел В. Э., Карнаух И. М. Перекисное окисление и радиация. Киев, 1991. 256 с.
3. Зенков Н. К., Ланкин В. З., Меньшикова Е. Б. Окислительный стресс. Биохимические и патофизиологические аспекты. МАИК. Наука / Интерпериодика. М., 2001. 343 с.
4. Текучесть мембраны в биологии: концепция мембранной структуры / Под ред. З. Элойф. Киев: Наук. Думка, 1989. 313 с.
5. Кудяшева А. Г., Шишкина Л. Н., Шевченко О. Г., Башлыкова Л. А., Загорская Н. Г. Биологические эффекты радиоактивного загрязнения в популяциях мышевидных грызунов. Екатеринбург, УрО РАН, 2004. 214 с.
6. Шевченко О. Г., Загорская Н. Г., Шишкина Л. Н. Взаимосвязь состава фосфолипидов и физико-химических характеристик в тканях полевки-экономки *Microtus oeconomus* Pall. разного возраста // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2010. Т. 43. С. 297–303.
7. Shishkina L. N., Kudiasheva A. G., Zagorskaia N. G., Taskaev A. I. Influence of radioactive pollution on the character of the distribution of wild mouse-like rodents according to the measure of lipid antioxidant activity in their organs // Радиационная биология. Радиэкология. 1998. Т. 38. № 6. С. 924–935.
8. Грибанов Г. А. Особенности структуры и биологическая роль лизофосфолипидов // Вопросы медицинской химии. 1991. Т. 37. № 4. С. 2–10.
9. Wang A., Dennis E. A. Mammalian lysophospholipases // Biochim Biophys Acta. 1999. 1439. P. 1–16.

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ КИРОВСКОГО ГОРОДСКОГО ЗООЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ

А. П. Нуртдинова, Е. В. Рябова

Вятский государственный университет, anna.nurtdinowa@yandex.ru

До 2005 г. в г. Кирове не было специализированного зоологического музея, доступного всему населению города и области. Идея его создания вынашивалась более 20 лет и только благодаря активному содействию администрации г. Кирова и лично мэра В. А. Киселёва она осуществилась.

Открытие музея состоялось 20 августа 2005 г. в здании Дома культуры «Россия» Нововятского района. Музей создан на базе личной коллекции ор-

нитолога В. Н. Сотникова, которую он собирал с 1986 г. в различных регионах России и республик СССР (СНГ): на Камчатке, Командорских островах, в Приморском крае, Туве, Туркменистане, Таджикистане, Казахстане, Украине [1].

Кировский городской зоологический музей выполняет большое количество различных функций: хранение музейных предметов и музейных коллекций, выявление, собирание и публикация музейных предметов и музейных коллекций, осуществление просветительной и образовательной деятельности [2]. Также одной из важных функций является научно-исследовательская деятельность – музей предоставляет специалистам материал для изучения морфологических, физиологических особенностей и экологии высших позвоночных животных.

Для получения точных результатов исследований нужны не только материалы, но и информация к ним. На каждый экспонат требуется наличие таких данных, как: уникальный регистрационный номер; отряд, семейство, вид и подвид особи; дата сбора; локалитет; возраст и пол; морфометрические показатели, коллектор. В музее в настоящее время насчитывается около 10000 экспонатов птиц, 2500 млекопитающих, 800 рептилий и амфибий и 450 рыб.

Все эти данные записаны в рукописных каталогах, когда коллекция была еще частной, что осложняет работу с ними. Они достаточно старые – из них уже начали выпадать страницы, которые приобрели неприятный желтый оттенок. Рукописи достаточно громоздки по размерам – количество страниц в каждом каталоге более 100, они занимают много места. Также они постоянно обновляются и в некоторых из них уже не хватает места для новых записей, из-за чего приходится вкладывать или приклеивать листки. Помимо этого, подобные рукописные каталоги в наше время не соответствуют требованиям современных музеев и музейной этике. Поэтому было принято решение перевести рукописный вариант каталогов в электронный.

Первый этап перевода каталогов в электронный вид заключался в перенесении данных из рукописных каталогов в цифровой документ формата Word. Для первого этапа этот вариант был удобен по той причине, что создание таблиц в программе Microsoft Word не требует знаний программирования и из данного формата цифрового документа можно переносить в любой другой формат. Но как окончательный вариант, цифровой документ Word не подходит. Он не особо удобен для поиска определенных экспонатов, а также их нельзя отсортировать по какому-либо типу данных – к примеру, по локалитету или по возрасту. Помимо этого, документы формата Word неудобны для хранения большого количества информации из-за того, что программа, когда количество страниц в документе превышает около 30, начинает давать сбой и работать с документом становится неудобно. В настоящее время мы находимся на данном этапе формирования базы данных.

Второй этап формирования баз данных – это перевод данных из документов формата Word в формат Excel. Microsoft Excel – также не требует специальных знаний в программировании, но начальные умения необходимы –

данная программа имеет ряд особенностей, которые создают сложности в работе с ней. Но при этом у нее есть большое преимущество перед документами формата Word. В данной программе можно создавать фильтры, что позволяет отсортировать данные по определенным параметрам – это значительно упрощает поиск информации. Например, распределение в виде особей по полу или дате сбора. Также в одном документе проще искать виды – ибо в семействе каждому виду можно создать отдельную страницу. Также программа Microsoft Excel не дает сбой при работе с большим количеством данных. Поэтому после завершения переноса рукописных каталогов в Word мы планируем перевести данные из документов формата Word в формат Excel.

Помимо программы формата Excel есть второй возможный вариант перевода из формата документов Word в формат Microsoft Access. Особенность данной программы заключается в том, что она создана для управления базами данных. В ней есть функция, которая позволяет писать приложения для работы с базами данных. В ней также присутствуют фильтры, и помимо этого – эта программа удобна в связи с тем, что можно назначить столбец с регистрационным номер ключевым, в связи с чем данные в них не будут повторяться. Это упрощает задачу при обновлении базы данных и исключает случай того, что два разных экспоната будут из-за человеческого фактора иметь один и тот же регистрационный номер. Но в большом отличие от Microsoft Excel данная программа уже требует определенных знаний в программировании и будет сложна в обращении для музейных сотрудников без специального образования. Процесс создания каталогов очень трудоемок – он требует внимательности и умения работать с большим количеством информации.

Данная работа имеет важное значение не только для Кировского городского зоологического музея. Перевод каталогов в электронный формат значительно упрощает процесс обмена информацией между научными учреждениями и специалистами. Таким образом, создание электронных баз данных (каталогов музейных коллекций) вносит определенный вклад в изучение зоологии и экологии животных.

Литература

1. 50 лет Нововятск. Киров, 2005. С. 90.
2. Устав муниципального казенного учреждения «Кировский научно-естественный музей». Рукопись. Киров, 2011.

СОСТОЯНИЕ ОРГАНОВ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ МЫШЕЙ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКДИСТЕРОИДОВ СЕРПУХИ ВЕНЦЕНОСНОЙ

О. В. Раскоша

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, raskosha@ib.komisc.ru
Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина*

Одним из наиболее эффективных способов повышения резистентности организма к антропогенным воздействиям окружающей среды является применение биологически активных веществ растительного происхождения, способных повышать общую неспецифическую реакцию организма, стимулируя его защитные реакции в ответ на действие стрессовых факторов разной природы. В настоящее время большой практический интерес представляют фитозекдистероиды – полигидроксилированные стерины, структурно идентичные или подобные гормонам линьки насекомых [1]. В научной литературе появляется все больше данных о механизмах физиологического действия фитозекдистероидов на организм животных [2–6]. Однако, сведений о влиянии препаратов растительного происхождения на органы эндокринной системы, которой принадлежит важная роль в повышении устойчивости организма к неспецифическому действию факторов разной природы, отрывочны и немногочисленны [7, 8].

В данной работе представлены результаты исследований структуры коры надпочечников и щитовидной железы белых беспородных мышей после перорального введения в разных дозах препарата Серпистен, содержащего экдистероиды растительного происхождения. Препарат Серпистен, полученный из надземной части растений серпухи венценосной (*Serratula coronata* L.) в лаборатории биохимии и биотехнологии растений Института биологии Коми НЦ УрО РАН, представляет собой смесь экдистероидов, содержащий 20-гидроксиэкдизон (80%), 25S-инокостерон (11%), экдизон (5%) и другие фракции экдистероидов, находящиеся в следовых количествах [4].

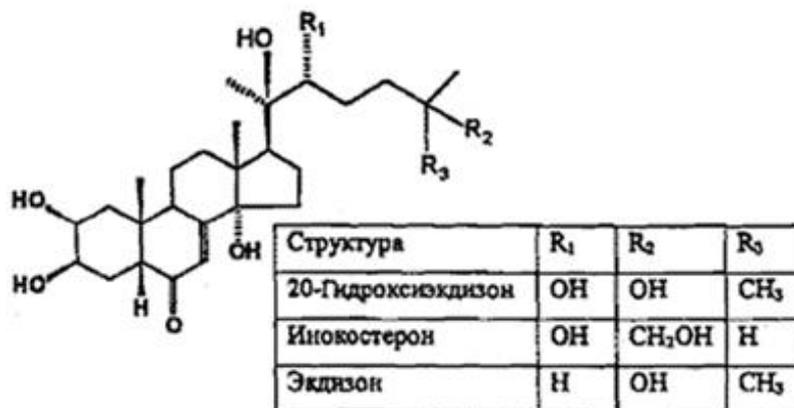


Рис. Структура фитозекдистероидов, обнаруженных в надземной части серпухи венценосной [4]

Эксперимент проведен на половозрелых самцах белых беспородных мышах, средней массой $26,4 \pm 1,1$ г, которые получены из вивария экспериментальных животных Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Животных опытных групп поили в течение 10 сут Серпишеном (водный раствор) в дозах 5 и 50 мг/кг массы тела. Контрольные зверьки пили чистую воду. После декапитации животных извлеченные органы подвергали стандартной гистологической обработке, надпочечники окрашивали гематоксилин – эозином, а щитовидные железы – реактивом Шиффа и гематоксилином Карачи. При морфометрическом анализе в щитовидной железе определяли объемные плотности коллоида, фолликулярного эпителия, экстрафолликулярных клеток, стромы и измеряли средний диаметр фолликулов, в надпочечниках проводили измерение ширины общей коры, клубочковой, пучковой и сетчатой зон.

Полученные результаты показали, что после введения животным Серпишена в дозе 5 мг/кг в щитовидной железе статистически значимо возростала объемная плотность коллоида (табл. 1), после увеличения дозы вводимого препарата различия с контролем были статистически не значимы, хотя тенденция к увеличению сохранялась. Остальные структурные компоненты тиреоидной ткани статистически значимо от контроля не отличались. Щитовидная железа – железа запаса, и именно в коллоиде происходит резервирование тиреоидных гормонов и их предшественников. По данным литературы, увеличение количества коллоида является одним из признаков понижения функциональной активности тиреоидной ткани, однако следует отметить, что размеры фолликулов у опытных групп были в пределах контрольных значений, что может косвенно свидетельствовать скорее об увеличении количества структурных единиц в тиреоидной ткани, чем об увеличении их размеров. Ране было показано, что употребление половозрелыми животными в течение 14 сут кормов, содержащих порошок надземной массы серпухи венценосной (0,5% от массы корма) статистически значимого не повлияло на уровень в сыворотке крови ТТГ, T_3 и T_4 [9]. Цитогенетическое исследование тироцитов после введения животным Серпишена в пределах исследуемых доз свидетельствовало об отсутствии мутагенного действия Серпишен на клетки фолликулярного эпителия щитовидной железы в условиях проведенного эксперимента: частота встречаемости микронуклеированных тироцитов у опытных животных соответствовала контрольным значениям.

Таблица 1

Объемные плотности структурных компонентов щитовидной железы мышей после действия Серпишена в разных дозах (%)

Группы	Контрольная	5 мг/кг	50 мг/кг
Коллоид	$57,2 \pm 1$	$61,4 \pm 0,9^*$	$58,8 \pm 1$
Фолликулярный эпителий	$37,9 \pm 0,9$	$35,1 \pm 0,9$	$35,9 \pm 0,8$
Экстрафолликулярные клетки	$2,5 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,3$	$3,1 \pm 0,4$
Строма	$2,2 \pm 0,4$	$2,2 \pm 0,4$	$2,2 \pm 0,5$

Различия с контролем статистически значимы при $*p \leq 0,05$.

Изучение морфологического состояния надпочечниковой железы после введения животным Серпистена в обеих дозах позволило выявить увеличение размеров общей коры по сравнению с показателями контрольных зверьков в среднем на 11% ($p < 0,001$) (табл. 2), что происходило за счет статистически значимого расширения пучковой и сетчатой зон коры. Размеры клубочковой зоны в обеих опытных группах были ниже нормы ($p < 0,001$). Надпочечник – железа быстрого реагирования, поэтому при воздействии на организм факторов разной природы, границы между зонами смещаются, и может наблюдаться расширение одних зон за счет сужения других. Увеличение размеров пучковой зоны указывает на напряженную деятельность клеток, обеспечивающую интенсивный синтез глюкокортикоидов, которым принадлежит важная роль в поддержании организмом гомеостаза [10]. Расширение сетчатой зоны может свидетельствовать об усиленной продукции стероидных гормонов, основным из которых является дегидроэпиандростерон-сульфат (ДЭАС), назначение которого состоит в обеспечении оптимального течения адаптационного процесса, обеспечивающего стрессоустойчивость организма [11]. Данные морфометрического анализа в целом подтверждаются результатами исследования функциональной активности органа. Содержание гормонов, синтезируемых пучковой и сетчатой зонами у животных, получавших Серпистен в дозе 5 мг/кг, статистически значимо превышали контрольные значения, при этом уровень альдостерона, синтезируемый клубочковой зоной, достоверно от нормы не отличался [12]. Следует отметить, что в настоящее время кортико-стероидные гормоны рассматривают в качестве основных негенетических агентов, действующих, тем не менее, на уровне генома через специфические цитозольные рецепторы и осуществляющих так называемое «программирование» физиологических систем [13].

Таблица 2

**Морфометрические показатели коры надпочечников мышей
после действия Серпистена в разных дозах (мкм)**

Группы	Контрольная	5 мг/кг	50 мг/кг
Кора	272,4±3,2	304,8±4,0***	300,0±3,6***
Клубочковая зона	63,6±0,8	50,0±1,6***	45,2±1,6***
Пучковая зона	144,8±2,8	167,2±5,2***	162,0±3,6**
Сетчатая зона	81,2±2,4	87,2±3,6	92,4±3,6*

Различия с контролем статистически значимы при * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ и *** $p \leq 0,001$.

Таким образом, изменение структуры коры надпочечников после действия Серпистена в обеих дозах свидетельствует о чувствительности этого органа и о возможности использования его показателей в качестве индикаторов при воздействии природных адаптогенов. Более выраженная реакция на введение анализируемого препарата адреналовой ткани по сравнению с тиреоидной тканью объяснима тем, что надпочечниковая железа, относится к железам быстрого реагирования и выделение в кровь гормональных продуктов в этом случае осуществляется непосредственно после их синтеза. Увели-

чение размеров пучковой и сетчатой зон в коре надпочечника предполагает повышенную секрецию гормонов, участвующих в реакциях адаптации организма. Функция щитовидной железы заключается не только в управлении срочными адаптивными реакциями, но и в переходе от срочной адаптации к долговременной, что требует поддержания определенной резистентности органа, которая и проявлялась в условиях проведенного эксперимента.

Работа выполнена в рамках государственного задания (№ гос. регистрации 115012860038).

Литература

1. Lafont R, Dinan L. Practical uses for ecdysteroids in mammals including humans: an update // *Journal of Insect Science*. 2003. V. 3. 30 p.

2. Моисеенко Н. А., Иванкова Ж. Е., Цветкова А. С. Влияние 20-гидроксиэкдизона на свойства компонентов красной крови крыс через 24 часа после инъекции // *Радиоэкологические и биологические последствия низкоинтенсивных воздействий*. Сыктывкар, 2003. № 172. С. 242–256. (Тр. Коми науч. центра УрО РАН).

3. Пчеленко Л. Д., Метелкина Л. Г., Володина С. О. Адаптогенный эффект экдистероидсодержащей фракции *Serratula coronata* L. // *Химия растительного сырья*. 2002. № 1. С. 69–80.

4. Фитоэкдистероиды / Под ред. В. В. Володина. СПб.: Наука, 2003. 293 с.

5. Володин В. В., Сыров В. Н., Хушбактова З. А. и др. Стресс-протекторное действие экдистероидсодержащей субстанции Серпистен // *Теоретическая и прикладная экология*. 2012. № 1. С. 18–24.

6. Кудяшева А. Г., Андреева Л. И., Володин В. В., Володина С. О. Биохимические параллели клеточных адаптивных реакций при хроническом низкоинтенсивном облучении и действии фитоэкдистероидного препарата серпистен // *Радиац. биология. Радиоэкология*. 2015. № 1. С. 43–50.

7. Саратиков А. С. Золотой корень (Родиола розовая). 2-е изд. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1974. 155 с.

8. Тодоров И. Н., Митрохин Ю. И., Ефремова О. И. и др. Влияние экдистерона на биосинтез белков и нуклеиновых кислот в органах мышей // *Химико-фармацевтический журнал*. 2000. Т. 34. № 9. С. 3–5.

9. Раскоша О. В. Влияние надземной массы серпухи венценосной и семян пажитника на гормональный статус мышей // *Закономерности функционирования природных и антропогенно трансформированных систем: Матер. Всерос. науч. конф. (22–23 апреля 2014 г.)*. Киров, 2014. С. 238–239.

10. Артишевский А. А. Надпочечные железы. Строение, функции, развитие. Минск: Беларусь, 1977. 127 с.

11. Обут Т. А., Овсякова М. А., Черкасова О. П. Влияние дегидроэпиандростерон-сульфата на стресс-реактивность, опосредуемое μ -опиатными рецепторами // *Эндокринная регуляция физиологических функций в норме и патологии: Тезисы докл. Новосибирск*, 2002. С. 102.

12. Раскоша О. В., Башлыкова Л. А., Ермакова О. В. Биологические эффекты фитоэкдистероидов и ионизирующего излучения в малых дозах // *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2010. № 4. С. 1–9.

13. Ордян Н. Э., Пивина С. Г., Акулова В. К. и др. Влияние пренатального стресса на активность гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы крыс: роль глюкокортикоидных рецепторов мозга // *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. СПб.: Наука, 2006. Т. 92. № 9. С. 1100–1110.

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ НА МЫШАХ ЛИНИИ Af

О. В. Раскоша^{1,2}, Л. А. Башлыкова¹

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

² *Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина*

Выявление особенностей биологического действия ионизирующего излучения (ИИ) уже длительное время остается в центре внимания современной радиобиологии и радиоэкологии. И прежде всего это связано с проявлением нелинейности на кривых доза-эффект в области малых доз радиации, что не позволяет получить законченного представления о закономерностях реакции клеток и организмов на воздействие факторов низкой интенсивности. В рамках этой проблемы особого внимания заслуживают результаты изучения ответных реакций органов и тканей, обладающих разной пролиферативной активностью, в частности костного мозга и щитовидной железы. Известно, что костный мозг относится к наиболее радиочувствительным органам с быстрым темпом пролиферации, поэтому даже при сравнительно небольшом облучении организма в его клетках обнаруживаются генетические нарушения. При длительном радиационном воздействии также нам представляется перспективным исследование ответной реакции щитовидной железы, в норме состоящей преимущественно из медленно обновляющихся клеточных популяций. Цель данной работы состояла в оценке физиологического состояния животных, процессов размножения и степени поврежденности генома клеток костного мозга и щитовидной железы у мышей линии Af после хронического γ -облучения в области малых доз.

Эксперименты проведены на мышях линии Af из научной Коллекции экспериментальных животных ФГБНУ ИБ Коми НЦ УрО РАН (<http://www.ckp-rg.ru/usu/471933/>). Животные в возрасте трех месяцев были подвергнуты γ -облучению от двух источников ^{226}Ra в течение 29, 56 и 84 суток, при средней мощности экспозиционной дозы 150 мкГр/ч, с учетом этого суммарные поглощенные дозы в опытных группах составили 10, 20 и 30 сГр, соответственно. Контрольные животные находились в идентичных условиях при нормальном уровне γ -фона (0,15 мкГр/ч). Для определения физиологического состояния организма применяли метод морфофизиологических индикаторов [1]: определяли массу тела зверьков, вычисляли индексы селезенки, печени и семенников. Для изучения процессов размножения облученных самцов спаривали с облученными самками во всех опытных группах, семьи формировали из расчета один самец на одну-две самки. Одновременно с соответствующими опытными группами в идентичных условиях были посажены на размножение животные контрольных групп. Декапитацию мышей проводили через четыре месяца после прекращения облучения с последующим взятием у самцов материала для цитогенетических исследований клеток щитовидной железы, костного мозга и половых клеток. В клетках костного мозга и щито-

видной железы с помощью флуоресцентного микроскопа «Axioscop A1» («CarlZeiss», Jena) подсчитывали число клеток с микроядрами (МЯ), в костном мозге на этих же препаратах анализировали митотический индекс (МИ) и долю клеток, элиминирующих по пути апоптоза (500–1000 клеток на препарат) [2–3]. Двунитевые разрывы ДНК (ДР ДНК) определяли по методу «ДНК-комет» в нейтральной версии рН с применением программы «CometScore Pro» («TriTekCorp.», США), на слайде обрабатывали не менее 50–100 «комет» на одно животное. Рассчитывали среднее значение %TDNA, отражающее процент ДНК в «хвосте кометы», вычисляли частоту клеток с неповрежденной и/или низко фрагментированной ДНК (диапазон 0–10% TDNA) и с высоко фрагментированной ДНК (имеющие более 40% ДНК в «хвосте кометы»). Частоту нарушений в половых клетках самцов определяли по частоте аномальных головок спермиев (АГС) на 500 клеток под световым микроскопом (Micros, Austria). Достоверность различий между опытными и контрольными группами оценивали по t-критерию Стьюдента, статистически значимыми считали различия при * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ и *** $p < 0,001$. Так как между разными контрольными группами животных статистически значимые различия не обнаружены, поэтому в табл. 2 и далее приведены значения общего контроля (Контроль).

Результаты исследования. Метод морфофизиологических индикаторов, примененный нами для определения физиологического состояния организма, не показал статистически значимых различий между индексами разных органов у животных после радиационного воздействия в диапазоне доз 10–30 сГр и контрольными группами мышей (табл. 1).

Таблица 1

**Морфофизиологические показатели мышей линии Af
после хронического γ -облучения**

Группы животных	Количество животных	Масса животных, г	Индексы		
			селезенки	печени	семенников
10 сГр	5	31,1±1,9	5,1±0,4	44,5±1,8	2,9±0,2
Контроль к 10 сГр	6	27,7±1,2	5,9±0,5	49,4±1,6	3,4±0,1
20 сГр	6	27,3±0,6	5,3±0,5	46,5±2,3	3,2±0,1
Контроль к 20 сГр	5	24,4±0,7	7,3±1,5	49,9±3,1	3,3±0,1
30 сГр	11	27,6±1,0	6,4±0,8	44,9±0,9	3,4±0,1
Контроль к 30 сГр	7	27,3±1,8	6,4±0,8	48,2±2,1	3,2±0,1

Одной из основных характеристик, определяющих жизнеспособность особей, является способность к воспроизводству. В условиях поведенного эксперимента частота цитогенетических нарушений, выявляемых по количеству АГС в половых клетках облученных самцов (во всех опытных группах) была в пределах нормы. При изучении процессов размножения у самок обнаружено, что хроническое воздействие ИИ вызывало статистически значимое увеличение числа рожденных детенышей на самку (после облучения во всех дозах) и числа детенышей в помете (после доз 20 и 30 сГр) (табл. 2).

**Показатели размножения самок и частота АГС у самцов мышей
линии Af после хронического γ -облучения**

Показатель	Облучение			
	Контроль	10 сГр	20 сГр	30 сГр
Число пометов на самку	1,1±0,2	1,4±0,3	1,1±0,2	1,1±0,1
Число детенышей в помете	4,1±0,3	4,7±0,3	6,1±0,8*	6,0±0,4**
Число детенышей на самку	4,3±0,5	6,5±0,9*	6,9±0,4***	6,5±0,6**
Частота АГС (%)	2,6±0,2	3,3±0,4	2,6±0,3	2,2±0,2

По данным литературы стимуляция интенсивности размножения является компенсацией высокой эмбриональной и постэмбриональной смертности, сокращения продолжительности жизни, и других отрицательных эффектов [4]. Результаты проведенного эксперимента позволили выявить повышение на 21,8% и 12,8% смертности детенышей (в первые сутки жизни), рожденных от родителей, облученных в дозах 20 и 30 сГр, чего не наблюдали после дозы 10 сГр и в контроле. Отметим, что до окончания эксперимента (возраст животных 10 месяцев) и в контрольных и в опытных группах доживало меньше самок, чем самцов (рис.), что, можно объяснить дополнительными энергетическими затратами, связанными с вынашиванием и выкармливанием детенышей. При этом, число самок, доживших до анализируемого срока, было максимальным после облучения в дозе 20 сГр.

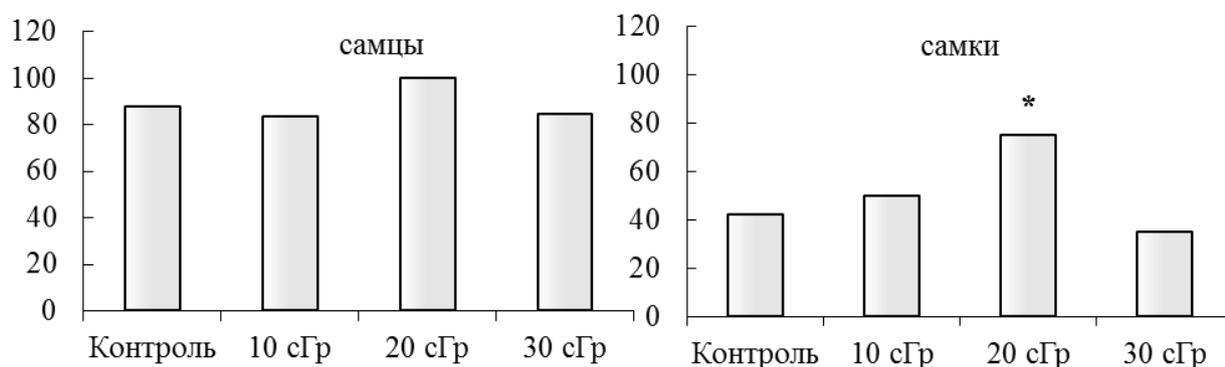


Рис. Число животных (%) в возрасте 10 месяцев
(на момент окончания эксперимента)

Микроядерный тест показал, что через четыре месяца после хронического γ -облучения мышей в диапазоне доз 10–30 сГр частота клеток с МЯ в костном мозге и щитовидной железе была в пределах значений характерных для контрольных животных (табл. 3). В ответ на действие ИИ в костном мозге было обнаружено статистически значимое понижение относительно нормы элиминации клеток по пути апоптоза (во всех опытных группах) и уровня МИ (после доз 10 и 20 сГр). С помощью метода «ДНК-комет» обнаружено снижение значения %TDNA для клеток костного мозга животных, облученных в дозе 30 сГр, относительно контроля (табл. 4). Средние значения %TDNA у мышей, облученных в дозах 10 и 20 сГр, были в пределах нормы. Однако,

примененный нами метод ранжирования клеток по классам в зависимости от степени фрагментации ДНК в «хвосте кометы» позволил выявить различия с контролем в клетках костного мозга животных во всех опытных группах, причем направленность изменений зависела от дозы воздействия. Так, после облучения мышей в дозе 30 сГр число клеток с неповрежденной и/или низко фрагментированной ДНК было в два раза ($p < 0,001$) выше по сравнению с контролем, что может свидетельствовать об активации систем репарации ДНК в ответ на действие ИИ в этой дозе. В костном мозге животных, облученных в дозе 10 сГр, наоборот, количество таких клеток было снижено (в 1,7 раза; $p < 0,001$). После облучения мышей в дозе 20 сГр уменьшалась частота встречаемости клеток с высоко фрагментированной ДНК (в 3 раза; $p < 0,001$). В фолликулярном эпителии щитовидной железы животных после облучения в дозах 20 и 30 сГр обнаружено снижение более чем в 1,5 раза частоты встречаемости клеток с высоко фрагментированной ДНК. Это повлияло на уменьшение средних значений содержания %ДНК в «хвосте кометы» (20 сГр; $p \leq 0,01$). Число клеток, в которых ДНК находилось вблизи «головы кометы» (1–10%TDNA), соответствовало пределам значений характерных для необлученных животных (во всех опытных группах).

Таблица 3

**Цитогенетические показатели клеток мышей линии Af
после хронического γ -облучения(в %)**

Облучение	Щитовидная железа МЯ	Костный мозг МЯ	Костный мозг МИ	Костный мозг Апоптоз
Контроль	8,0±1,5	22,7±1,2	6,9±0,6	8,1±0,6
10 сГр	4,5±1,2	21,8±2,1	4,2±0,6*	1,6±0,5***
20 сГр	6,8±1,2	21,9±1,7	4,1±0,7*	2,7±0,6***
30 сГр	9,0±1,0	21,4±0,5	7,3±0,3	6,2±0,2*

Таблица 4

**Результаты метода «ДНК-комет» клеток мышей линии Af
после хронического γ -облучения**

Облучение	Щитовидная железа			Костный мозг		
	%TDNA	0- 10%TDNA	41- 100%TDNA	%TDNA	0- 10%TDNA	41- 100%TDNA
Контроль	31,7±1,0	18,6±1,1	33,3±1,3	23,3±0,3	13,1±0,8	5,7±0,6
10 сГр	31,9±1,0	19,3±1,9	34,7±2,3	24,6±0,4	7,6±1,1***	4,0±0,8
20 сГр	27,7±0,8*	19,7±1,8	17,4±1,7***	23,2±0,4	13,7±1,4	3,1±0,7**
30 сГр	30,4±1,0	16,8±2,0	21,3±2,2***	19,6±0,5*	27,9±1,8** *	6,3±1,0

Примечание: %TDNA – среднее значение ДНК в «хвосте кометы»; 0–10%TDNA – процент клеток с неповрежденной и/или низко фрагментированной ДНК; 41–100%TDNA – процент клеток с высоко фрагментированной ДНК.

Таким образом, результаты, полученные на мышах линии Af, показали, что эффективность хронического воздействия ИИ в малых дозах (10–30 сГр),

при внешнем физиологическом благополучии животных, проявлялась преимущественно на молекулярном уровне, что выражалось в изменении фрагментации ДНК в соматических клетках. Более выраженная ответная реакция была характерна для генома клеток костного мозга – органа с высокой пролиферативной активностью. На организменном уровне при изучении процессов размножения после хронического воздействия ИИ обнаружено повышение показателей плодовитости у самок мышей, что, может являться компенсацией повышенной смертности особей. При выявлении биологических эффектов в области малых доз ИИ оптимальным является применение методов исследования на разных уровнях структурной организации, в том числе и на органах с различной пролиферативной активностью.

Работа частично поддержана грантом Президиума УрО РАН № 15-4-4-20.

Литература

1. Шварц, С. С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных / С. С. Шварц, В. С. Смирнов, Л. Н. Добринский // Труды ИЭРиЖ. 1968. 387 с.

2. Раскоша, О. В. Генетические эффекты в соматических клетках мышей, подвергнутых хроническому гамма-облучению в малых дозах, и у их потомков / О. В. Раскоша, Л. А. Башлыкова // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 4(28). С. 55–59.

3. Раскоша, О. В. Анализ репродуктивной способности и цитогенетические эффекты в щитовидной железе у животных после хронического воздействия ионизирующего излучения в малых дозах / О. В. Раскоша, О. В. Ермакова // Вопросы радиационной безопасности. 2016. № 1. С. 55–62.

4. Таскаев, А. И. Эколого-генетический мониторинг мышевидных грызунов из популяций, подвергшихся хроническому облучению / А. И. Таскаев, Л. А. Башлыкова, В. Г. Зайнуллин // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. № 5. С. 560–571.

СОСТАВ ЗИМНЕЙ ОРНИТОФАУНЫ МИКРОРАЙОНА РАДУЖНЫЙ г. КИРОВА

В. М. Рябов

Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru

Наблюдения за зимующими птицами на территории микрорайона Радужный проводили с ноября 2016 по март 2017 гг. Отмечали видовой состав, места скоплений, особенности поведения и общее изменение численности в течение зимнего сезона. Учет численности (относительной численности) не проводили.

Микрорайон Радужный (бывший пгт. Радужный) представляет собой изолированный жилой массив и промышленную зону (АО «Кировский ССК», ПСК «Перспектива»). Жилая застройка представлена преимущественно 5 и 3-х этажными домами. На расстоянии от 100 до 400 м со всех сторон микрорайон окружают леса (преимущественно еловые), чередующиеся с дачными поселками и необрабатываемыми полями. На территории микрорайона распо-

ложен фрагмент смешанного (березово-елового) леса общей площадью 1,5 га, часть которого в августе 2016 г. была преобразована в «Сквер 40-летию Радужного» (местное название «Мишкин лес»). На всей территории имеются древесно-кустарниковые насаждения (преимущественно: береза, тополь, лиственница, дикая яблоня, рябина, сирень). Преобладающий возраст посадок 30–40 лет. Урожай рябины, дикой яблони, березы, ели, клена американского в 2016 г. в микрорайоне оценен в 5 баллов.

Таким образом, расположение микрорайона, его застройка и зеленые насаждения создают предпосылки для обитания (в том числе зимовки) птиц. Следует заметить, что население Радужного довольно активно участвует в зимней подкормке птиц. Практически у каждого жилого дома расположено по несколько кормушек. Особенно много кормушек развешено на территории детского сада № 3, двора МКОУ СОШ с УИОП №74, «Сквере 40-летию Радужного». Кроме того, в прилегающих лесных массивах проложены прогулочные тропы и освещенная лыжная трасса, где также развешено значительное количество кормушек.

Далее приводим аннотированный список птиц, отмеченных в зимний период 2016–2017 гг.

Тетеревятник – *Accipiter gentilis*. В течение зимы на территории микрорайона регулярно наблюдали двух птиц. Крупная самка держалась преимущественно в районе школы и проспекта Строителей («Майдан»), где мы неоднократно наблюдали сцены ее охоты (в том числе и успешной) на сизых голубей. Самца, охотящегося на галок, либо атакуемого стаей врановых несколько раз видели над территорией промзоны. Предполагаем, что это гнездовая пара.

Перепелятник – *Accipiter nisus*. Отмечен дважды в начале декабря 2016 г. Оба раза птица пыталась безуспешно добыть домовых воробьев.

Сизый голубь – *Columba livia*. Гнездящийся на территории мкр. Радужного вид. В начале зимы численность птиц оценивалась в 300–320 особей. К началу марта произошло снижение до 200 особей. Основной причиной снижения на наш взгляд является пресс хищников (тетеревятники, кошки), а также гибель от недоброкачественной пищи. Основное место скопления голубей – проспект Строителей (дома 2, 4, 6, 3, 5). На люках теплотрассы между магазинами «Елена» и «Петровский» местные жители устроили подкормочную площадку, где в светлое время суток можно ежедневно наблюдать более сотни голубей одновременно. В сильные морозы с рассвета до наступления темноты практически все голуби микрорайона находятся на этой площадке.

Длиннохвостая неясыть – *Strix uralensis*. Длиннохвостую неясыть мы наблюдали на территории АО «КССК» 11 января 2017 г. Птицу, сидящую в кроне ели, атаквали серые вороны.

Большой пестрый дятел – *Dendrocopos maior*. В течение зимы регулярно отмечали единичные встречи этих дятлов в «Мишкином лесу», на ул. Мира, в гаражном комплексе у АО «КССК», фрагменте леса у бывшего здания почты. Птицы кормились еловыми шишками, свиным салом на кормушках.

Белоспинный дятел – *Dendrocopos leucotos*. Отмечена единственная встреча белоспинного дятла 18 февраля 2017 г. на углу улиц Индустриальной и Производственной.

Малый пестрый дятел – *Dendrocopos minor*. В течение зимы регулярно отмечали единичные встречи этих дятлов в «Мишкином лесу», пришкольной территории, у гаражей около сквера «Роза ветров». Встречается реже, чем большой пестрый дятел.

Сойка – *Garrulus glandarius*. Во второй половине зимы сойки неоднократно были отмечены в «Мишкином лесу» и на окраине микрорайона по ул. Мира.

Сорока – *Pica pica*. До февраля 2017 г. сорок ежедневно (от 2 до 7 особей) встречали на территории Радужного. В феврале – начале марта не отмечено ни одной птицы. Примечательно, что пара, гнездившаяся в течение 3-х лет в сквере детского сада № 3, в этом году пока так и не появилась на месте гнездования.

Галка – *Corvus monedula*. Гнездящийся на территории Радужного вид. В ноябре и начале декабря в дневное время на улицах можно было встретить до 50 особей. Во второй половине декабря, январе и начале февраля в дневное время галки в микрорайоне не встречались. В конце февраля – начале марта днем стали отмечать до 10-15 особей этого вида. Однако, в октябре 2016 г. на территории Радужного появилось новое место ночевки галок и серых ворон – сквер «Мишкин лес». Если в предыдущие годы врановые из южной части г. Кирова и Нововятска, летая на кормежку на полигон ТБО «Лубягино», делали в микрорайоне лишь остановку в утренние и вечерние часы (преимущественно на крышах производственных корпусов АО «КССК»), то сейчас значительная часть птиц остается ночевать в Радужном. Птицы прилетают примерно за 30 – 40 минут до наступления темноты. В середине декабря в отдельные дни галки и серые вороны прилетали уже в глубоких сумерках. В ясную безветренную погоду стая врановых зачастую до 10 минут кружит над микрорайоном. Утром птицы улетают еще в сумерках. В среднем на ночевку остается до 200 галок

Серая ворона – *Corvus cornix*. Гнездящийся на территории Радужного вид. Ежедневно в светлое время суток можно встретить до 25–30 особей. Встречаются преимущественно около скоплений голубей, на мусорных баках. В начале декабря наблюдали кормежку серых ворон на снегу ягодами рябины и дикой яблони, сброшенными (оброненными) свиристелями и рябинниками. На ночевку в «Мишкином лесу» остается до 350 особей.

Ворон – *Corvus corax*. Нерегулярно встречается на территории микрорайона. Обычны либо одиночки, либо стайки из 2–4 особей около мусорных баков. Ежедневно отмечали пролетающих транзитом воронов. Начало брачного поведения в 2017 г. отмечено 18 января.

Свиристель – *Bombycilla garrulus*. С ноября по начало февраля на территории микрорайона зимовало около 500 особей свиристелей. Птицы кормились плодами рябины и дикой яблони. После полного объедания плодов

птицы откочевали. Во второй половине февраля и начале марта встречались небольшие стайки (10–30 особей) свирителей на пролете.

Рябинник – *Turdus pilaris*. Из-за обильного урожая рябины рябинники в эту зиму остались на зимовку. С ноября по начало февраля на территории микрорайона зимовало около 250 особей. Птицы кормились плодами рябины и дикой яблони. После полного объедания плодов птицы откочевали. Во второй половине февраля и начале марта встречались единичные особи и небольшие стайки (2–10 особей) рябинников на пролете.

Белобровик – *Turdus iliacus*. В первой половине ноября встречали в отдельные дни до 5 особей белобровиков в стаях рябинников.

Длиннохвостая синица – *Aegithalos caudatus*. Небольшие стайки из 6–11 птиц, кочующих по ивнякам по ул. Индустриальной, встречали в ноябре 2016 г.

Буроголовая гаичка – *Parus montanus*. В течение всей зимы отдельные особи и стайки из 3–5 птиц отмечали на кормушках в «Мишкином лесу»

Московка – *Parus ater*. В конце февраля единичных особей встречали на кормушках в «Мишкином лесу»

Большая синица – *Parus maior*. Довольно обычный гнездящийся в Радужном вид. В течение часа ежедневно можно встретить до 20–30 особей. Обычны на кормушках в школьном дворе, «Мишкином лесу», у жилых домов

Поползень – *Sitta europaea*. В течение зимы зафиксировано две встречи поползней в середине января на окраине микрорайона по ул. Мира.

Домовый воробей – *Passer domesticus*. Обычный гнездящийся вид. Общая численность зимующих птиц составляет около 150 особей. Места концентрации в зимний период: проспект Строителей, школьный двор, ул. Конституции (перекресток с проспектом Строителей).

Полевой воробей – *Passer montanus*. Небольшие стайки полевых воробьев отмечали в начале ноября на окраине ул. Новой.

Черноголовый щегол – *Carduelis carduelis*. Стайки щеглов до 30–40 птиц отмечали в ноябре и конце февраля на пустыре по ул. Новой.

Чечетка – *Carduelis flammea*. В первой половине зимы стаи чечеток из 15–30 птиц регулярно встречали на кормежке по аллеям вдоль улиц Индустриальной и Производственной. В январе – феврале стайки из 5–7 птиц стали охотно посещать кормушки во дворе школы и на ул. Конституции (район детского сада № 3). В начале марта на кормушках осталось не более 3–4 пар. Нахождение птиц в парах в начале гнездового периода позволяет предполагать потенциальную возможность гнездования чечеток в окрестностях Радужного.

Клест-еловик – *Loxia curvirostra*. Во второй половине декабря – начале января стайки из 5–7 птиц регулярно кормились на елях в «Мишкином лесу». Встречались преимущественно самки и молодые птицы.

Снегирь – *Pyrrhula pyrrhula*. Довольно обычен в течение всей зимы. В ноябре – декабре кормились преимущественно на рябине и дикой яблони. Во

второй половине зимы чаще встречаются на кормушках. В конце января численность резко увеличилась и стала спадать только к началу марта.

Таким образом, в течение зимы 2016–2017 гг. на территории микрорайона Радужный было отмечено 26 видов зимующих птиц. В целом следует заметить, что зимовка птиц здесь прошла относительно благополучно. Этому способствовали: умеренно холодная погода, богатый урожай основных кормовых растений, своевременная регулярная подкормка птиц населением. Колебания численности птиц носили естественный характер.

НЕСПЕЦИФИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ К СТРЕСС-ФАКТОРАМ

В. Г. Семенов, Д. А. Никитин, А. В. Волков, К. В. Захарова
Чувашская ГСХА, semenov_v.g@list.ru

Одним из путей сохранения гомеостаза является развитие общих адаптационных реакций, подчиненных количественно-качественному принципу: на различную силу раздражителя организм отвечает качественно различными реакциями. Так, кратковременное стрессорное воздействие, близкое слабым, как при реакции тренировки чаще стимулирует клеточный иммунитет. При воздействии стрессоров средней силы возможно разнонаправленное изменение Т- и В-лимфоцитов. Сильные, чрезвычайные воздействия оказывают супрессирующий (иммунопаралитический) эффект, когда развивается стресс-реакция, названная Г. Селье генерализованным адаптационным синдромом [1].

На основании анализа литературных данных и обобщения собственных исследований по изучению физиологического состояния сухостойных коров и телят в норме и при субклинической патологии нами сделаны новые подходы к теоретическому обоснованию концепции единства и однотипности механизмов действия различных по силе факторов внешней среды на нейрогуморальную и иммунную системы организма на фоне применения новых биопрепаратов.

По нашему мнению, вследствие сильных, чрезвычайных раздражений или хронического действия различных по происхождению и силе факторов внутренней и внешней среды вначале развивается резкое возбуждение ЦНС, сменяющееся затем ее запредельным торможением. Антиген (АГ) как стресс-фактор вызывает активацию антигенчувствительных клеток, продуцирующих цитокины (интерлейкины), биоамины, регуляторные пептиды и другие биологически активные вещества. Эти агенты, с одной стороны, медируют межклеточные отношения в иммунной системе, с другой – вызывают резкое возбуждение нейроэндокринной системы. Возбуждение ЦНС через гипоталамус и симпато-адреналовую систему стимулирует образование катехоламинов. Последние в силу противоположной реакции нервной системы способствуют повышению активности трофотропных механизмов – серотонинергических и гистаминергических, что сопровождается усилением секреции кортикостеро-

идов, в основном глюкокортикоидов. В аденогипофизе на фоне повышенной выработки АКТГ резко снижается выделение СТГ, ТТГ, ГТГ, следствием которого являются понижение активности щитовидной, половых и других желез внутренней секреции, а также угнетение тимуса, селезенки и лимфоидной ткани. На почве угнетения центральных и периферических органов иммунитета снижается активность антигенчувствительных и эффекторных клеток. В крови повышается содержание нейтрофилов со сдвигом ядра влево, снижается количество эозинофилов или они исчезают полностью, уменьшается число и активность лимфоцитов. В итоге развивается, так называемый, вторичный иммунодефицит.

Развившееся запредельное торможение в ЦНС в ответ на действие сильных, чрезвычайных раздражений приводит к снижению возбудимости, реактивности функциональных систем. Вследствие этого сильные раздражения воспринимаются не как сильные, а как средние или слабые, впоследствии которых развивается стадия резистентности стресс-реакции. Если действие стрессора систематически повторяется или разовый стресс чрезвычайно сильный, стадия резистентности может переходить в стадию истощения.

На действие любого по качеству слабого раздражителя в ЦНС наступает состояние охранительного торможения. Возбудимость нервных структур гипоталамуса снижается по сравнению с исходной. Если действующий фактор остается и в дальнейшем таким же слабым, то организм перестает на него реагировать (пассивная резистентность, толерантность). Но если силу раздражения немного повысить или действовать постоянно, то наступает реакция тренировки.

При действии слабых раздражителей в организме повышается секреция АКТГ, ТТГ и ГТГ на фоне обычной выработки СТГ. Выделение катехоламинов, глюкокортикоидных гормонов остается на уровне нормы, повышаются секреция альдостерона, активность тимико-лимфатической системы и системы соединительной ткани. Число лимфоцитов находится вблизи верхней границы нормы, сегментоядерных нейтрофилов – в пределах нижней границы нормы, палочкоядерных нейтрофилов, эозинофилов, моноцитов, лейкоцитов – в пределах колебаний физиологической нормы, уровень тироксина и трийодтиронина в крови близко к норме. Повышение показателей неспецифической резистентности организма при тренировке различными раздражителями обеспечивается не только к тем агентам, к которым его «тренировали», но и к другим. Резистентность при этом вначале бывает пассивной, вследствие охранительного торможения в ЦНС, а затем – активной, за счет возрастания активности защитных систем организма.

В ответ на действие различных по качеству раздражителей средней силы развивается общая неспецифическая адаптационная реакция – «реакция активации», которая характеризуется быстрым подъемом активности защитных и регуляторных систем организма.

Многочисленными исследованиями установлено, что биогенные стимуляторы способствуют активизации анаболических процессов в организме,

воздействуя на нейроэндокринную и гипофизарно-кортикальную системы, которые отвечают на это увеличением выделения СТГ, ЛТГ, ГТГ, АКТГ и других гормонов [2, 3]. Двукратное (с профилактической целью) и 4–6-кратное (с лечебной целью) применение иммуностимуляторов оказывает выраженное стимулирующее влияние на клеточное звено иммунитета, усиливая фагоцитоз, киллерные и переваривающие функции фагоцитов, повышая лизоцимную и комплементарную активность сыворотки крови с одновременным увеличением числа В-клеток.

Нами впервые изучено влияние разработанных биологических стимуляторов серии ПС и ПВ на адаптивные процессы и биологический потенциал коров и родившихся от них телят при интенсивной технологии, а также новорожденных телят, полученных в этих же условиях, но выращиваемых при адаптивной технологии. При этом установлена возможность активизации адаптивных процессов и устойчивости организма под влиянием указанных препаратов к изменяющимся температурным условиям в разные сезоны года по белково-углеводно-витаминному обмену, функции кроветворных органов, буферной и воспроизводительной способности [4, 5].

Действие биогенных стимуляторов на нейроэндокринную и иммунную системы можно представить в виде схемы (рис.).

При этом в ЦНС наблюдается умеренное физиологическое возбуждение, повышается выделение рилизинг-факторов в гипоталамусе, вследствие чего в аденогипофизе отмечается усиление секреции СТГ, ТТГ, ГТГ на фоне нормального выделения АКТГ. Повышается секреция гормонов щитовидной и половых желез, увеличивается выделение минералокортикоидов в надпочечниках, о чем свидетельствуют высокий уровень Na и K, а также лимфоцитоз. Происходит истинная гипертрофия тимуса и лимфатических узлов. Число лимфоцитов находится в пределах верхней половины нормы и выше, сегментоядерных нейтрофилов – в пределах нижней половины нормы, лейкоцитов, эозинофилов, палочкоядерных нейтрофилов, моноцитов – в пределах колебаний физиологической нормы.

Закономерно изменяются некоторые показатели метаболизма (гликолиз, накопление нуклеиновых кислот, аминокислот, белка). При систематическом повторении раздражений средней силы наступает стадия стойкой активации. В отличие от реакции тренировки, резистентность при реакции активации стойко держится и остается повышенной в течение некоторого времени, и после прекращения воздействий. Она может длиться от 1–2 недель до полугода.

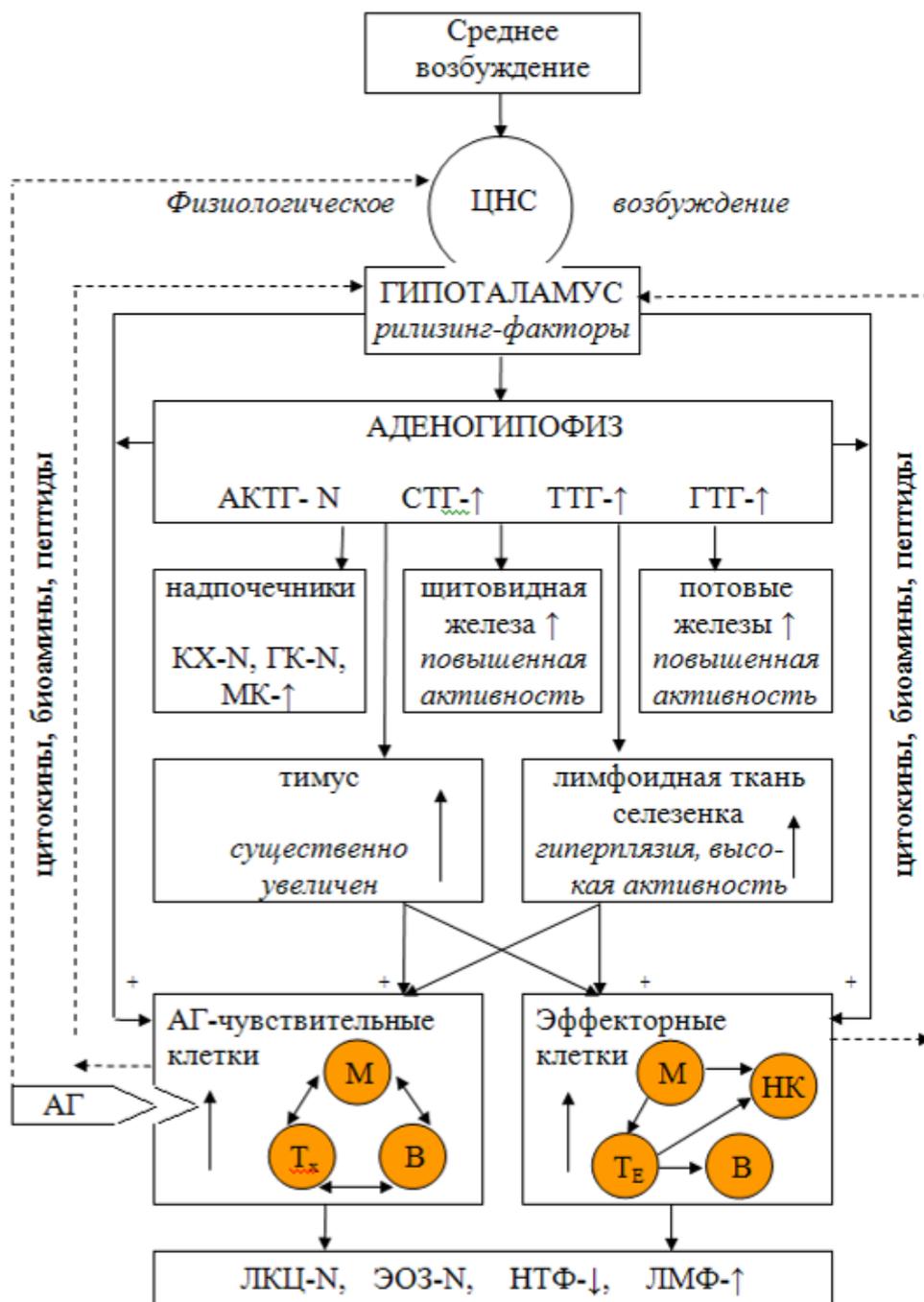


Рис. Схема средних воздействий на внутреннюю среду организма

Морфофункциональные изменения при реакции активации лежат между реакцией тренировки и реакцией стресс. При несвоевременном уменьшении дозы воздействия она легко переходит в стресс-реакцию, а иногда – в резкую переактивацию с чрезмерно увеличенным числом лимфоцитов и отклонением общего числа лейкоцитов либо в сторону лейкопении, либо в сторону лейкоцитоза.

Таким образом, при помощи неспецифических адаптационных реакций организм сохраняет необходимое для жизни относительное постоянство внутренней среды – гомеостаз, и активно противостоит неблагоприятным воздействиям внешней среды, повышая защитные силы.

Литература

1. Гаркави, Л. Х. Адаптационные реакции и резистентность организма / Л. Х. Гаркави, Е. Б. Квакина, М. А. Уколова. Ростов н/Д, 1990.
2. Закенфельд Г. К. Иммунологический механизм действия полисахаридов дрожжевых клеток. *Saccharomyces cerevisiae*. Рига: Зинантне, 1989.
3. Петрянкин, Ф. П. Здоровье и продуктивность животных / Ф. П. Петрянкин, В. Г. Семенов // Монография. Чебоксары: Новое время, 2006. 256 с.
4. Петрянкин, Ф. П. Иммуностимуляторы в практике ветеринарной медицины / Ф. П. Петрянкин, Н. Г. Иванов, В. Г. Семенов // Монография. Чебоксары: Новое Время, 2015. 272 с.
5. Семенов, В. Г. Обеспечение здоровья и сохранности телят отечественными биостимуляторами / В. Г. Семенов, Д. А. Никитин, Н. И. Герасимова // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. М.: ГНУ ВНИИВСГЭ РАСХН, 2015. № 4(16). С. 68–70.

К ПРОБЛЕМЕ АДАПТОГЕНЕЗА ОРГАНИЗМА СВИНЕЙ К ФАКТОРАМ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

*В. Г. Семенов, Д. А. Никитин, Л. П. Гладких
Чувашская ГСХА, semenov_v.g@list.ru*

Интенсификации свиноводства способствуют разработка и внедрение в производственный процесс эффективных технологий содержания, кормления и обслуживания животных, что позволяет увеличить продуктивность, повысить качество получаемой продукции и рентабельность отрасли в целом. Однако современные технологии зачастую нарушают сложившиеся в процессе филогенеза взаимоотношения организма свиней с окружающей средой и традиционными условиями содержания и кормления. Кроме того, развитие современного свиноводства направлено на получение высокопродуктивных генотипов свинопоголовья, при этом отсутствует эффективная селекция на устойчивость к болезням, и часто в качестве племенных используют животных с низким уровнем иммунного статуса [1, 2].

В таких условиях, природа животного и физиологические особенности организма не способны меняться столь же быстро, как условия содержания, кормления и технология животноводства в целом. Зачастую организму животного не удается избежать действия стресс-факторов и адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды, что приводит к различным функциональным нарушениям и заболеваниям [2, 3].

В виду того, что устранить действие многих стресс-факторов не представляется возможным, первоочередное значение приобретает с одной стороны профилактика негативного влияния на организм стрессоров, с другой – повышение адаптивных способностей животных к условиям промышленного содержания.

Применение различного рода биологически активных веществ позволяет снизить отрицательные последствия взаимодействия организма и окружающей среды. В качестве биопрепаратов, способствующих повышению резистентности и более полной реализации биологического потенциала организ-

ма, мы рекомендуем иммуностимулирующие препараты ПС-6 и ПС-7, разработанные учеными Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. Данные препараты обладают рядом преимуществ, основным из которых является комплексное иммуностимулирующее, антибактериальное и противовирусное действие [2, 4].

Нашей работой предусматривалась оценка целесообразности активизации неспецифической резистентности организма поросят в раннем периоде постнатального онтогенеза иммуностимулирующими препаратами ПС-6 и ПС-7.

Объектами исследования в научно-исследовательской работе служили поросята крупной белой породы с момента рождения до 90-суточного возраста. По принципу пар-аналогов были сформированы 3 группы по 15 поросят 1-суточного возраста в каждой. Поросятам первой и второй опытных групп инъекцировали иммуностимулирующие препараты ПС-6 и ПС-7 соответственно, в дозе 0,3 мл на голову, трехкратно, с интервалом в трое суток, в одно-, четырех- и семисуточном возрасте. Животным контрольной группы препараты не применяли. На протяжении всего опытного периода за животными вели наблюдение, фиксировали заболеваемость поросят, проводили отбор проб крови для гематологических и иммунологических исследований.

Значения температуры тела, частоты дыхания и сердечных сокращений поросят подопытных групп не имели достоверных отличий и находились в пределах физиологических норм, что свидетельствует об отсутствии негативного воздействия испытуемых иммуностимулирующих препаратов ПС-6 и ПС-7 на клинко-физиологическое состояние организма поросят.

Гематологическими исследованиями выявлено, что количество эритроцитов в крови поросят опытных групп, не имея достоверных различий в 1-суточном возрасте, начиная с 14-суточного и до конца периода наблюдений достоверно превышало контрольные показатели. Так, в 14-суточном возрасте количество эритроцитов в крови поросят 1-й опытной группы было выше на 5,3%, а 2-й опытной – на 5,8% ($P < 0,05$). В 30-, 60- и 90-суточном возрасте количество эритроцитов так же было достоверно ($P < 0,05$) выше контрольного показателя в крови животных 1-й опытной группы на 7,5%, 7,6 и 5,1%, а во 2-й опытной – на 8,8%, 8,0 и 5,7% соответственно.

Концентрация гемоглобина оказалась достоверно ($P < 0,05$) выше в крови животных обеих опытных групп начиная с 14- и до 90-суточного возраста. Так, концентрация гемоглобина в крови поросят 1-й опытной группы в 14-, 30- и 60-суточном возрасте была выше контрольного показателя на 3,1%, 4,4 и 4,7% соответственно, а в крови животных 2-й опытной группы – на 2,9%, 4,1 и 4,9%.

Количество белых кровяных клеток в крови животных обеих опытных и контрольной групп не имело статистически достоверных ($P > 0,05$) различий в 1-суточном возрасте. Начиная с 14-суточного возраста и до конца периода наблюдений количество лейкоцитов в крови поросят опытных групп было достоверно выше контрольного показателя, причем в возрасте 14 и 30 суток достоверность по непараметрическому критерию составила $P < 0,001$, а в воз-

расте 60 и 90 суток – $P < 0,05$. Так, количество лейкоцитов в крови поросят 1-й опытной группы в возрасте 14, 30, 60 и 90 суток оказалась выше контрольных показателей на 11,8%, 25,3, 17,7 и 16,3%, а 2-й опытной на 12,0%, 25,8, 18,3 и 15,1% соответственно. Следует отметить, что в количественном выражении, несмотря на значительное повышение количества лейкоцитов в опытных группах относительно контрольной, значение данного показателя не выходило за пределы физиологических норм. Следовательно, на фоне внутримышечного введения биостимуляторов ПС-6 и ПС-7 происходит лейкоцитоз, не превышающий физиологические нормы.

Базофилы в первые сутки жизни отсутствовали в крови свиной всех исследуемых групп. Начиная с 14-суточного возраста их количество было выше в крови животных опытных групп, а разница оказалась статистически достоверной в 60- и 90-суточном возрасте. Так, в крови поросят 1-й опытной группы в 14-, 30-, 60- и 90-суточном возрасте количество базофилов было больше на 0,4%, 0,8, 0,8 и 0,8%, а 2-й опытной на 0,6%, 0,8, 1,0 и 0,8% соответственно.

Анализ динамики юных нейтрофилов свидетельствует, что их относительное количество колебалось во всех группах в пределах от 0,4 до 1,0%. Достоверных различий доли последних между группами выявлено не было ($P > 0,05$). Относительное количество палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов, и моноцитов было достоверно ($P < 0,05-0,001$) ниже в крови поросят опытных групп, начиная с 14-суточного возраста. Причем, наиболее выраженная разница наблюдалась у сегментоядерных нейтрофилов. Так в 14-, 30-, 60- и 90-суточном возрасте в крови поросят 1-й опытной группы относительное количество сегментоядерных нейтрофилов было ниже на 7,0%, 11,4, 10,2 и 6,4%, а 2-й опытной на 5,8%, 10,6, 9,6 и 5,8% соответственно. Следует также отметить, что в 1-й и 2-й опытных группах, несмотря на явное снижение доли сегментоядерных нейтрофилов от общего количества лейкоцитов, их относительное количество относительно всех нейтрофилов возросло по отношению к контрольной группе. Таким образом, происходит снижение количества нейтрофилов с ядерным сдвигом вправо.

Анализ относительного количества лимфоцитов свидетельствует о достоверном ($P < 0,001$) повышении их количества в 1-й и 2-й опытных группах, начиная с 14-суточного возраста. Данный показатель оставался выше аналогичного показателя контрольной группы у животных 1-й опытной группы в 14-, 30-, 60- и 90-суточном возрасте соответственно на 11,4%, 13,0, 12,0 и 7,8%, а у животных 2-й опытной группы – на 9,8%, 12,4, 10,4 и 7,2% соответственно. Следовательно, испытываемые иммуностропные препараты вызывают лимфоцитоз в крови свиной.

Исследования гематологического профиля поросят опытных и контрольной групп дают основание заключить, что внутримышечное инъецирование поросятам в раннем периоде постнатального онтогенеза иммуностропных препаратов ПС-6 и ПС-7 способствует увеличению в пределах физиологических норм количества эритроцитов и повышению концентрации гемоглобина. Кроме того, наблюдается лейкоцитоз, не превышающий физиологиче-

ские нормы с ярко выраженным лимфоцитозом на фоне повышения количества базофилов и нейтропении с ядерным сдвигом вправо, а так же, уменьшение относительного количества моноцитов.

Показатели неспецифической резистентности организма поросят в динамике представлены в таблице 1.

Из представленной таблицы видно, что фагоцитарная активность нейтрофилов крови поросят обеих опытных групп была достоверно выше контрольного показателя, начиная с 14-суточного возраста и до конца срока наблюдения. Так, в 14-суточном возрасте превышение указанного показателя клеточного звена неспецифической резистентности организма у поросят первой и второй опытных групп относительно контрольного составило 4,8 и 5,6% соответственно, в 30-суточном возрасте – 5,0 и 5,4%, в 60-суточном – 3,8 и 4,2% и в 90-суточном возрасте – 5,8 и 6,4% соответственно.

Таблица 1

Неспецифическая резистентность организма поросят

Возраст, сут.	Показатель		
	фагоцитарная активность нейтрофилов	бактерицидная активность сыворотки крови	Лизоцимная активность плазмы крови
контрольная группа			
1	34,80±0,37	27,00±0,55	33,20±0,73
14	37,80±0,58	29,40±0,51	41,00±0,55
30	38,80±0,37	29,80±0,49	45,80±1,07
60	37,60±0,68	31,80±0,86	48,20±0,86
90	39,00±0,71	33,20±0,58	45,80±1,59
1-я опытная группа			
1	35,00±0,45	27,00±0,71	33,40±0,87
14	42,60±0,68***	33,00±1,05*	45,80±0,86**
30	43,80±0,73***	36,00±0,71***	52,00±1,48**
60	41,40±0,93*	40,20±0,58***	55,60±0,68***
90	44,80±0,86***	41,80±0,37***	54,40±1,29**
2-я опытная группа			
1	34,80±0,37	27,20±0,86	33,20±0,58
14	43,40±0,93***	32,80±0,97*	45,00±0,84**
30	44,20±0,86***	36,40±0,68***	51,20±1,02**
60	41,80±0,66**	39,60±0,93***	55,40±1,08***
90	45,40±1,21**	42,40±0,98***	53,80±0,66**

* P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001.

Бактерицидная активность сыворотки крови поросят всех трех групп не имела достоверных различий в 1-суточном возрасте. Однако уже в 14-суточном возрасте она оказалась достоверно выше контрольного показателя на 3,6 и 3,4% у поросят первой и второй опытных групп соответственно. В 30-, 60- и 90-суточном возрасте бактерицидная активность сыворотки крови поросят первой опытной группы оказалась выше контрольного показателя на 6,2%, 8,4 и 8,6%, а у поросят второй опытной группы – на 6,6%, 7,8 и 9,2% соответственно.

Лизоцимная активность плазмы крови поросят опытных групп имела достоверные отличия в период с 14-суточного возраста и до конца срока наблюдения. Так, в 14-суточном возрасте указанный показатель гуморального звена неспецифической резистентности организма поросят контрольной группы был ниже таковой первой и второй опытных групп на 4,8 и 4,0% соответственно, в 60-суточном – 7,4 и 7,2%, в 90-суточном возрасте – на 8,6 и 8,0%.

Заболеваемость и сохранность поросят подопытных групп представлены в таблице 2. Как видно из таблицы, количество заболеваний и их продолжительность были значительно ниже в 1-й и 2-й опытных группах. Так в 1-й опытной группе зарегистрировано 3 случая заболевания поросят, во 2-й опытной группе – 4, а в контрольной – 8. Средняя продолжительность заболеваний в 1-й опытной группе составила 2,3 суток, во 2-й опытной – 2,4 суток, а в контрольной – 3,7 суток.

Таблица 2

Заболеваемость и сохранность поросят

Показатель	Группа животных		
	1-я опытная	2-я опытная	контрольная
Количество поросят	15	15	15
Заболели	3	4	8
Выздоровели	3	4	8
Пали	-	-	-
Продолжительность болезни, суток	2,3	2,4	3,7
Заболеваемость, %	20	27	53
Сохранность, %	100	100	100

Таким образом, на фоне внутримышечного инъектирования поросятам в раннем периоде постнатального онтогенеза иммуностимулирующих препаратов ПС-6 и ПС-7 наблюдается активизация клеточных и гуморальных факторов неспецифической резистентности организма, снижается количество болезней поросят и сокращаются сроки их выздоровления. Следовательно, проведенное исследование подтверждает целесообразность активизации адаптогенеза организма поросят в раннем периоде постнатального онтогенеза иммуностимулирующими препаратами ПС-6 и ПС-7 в условиях эколого-технологического прессинга с целью предупреждения заболеваний, реализации биоресурсного потенциала продуктивности и обеспечения высокого санитарного качества получаемой продукции.

Литература

1. Зацаринин А. А. Влияние промышленного скрещивания на формирование неспецифического иммунитета у свиней // Сборник науч. трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. Ставрополь, 2015. Т. 1. № 8. С. 111–113.
2. Семенов, В. Г. Обоснование и реализация продуктивного потенциала телят / В. Г. Семенов, Д. А. Никитин // Естественные и технические науки. М., 2015. № 10(88). С. 179–181.

3. Петрова, О. Г. Иммунобиологические особенности адаптации свиней к технологическому стрессу в неблагополучных сельскохозяйственных предприятиях по цирковирусной инфекции / О. Г. Петрова, И. М. Донник, А. Г. Исаева, Ю. Г. Крысенко // Аграрный вестник Урала. Екатеринбург, 2014. 1(119). С. 31–35.

4. Гладких, Л. П. Лейкоцитарный профиль крови свиней на фоне применения биостимуляторов /Л. П. Гладких, В. Г. Семенов, Д. А. Никитин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. Казань, 2015. Т. 224 (4). С. 41–44.

СЕКЦИЯ 7 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

БИОИНДИКАЦИЯ ПОЧВ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРИБНЫХ И ФОТОТРОФНЫХ МИКРОБНЫХ ГРУППИРОВОК

*Л. В. Кондакова^{1,2}, К. А. Безденежных²,
Л. И. Домрачева^{1,3}, Т. Я. Ашихмина^{1,2}, А. Л. Коновалов³*

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

² Вятский государственный университет,

³ Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» в качестве одной из мер по обеспечению безопасности населения и защите окружающей среды предусматривает государственный экологический контроль и мониторинг объектов уничтожения химического оружия (ХО) и природных систем в зоне его влияния – санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны защитных мероприятий (ЗЗМ).

В 2015 г. закончились работы по уничтожению ХО на объекте «Марадыковский». 11 сентября 2015 г. был уничтожен последний боеприпас [1]. После прекращения функционирования объекта по хранению и уничтожению химического оружия (ОХУХО) «Марадыковский» в течение ряда лет будет осуществляться контроль состояния экосистем территорий СЗЗ и ЗЗМ с целью выявления его возможного воздействия на окружающую среду. Одним из объектов экологического мониторинга в районе последствий ОХУХО являются луговые фитоценозы.

Исследования состояния почвенной микрофлоры (фототрофов и микромицетов) в этих фитоценозах проводились до начала действия объекта (2004–2005 гг.), а также постоянно в процессе его работы [2, 3]. Было установлено, что в почве большинства фитоценозов в зоне действия арсенала ХО являлись микромицеты, биомасса которых на отдельных участках мониторинга достигала до 3 т/га, а длина мицелия – 900–1200 м/г. Однако на лугах фиксировалось замедленное развитие грибов, где их биомасса не превышала 600–800 кг/га, а длина мицелия – 50–400 м/г. В почвенных пробах с повышенным содержанием некоторых поллютантов в структуре грибного мицелия преобладали меланизированные формы, что свидетельствует о локальном загрязнении почвы на определенных участках.

Запасы водорослевой массы были намного ниже грибной и не превышали 50 кг/га. Изучение видового состава альгофлоры выявило, что разнообра-

разие микрофототрофов в почвах луговых фитоценозов существенно выше, чем лесных.

Цель данной работы: дать оценку состояния почв луговых экосистем в районе объекта «Марадыковский» методом биоиндикации с использованием фототрофных и грибных группировок.

Материалом для проведения альго-микологического анализа были почвенные образцы, отобранные в августе 2016 г. на участках территорий СЗЗ и ЗЗМ (рис.), расположенных на разном удалении, в качестве контрольной территории был выбран наиболее удаленный от объекта участок суходольного злакового луга № 111.

При биоиндикации использовался метод прямого учета водорослей, цианобактерий (ЦБ) и грибов на мазках [4]. При определении численности грибов отдельно учитывались формы с бесцветным и окрашенным мицелием.

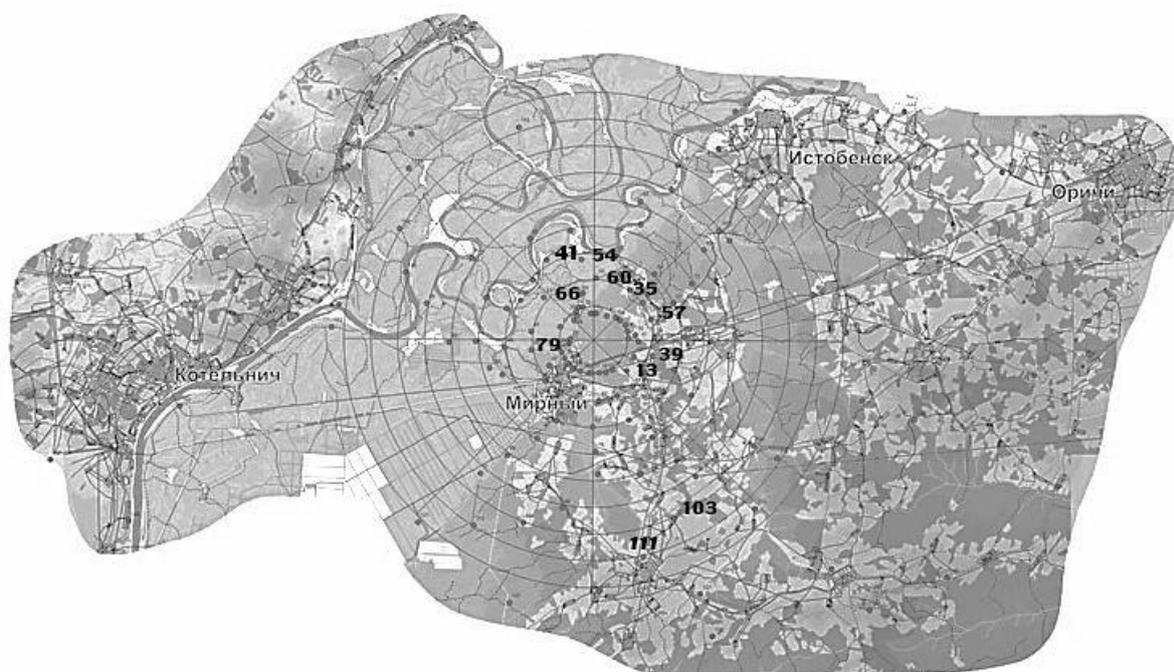


Рис. Схема расположения исследуемых луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский»

Ранее на пойменных луговых участках мониторинга проведен альгологический анализ с выявлением видового состава водорослей и цианобактерий (ЦБ) [5]. Установлено, что видовое обилие ЦБ не велико (7 видов на участке № 54; 1 вид на участке № 66 и 3 вида на участке № 79). Малое видовое разнообразие ЦБ сопровождается и их незначительной численностью (от 10 до 22 тыс. кл./г почвы), в то время, как максимальная численность эукариотных водорослей превышает 350 тыс. кл./г (табл. 1).

Вследствие этого в структуре фототрофных популяций (по количественному обилию) на долю ЦБ приходится всего 4–6% (табл. 2). Таким образом, эффекта цианофитизации, который сопутствует химически загрязненным почвам, в почве исследованных пойменных лугов не наблюдается.

Таблица 1

Численность почвенных водорослей и цианобактерий луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский» (тыс. кл./г. почвы)

№ участка	Численность ЦБ	Численность водорослей	Всего
Пойменные луга	54	16,2±2,3	359,2±14,0
	66	10,7±1,4	222,7±10,3
	79	22,6±2,4	356,5±9,8

Таблица 2

Структура фототрофных микробных сообществ в луговых почвах в зоне последействия ОХУХО «Марадыковский» (%)

№ участка	Цианобактерии	Водоросли
54	4,3	95,7
66	4,6	95,4
79	6,0	94,0

Другим индикационным признаком, указывающим на загрязнение почвы, является преобладание в микоценозах грибов с окрашенным мицелием. Проведенный микологический анализ показывает, что численность грибных пропагул (в данном случае фрагменты мицелия) велика и колеблется от 4,4 до 5,7 млн./г почвы, что существенно выше численности фототрофных микроорганизмов (табл. 1 и 3). При этом почти в равных количествах присутствуют грибы с бесцветным и окрашенным мицелием, т.е. ярко выраженного эффекта меланизации не выявлено.

Таблица 3

Численность и структура популяций микроскопических грибов в луговых почвах в зоне последействия ОХУХО «Марадыковский» пойменных лугов

№ участка	Численность грибов, тыс. пропагул /г. почвы			Структура популяций, %	
	с бесцветным мицелием	с окрашенным мицелием	Общая	бесцветный мицелий	окрашенный мицелий
54	1900±50	2500±800	4400±850	43,2	56,8
66	2600±60	3100±120	5700±180	45,7	54,3
79	2227±60	2500±30	4727±90	47,1	52,9

Следовательно, по результатам проведенной альго-циано-микологической индикации почву исследованных участков пойменных лугов можно признать незагрязненной, что согласуется с результатами аналогичных анализов почвы данных участков, проведенных в предыдущие годы. Примечательно при этом, что показатели абсолютной численности фототрофов и микромицетов колеблются в широких пределах, но структурные показатели практически идентичны [3].

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. Капашин В. П., Холстов В. И., Кондратьев В. Б. 20 лет со дня принятия федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 4. С.6–11.
2. Домрачева Л. И., Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В., Дабах Е. В., Елькина Т. С. Сравнительный анализ специфики почвенных альго-микологических комплексов в зоне действия объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 4. С. 73–78.
3. Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Домрачева Л. И., Коновалов А. Л., Безденежных К. А. Физиолого-микробиологический статус почв после прекращения работы объекта по хранению и уничтожению химического оружия «Марадыковский» // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 4. С. 63–73.
4. Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
5. Кондакова Л. В., Безденежных К. А. Почвенные водоросли и цианобактерии луговых экосистем в районе объекта «Марадыковский» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. (г. Киров, 5–8 декабря 2016 г.) Киров: ООО «Изд-во Радуга-ПРЕСС», 2016. 413 с.

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ХВОЙНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА «МАРАДЫКОВСКИЙ»

К. А. Безденежных¹, Л. В. Кондакова^{1,2}, Т. Я. Ашихмина^{1,2}
¹ *Вятский государственный университет,*
² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Видовой состав и количественные показатели альгофлоры, соотношение жизненных форм почвенных водорослей и цианобактерий являются индикационными показателями, характеризующими экологическое состояние почв.

Цель работы: изучение видового состава и количественных характеристик альгофлоры лесных почв в районе объекта «Марадыковский».

Материалом для исследования послужили почвенные образцы, отобранные в августе 2016 г. на участках, расположенных на разном удалении от объекта «Марадыковский». В качестве контрольной территории выбран участок № 112, находящийся на наибольшем удалении от объекта. Изучение видового состава альгофлоры проводили микроскопированием с постановкой чашечных культур со стеклами обрастания [1], количественный анализ осуществлялся с помощью метода прямого микроскопирования [2].

В почвах лесных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский» было выявлено 45 видов почвенных водорослей, таксономическая структура альгофлоры представлена 3 отделами: Chlorophyta – 26 видов (57,8 %), Ochrophyta – 12 (26,7%) и Bacillariophyta – 7 (15,5%) (табл.).

**Видовой состав почвенных водорослей хвойных лесов
в районе объекта «Марадыковский»**

№	Виды	Жизненная форма	Хвойные фитоценозы	
			Еловый лес	Сосновый лес
1	2	3	4	5
Отдел Ochrophyta				
1	<i>Botrydiopsis arhiza</i> Borzi	Ch		+
2	<i>Botrydiopsis eriensis</i> Snow	Ch	+	+
3	<i>Characiopsis minima</i> Pasch.	X	+	
4	<i>Eustigmatos magnus</i> (B. Petersen) Hibberd	Ch	+	+
5	<i>Ellipsoidion oocystoides</i> Pasch.	X		+
6	<i>Pleurochloris anomala</i> James	X		+
7	<i>Pleurochloris commutata</i> Pasch.	X	+	+
8	<i>Pleurochloris lobata</i> Pasch.	X		+
9	<i>Pleurochloris pyrenoidosa</i> Pasch.	X		+
10	<i>Vischeria aculeata</i> Pasch.	X	+	
11	<i>Vischeria helvetica</i> (Vischer et Pasch.) Hibberd	X	+	+
12	<i>Vischeria irregularis</i> Pasch.	X	+	+
Отдел Bacillariophyta				
13	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun.	B	+	+
14	<i>Navicula</i> sp.	B	+	
15	<i>Navicula pelliculosa</i> (Breb.) Hilse	B	+	
16	<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	B	+	
17	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	B	+	
18	<i>Pinnularia</i> sp.	B	+	
19	<i>Stauroneis anceps</i> Ehr.	B	+	
Отдел Chlorophyta				
20	<i>Actinochloris sphaerica</i> Korsch.	Ch	+	+
21	<i>Borodinella polytetras</i> Mill.	Ch		+
22	<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrova	Ch	+	+
23	<i>Chlamydomonas conversa</i> Kosch.	hydr		+
24	<i>Chlamydomonas elliptica</i> Korsch.	C		+
25	<i>Chlamydomonas gelatinosa</i> Korsch.	C		+
26	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch. in Pascher var. <i>gloeogama</i>	C	+	+
27	<i>Chlamydomonas incerta</i> Pasch.	C		+
28	<i>Chlamydomonas oblongella</i> Lund	C	+	+
29	<i>Chlamydomonas minutissima</i> Korsch.	C		+
30	<i>Chlamydomonas reinchardii</i> Dangeard	C		+
31	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. var. <i>vulgaris</i>	Ch	+	+
32	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Menegh.	Ch	+	+
33	<i>Chlorococcum hypnosporum</i> Starr	Ch		+
34	<i>Chlorococcum</i> sp.	Ch	+	
35	<i>Coccomyxa solorinae</i> Chod	Ch	+	
36	<i>Cylindrocystis crassa</i> De Bary	C		+
37	<i>Klebsormidium dissectum</i> (Gay.) Ettl et Gärtner	H		+

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
38	<i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kütz.) Silva et al.	H		+
39	<i>Klebsormidium nitens</i> (Minegh. in Kütz.) Lokh.	H	+	+
40	<i>Klebsormidium rivulare</i> (Kütz.), comb. nova	H	+	
41	<i>Myrmecia bisecta</i> Reisingl	X		+
42	<i>Penium borgeanum</i> Skuja	hydr	+	+
43	<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Mainx) Fott	X	+	+
44	<i>Stichococcus minor</i> Näg.	X	+	+
45	<i>Tetracystis aggregata</i> Brown et Bold	Ch	+	
	Всего:		28	32

В почвах еловых лесов было выявлено 28 видов водорослей, в сосновых – 32. Более высокое видовое разнообразие альгофлоры сосновых лесов, по сравнению с еловыми, отмечено и другими исследователями [3]. По видовому разнообразию в обоих фитоценозах преобладали зеленые водоросли. В состав доминантов входили: *Coccomyxa solarinae*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Chlamydomonas gloeogama*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Klebsormidium flaccidum*, (Chlorophyta); *Pleurochloris commutata*, *Vischeria helvetica* (Ochrophyta). До функционирования объекта в лесных фитоценозах данного района в качестве доминантов были отмечены зеленые водоросли (виды родов *Chlamydomonas*, *Coccomyxa*, *Chlorococcum*, *Stichococcus*, *Klebsormidium*) [4]. Преобладающими во всех типах лесов являются зеленые водоросли, иногда массового развития достигают желтозеленые водоросли, ЦБ значительной роли в альгосинузиях не играют [3]. По данным [5] в еловых лесах доминирующим отделом являются желтозеленые водоросли.

Количественные показатели альгофлоры еловых и сосновых фитоценозов района объекта «Марадыковский» приведены на рисунке. На участках мониторинга численность почвенных водорослей и ЦБ варьирует в широких пределах – от 59,3 до 243,1 тыс. кл./г. почвы. Наименьшая численность водорослей была отмечена на участках, расположенных ближе к объекту и населенному пункту и испытывающих рекреационную и техногенную нагрузки (13, 18, 19 и 30). Более высокая численность водорослей отмечена на контрольных участках (112 и 157). По видовому составу и по численности в лесных фитоценозах преобладали зеленые водоросли.

Формула эковиоморф сосновых фитоценозов: $X_{10}Ch_9C_7H_3hydr_2B_1$; еловых – $Ch_9 X_7B_7C_2H_2hydr_1$. Преобладают теневыносливые виды и виды-убиквисты.

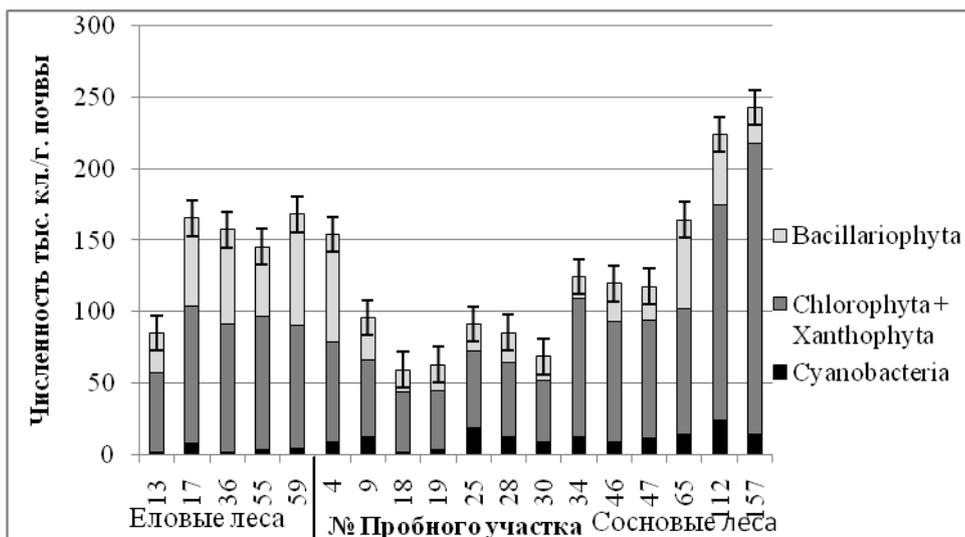


Рис. Численность почвенных водорослей и цианобактерий лесных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский», тыс. кл./г. почвы

Альгофлора изученных хвойных лесов соответствует зональному типу. Доминируют зеленые водоросли, отмечены представители желтозеленых и диатомовых водорослей. Для всех исследуемых хвойных фитоценозов наиболее высокая численность клеток была отмечена для зеленых водорослей.

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. Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
3. Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.
4. Кондакова Л. В. Использование почвенных водорослей в мониторинге техногенных и фоновых территорий Кировской области // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: теория, методика, практика: Материалы Всерос. науч. школы. Киров. 2004. С. 180–183.
5. Новаковская И. В., Патова Е. Н. Почвенные водоросли еловых лесов и изменения в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар, 2012. 128 с.

АЛЬГОФЛОРА ПОЧВ ПониЖЕНИЙ ПОЙМЕННОГО ЛУГА НА ТЕХНОГЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

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

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com*

³ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

Почвенные водоросли и цианобактерии широко используются в качестве биологических индикаторов в естественных и антропогенно трансформированных почвах. Под влиянием техногенной нагрузки в составе альгофлоры происходят изменения видового разнообразия, структуры альгогруппировок, состава доминирующих комплексов, соотношения жизненных форм, отражающих экологические характеристики видов [1].

Целью исследования являлось изучение видового разнообразия и структуры альгогруппировок в почвах межгривных понижений пойменного луга в окрестностях химических предприятий г. Кирово-Чепецка.

Пойменный луг являлся экспериментальным полигоном для утилизации богатой азотом воды из загрязненных водоемов. Участки понижений представляли особый интерес, так как выполняли функцию биоплато. На них развивалась влаголюбивая нитрофильная растительность, в том числе виды - поглотители азота, рекомендуемые для создания искусственных биопрудов: тростник, рогоз. Обследовались почвы пяти межгривных понижений, на два из которых (4 и 5) подавалась богатая азотом вода в 2014 и 2015 гг. Почвы относятся к аллювиальным перегнойно-глеевым [2]. В качестве главных факторов воздействия на почвенную альгофлору в межгривных понижениях рассматривали избыточное увлажнение и высокое содержание в субстрате азота.

Почвенные пробы отбирали в июне и августе 2016 г. Во время весенне-го паводка луг был полностью затоплен, и в июне вода еще стояла в наиболее глубоких частях понижений. В августе участки пробоотбора были относительно сухими. Изучение видового состава альгофлоры проводили постановкой чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопированием свежезятой почвы.

Результаты исследований представлены в таблицах 1 и 2.

В почвах понижений было выявлено 58 видов почвенных водорослей и цианобактерий (ЦБ), в т. ч. Cyanobacteria – 15 (25,9%), Chlorophyta – 22 (37,9%), Xanthophyta – 7 (12,1%), Bacillariophyta – 12 (20,7%), Euglenophyta - 2 (3,4%) , причем в июньских пробах отмечено 33 вида фототрофов, в августе – 48 (табл. 1).

Альгофлора понижений по видовому разнообразию значительно различалась. За исключением 2-го понижения, в июньских пробах видовое разнообразие было существенно ниже, особенно в 1 и 4 понижениях. По числу видов преобладали зеленые водоросли, доминирующие в почвах лесной зоны. Согласно литературным данным [3, 4], зеленые водоросли отзывчивы на

азотные удобрения и способны переносить значительные их концентрации. В почвах понижений большую роль играют диатомовые водоросли: они отмечены во всех пробах. В понижениях их видовое разнообразие выше, чем на грибах [5], они интенсивно развиваются в чашечных культурах. Среди диатомей отмечены гидрофильные виды: *Pinnularia viridis*, *P. mesolepta*, *Gyrosigma acuminatum*, *Tabellaria fenestrata*. Доминантами сообществ являлись: *Pinnularia subcapitata*, *P. viridis*, *Navicula pelliculosa*, *Nitzschia palea*. Наибольшее количество видов ЦБ отмечено в июньских пробах почв из 1-го и 3-го понижений, в пробах, отобранных в августе, цианобактерии были выявлены только в 1-м понижении, причем количество видов увеличилось с 4 до 10 (табл. 1).

Таблица 1

Количество видов водорослей и ЦБ в почвах понижений

№ понижения	Cyanobacteria		Chlorophyta		Xanthophyta		Bacillariophyta		Euglenophyta		Всего	
	06*	08**	06	08	06	08	06	08	06	08	06	08
1	4	10	3	11	1	2	2	3	0	0	10	26
2	1	0	4	1	2	1	2	6	0	0	9	8
3	4	0	2	4	0	2	2	7	1	0	9	13
4	0	0	3	11	1	3	1	6	1	2	7	21
5	3	0	2	4	0	1	3	8	0	0	8	13

* – пробы, отобраны в июне 2016 г. ** – пробы отобраны в августе 2016 г.

Альгосинузии пойменных почв формируются под действием мощного экологического фактора – паводка, который не только обуславливает повышение влажности, но и вносит в почву многие виды водных водорослей [6]. Эвгленовые водоросли отмечены в пробах из 3-го и 4-го понижений. В почвах 4-го понижения, наиболее насыщенных минеральными соединениями азота, наблюдали интенсивное развитие водоросли *Euglena mutabilis*. Имеются данные о способности эвглен выдерживать высокие концентрации солей [7].

Экологическая структура альгофлоры почв понижений отражает степень влияния факторов: избыточного увлажнения и высокой концентрации азота (табл. 2).

Таблица 2

Экологическая структура альгофлоры почв понижений

№ понижения	Структура альгофлоры
1	P ₁₁ Ch ₆ H ₅ B ₃ X ₃ C ₂ hydr ₂ amph ₁
2	B ₆ H ₅ Ch ₂ hydr ₂ P ₁
3	B ₆ hydr ₄ H ₃ P ₂ X ₂ CF ₁ C ₁ Ch ₁ amph ₁
4	B ₅ Ch ₅ H ₄ X ₄ hydr ₄ C ₂ P ₁ amph ₁
5	B ₆ hydr ₄ H ₃ Ch ₃ C ₂ X ₂ P ₁

В экологической структуре альгофлоры почв понижений на первое место выходит В – форма, представленная диатомовыми водорослями, требовательными к увлажнению и, кроме того, устойчивыми к высокой концентрации солей. Ch – форма, включающая виды, отличающиеся исключительной

выносливостью к различным экстремальным условиям, особенно характерна для почв 1-го и 4-го понижений.

В целом, следует отметить невысокое видовое разнообразие микрофототрофов, отсутствие азотфиксирующих ЦБ на участках с высоким содержанием азота, изменение экологической структуры альгосинузий в зависимости от факторов среды.

Если сравнивать видовое разнообразие водорослей понижений, то можно отметить некоторые черты сходства почв 1 и 4 понижений, а также 3 и 5 понижений.

Во время паводка влияние поверхностных водных объектов: р. Елховки и оз. Бобровое-2 на 1-е и 4-е понижение, соответственно, более существенно, чем на остальные, относительно изолированные понижения. Можно предположить, что рост видового разнообразия в августе связан с приносом водных видов во время паводка. Следовательно, в оценке воздействия на альгофлору фактор паводка можно рассматривать как приоритетный по сравнению с избыточным содержанием азота в субстрате.

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. Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Ботан. журн., 1990. Т. 75. № 4. С. 441–453.
2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
3. Некрасова К. А. Опыт изучения почвенных водорослей как индикаторов обеспеченности почвы элементами минерального питания растений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ленинград; 1971. 26 с.
4. Третьякова А. Н., Балежина Л. С. О действии минеральных удобрений и извести на микробное состояние дерново-подзолистой почвы // Повышение эффективности применения удобрений в хозяйствах Уральской зоны. Пермь, 1983. С. 43–49.
5. Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Специфика поверхностных разрастаний микрофототрофов на почвах пойменных лугов в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса/ Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием Книга 1. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2014. С. 268–271.
6. Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М. Наука. 1984. 152 с.
7. Штина Э. А., Антипина Г. С., Козловская Л. С. Альгофлора болот Карелии, ее динамика. Л.: Наука, 1981. 269 с.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ АЛЬГОФЛОРЫ ПОЙМЕННЫХ ВОДОЕМОВ ТЕХНОГЕННОГО ЛАНДШАФТА

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

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

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

³ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

В районе г. Кирово-Чепецка – центра химической промышленности Кировской области – в долине р. Вятки сформировался ландшафт, водные объекты которого – как природные, так и искусственные – в той или иной степени испытывают техногенную нагрузку. В частности, в водоемы (озера и карьеры) разгружаются загрязненные подземные воды. Поскольку высокая минерализация подземных вод в значительной степени обусловлена соединениями азота – биогенного элемента – влияние такого рода загрязнения на биоту неоднозначное.

Фитопланктон – основной продуцент органического вещества в водоемах, за счет которого существуют водные гетеротрофные животные и некоторые бактерии. Обилие фитопланктона в различных частях водоема зависит от содержания биогенных веществ. В водах умеренного климата проявляется сезонность развития планктона. Некоторые организмы планктона служат индикаторами степени загрязненности водоема.

Пробы воды из пойменных озер Бобровое-1, Бобровое-2, Березовое, а также из карьера, связанного с оз. Березовым, были отобраны в августе 2016 года. Уровень концентрации солей в водоемах отражает электропроводность воды. Результаты замеров электропроводности представлены на рисунке 1.

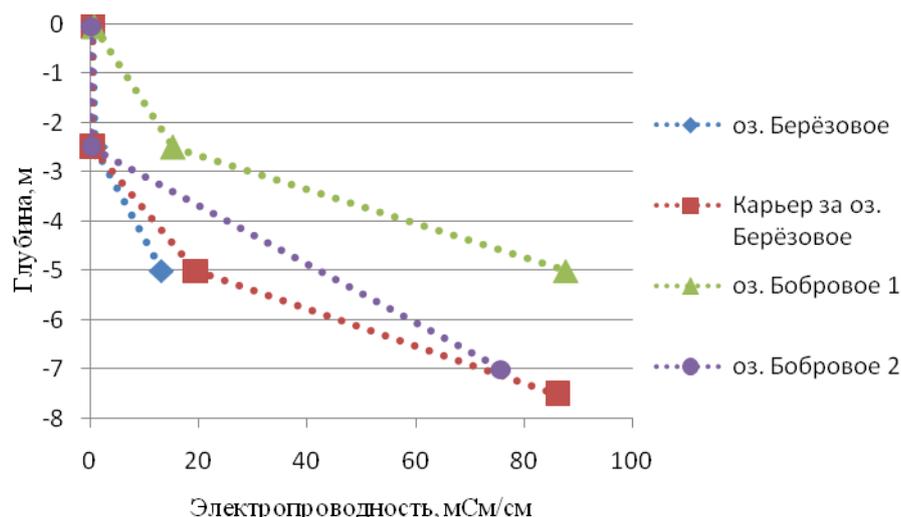


Рис. 1. Электропроводность воды в водоемах на разных глубинах

Для изучения фитопланктона использовали отстойный метод: 0,5 литра воды помещали в бутылку и фиксировали 2 мл 40% формалина до появления

устойчивого запаха. Вода отстаивалась 15–20 дней, планктон в это время осаждался. Воду отсасывали из середины бутылки сифоном, при этом планктон оставался на дне. Видовой состав фитопланктона изучали под микроскопом.

В изученных пойменных озерах видовое разнообразие альгофлоры невысокое (рис. 2). Наибольшее количество видов выявлено в озерах Бобровое-1 и Бобровое-2. Более богатое видовое разнообразие отмечено в поверхностном слое воды (0–0,05 м) обоих озер и на глубине 2,5 м в оз. Бобровое-1, причем на глубине 2,5 м видовое разнообразие водорослей в озере Бобровое-1 выше, чем в более чистом озере Бобровое-2. В придонных слоях Бобровых озер видовое разнообразие низкое, в оз. Бобровое-2 на глубине 7 м оно выше, чем в Бобровом – 1 на глубине 5 м.

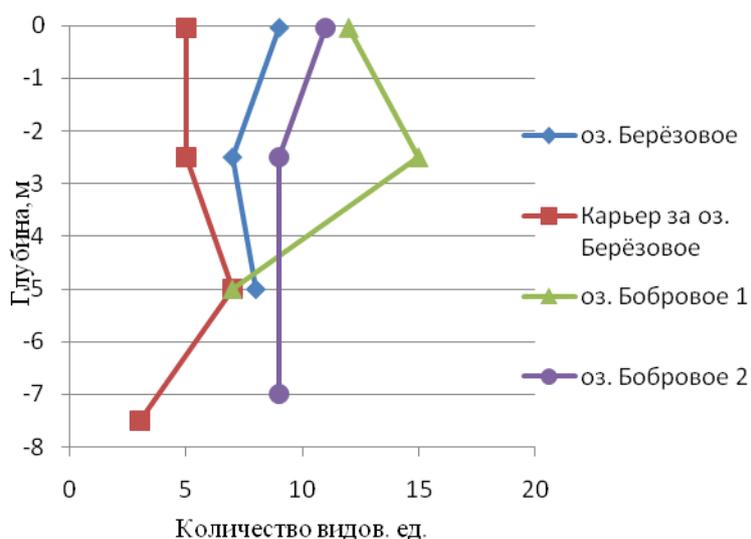


Рис. 2. Изменение видового разнообразия водорослей с глубиной

Несмотря на то, что оз. Березовое и карьер соединяются мелководной протокой, обеспечивающей близкий химический состав воды в верхних слоях водоемов, количество видов водорослей в пробах, отобранных из поверхностных слоев, различалось: в озере обнаружено 9 видов, в карьере – 5. По количеству видов в изученных водоемах преобладают одноклеточные и колониальные зеленые водоросли: *Chlorococcum sp.*, *Chlorella vulgaris*, *Pandorina morum*, *Scenedesmus quadricauda*, *S. bijugatus*, *S. acuminatus*, *Keratococcus bicaudatus*, *Crucigenia tetrapedia*, *Pediastrum boryanum* и др.

Наиболее близкое видовое разнообразие в разных водоемах отмечено на глубине 5 м, однако на этой глубине (при одинаковой освещенности) минерализация воды в карьере и в озере Березовом сопоставима, а в оз. Бобровое-1 – почти в 5 раз выше (рис. 1).

Таким образом, прямой зависимости между количеством видов водорослей и электропроводностью воды не выявлено. Однако, более высокое видовое разнообразие в глубинных пробах озер Бобровое-1, Березовое и карьера характерно для проб, в которых электропроводность варьировала в пределах

от 13 до 20 мС/см, что соответствует содержанию нитрата аммония в воде на уровне от 7 до 12 г/л.

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.

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ СВИНЦА НА БАКТЕРИИ РОДА *BACILLUS*

Л. И. Домрачева^{1,2}, К. А. Леонова¹, А. И. Фокина³, С. Г. Скугорева^{1,2,3}

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

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Вятский государственный университет

Присутствующий в окружающей среде свинец (Pb) оказывает определенные действия на все живые организмы. При попадании ионов свинца в почву, как и других тяжелых металлов (ТМ), происходят изменения состава микробных сообществ и особенностей их функционирования. В частности, установлено, что под влиянием Pb снижаются такие показатели состояния микробных комплексов, как микробная биомасса, активность азотфиксации и нитрификации [1]; субстратиндуцируемое и основное «дыхание» почвы [2]. При этом изучение устойчивости бактериальных штаммов, выделяемых из загрязненных металлами почвы, показывает, что они способны продуцировать кислоты и сидерофоры и/или солюбизировать фосфат кальция [3]. Большая часть из 107 бактериальных изолятов была устойчива к хрому (99%), далее следовали штаммы, устойчивые к свинцу (93%), меди (87%) и цинку (86%); 77, 49 и 45% штаммов были чувствительны к кобальту, никелю и кадмию соответственно.

Изучение свинцовоустойчивых штаммов показало, что для снижения его высокой токсичности микроорганизмы (МО) выработали несколько механизмов, которые позволяют им выживать в присутствии Pb(II). Главные механизмы устойчивости к Pb включают адсорбцию на внеклеточных полисахаридах, вытеснение из клетки, захват Pb в виде нерастворимых фосфатов и отток ионов наружу, связывание Pb регуляторными белками [4].

Выделение и культивирование подобных свинцовоустойчивых штаммов может иметь большое значение для создания препаратов, используемых в биоремедиационных целях.

Цель данной работы – изучение действия возрастающих концентраций Pb на рост бактерий р. *Bacillus*.

Работа была проведена в 3 этапа. На 1-м этапе проводили количественный учет микроорганизмов (бактерии-аммонификаторы на среде МПА) в дерново-подзолистой почве, отобранной вблизи села Вишкиль (Кировская область). Проведенный химический анализ показал, что содержание ТМ в ис-

следуемой почве не превышает ПДК. В опытном варианте к почве добавляли ацетат свинца в концентрации, соответствующей 20 ПДК.

Было установлено, что Рb является сильнейшим стресс-фактором по отношению к почвенным бактериям, снижая их численность более чем в 6 раз (табл. 1). Среди МО, выросших в среде со Рb, преобладали спорообразующие бактерии р. *Bacillus*.

Таблица 1

Влияние ионов свинца на численность гетеротрофных бактерий в почве (тыс. КОЕ/г)

Вариант	Численность бактерий
Контроль	550,0±28,0
Рb(II) 20 ПДК	90,0±17,7

На 2-м этапе работы из бациллярных колоний в чистую культуру было выделено 3 вида: *B. mycoides*, *B. mesentericus*, *B. subtilis*.

На 3-м этапе работы в стерильной воде готовили суспензию каждого выделенного штамма и проводили посев на среду МПА с добавлением ацетата свинца в концентрациях, соответствующих 1, 10 и 20 ПДК. При снятии опыта определяли процент проросших колоний бацилл по отношению к контролю и средний диаметр колоний (табл. 2).

Таблица 2

Влияние возрастающих концентраций свинца на развитие бацилл

Вариант	<i>Bacillus mycoides</i>		<i>Bacillus mesentericus</i>		<i>Bacillus subtilis</i>	
	1	2	1	2	1	2
Контроль	100	4,5	100	1,9	100	0,37
Рb(II) 1 ПДК	90	4,3	100	1,9	90	1,16
Рb(II) 10 ПДК	80	3,6	100	1,7	70	0,71
Рb(II) 20 ПДК	0	0	100	1,8	40	1,09

Примечание: 1 – количество проросших колоний в % по отношению к контролю; 2 – средний диаметр колоний, см.

Анализ результатов таблицы 2 показывает, что чувствительность и устойчивость испытуемых штаммов бацилл к возрастающим концентрациям свинца различна. Практически не изменяются ростовые параметры у *B. mesentericus*. Параллельно увеличению дозы Рb (1-10-20) ПДК снижается активность роста *B. subtilis* на 10, 30 и 60% соответственно. Наименьшей резистентностью по отношению к ионам Рb обладает *B. mycoides*, не прорастая совсем на среде с 20 ПДК Рb.

Таким образом, выделение в чистую культуру и выращивание 3-х видов бацилл на среде с возрастающими концентрациями свинца позволяет сделать вывод о перспективности дальнейшего изучения и использования *B. mesentericus* в опытах по созданию растительно-бациллярных ассоциаций, предназначенных для ремедиации почв, загрязненных ионами свинца.

Работа выполнена в рамках государственного задания Вятского государственного университета по теме «Механизмы адаптации и устойчивости почвенной микробиоты к техногенному загрязнению» №5.4962.2017/БЧ.

Литература

1. Селивановская С. Ю., Киямова С. Н., Латыпова В. З. Влияние осадков сточных вод, содержащих металлы, на микробные сообщества серой лесной почвы // Почвоведение, 2002. № 5. С. 588–594.
2. Broos K., Mertens J., Smolders E. Toxicity of heavy metals in soil assessed with various microbial and plant growth assays^ A comparative study // Environ. Toxicol. and Chem. 2005. № 3. P. 634–640.
3. Abou-Shanab R. A., Ghazlan H., Ghanem K., Moawad H. Behavior of bacterial populations isolated from rhizosphere of *Diplachne fusca* dominant in industrial sites // World J. Microbiol. and Biotechnol. 2005. V. 21. № 6–7. P. 1095–1101.
4. Jarostawiecka A., Piotrowska-Seget Z. Microbiology // Microbiology Society/ 2014. V. 160. № 1. P. 12–25.

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ФРАГМЕНТАЦИИ И ВОЗРАСТА КУЛЬТУРЫ ЦИАНОБАКТЕРИЙ НА РЕЗУЛЬТАТ БИОТЕСТИРОВАНИЯ С ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

*Т. Н. Коткина*¹, *А. И. Фокина*¹, *Ю. Н. Зыкова*²

¹ Вятский государственный университет, *annushka-fokina@mail.ru*

² Вятская государственная сельскохозяйственная академия, *orewek7@rambler.ru*

Тетразольно-топографический метод является перспективным методом в биотестировании. Исследование особенностей протекания в микроорганизмах микрокристаллоскопической реакции (переход 2,3,5-трифенилтетразолия хлорида в формазан под действием дегидрогеназ живого организма) позволяет совершенствовать данную методику по определению токсичности. Ранее было выявлено, что чувствительной культурой цианобактерий для реализации тетразольно-топографического метода определения токсичности является культура цианобактерий (ЦБ) *N. paludosum* 18. Ее применение позволило получить воспроизводимые результаты с достоверным отличием от контроля, служащим сигналом токсичности среды. В качестве модельного токсиканта использован сульфат меди(II). Оптимальный для биотестирования титр культуры составил $2 \cdot 10^7$ кл/мл. Использование культуры с более низким титром приводило к существенной гибели культуры при контакте с раствором модельного токсиканта и исключением возможности получать достоверные данные. При более высоком титре культура теряла чувствительность и отсутствовала зависимость между дозой и эффектом. Оптимальной продолжительностью контакта культуры с раствором токсиканта в области сублетальных концентраций токсикантов при освещенности 4500 лк и температуре 27 °С является 40–60 минут [1, 2]. Однако, на результат биотестирования могут

влиять и другие факторы. Например, известно, что степень агрегированности ЦБ влияет на их устойчивость к действию ионов меди [3].

Целью работы являлось исследование влияния степени фрагментации культуры и ее возраста на результат биотестирования тетразольно-топографическим методом.

Для изучения влияния степени фрагментации на результат биотестирования, проводили гомогенизацию культуры ЦБ в течение 0,5; 1 и 3 минут при 11000 об./мин. Заливали раствором сульфата меди (II) с 2,7 мг $\text{Cu}^{2+}/\text{дм}^3$. Титр культуры составил $2 \cdot 10^7$ кл/мл. Время контакта культуры с раствором токсиканта – 60 минут, освещенность – 4500 лк. Далее культуру отмывали и заливали 1%-ным раствором ТТХ и оставляли на 60 минут при той же освещенности, что и на предыдущем этапе. Подсчитывали долю клеток с кристаллами формазана. Контролем служила культура с той же степенью фрагментации.

Для изучения влияния возраста культуры, изучали 1, 2-х, 3-х, 4-х и шестимесячные культуры, гомогенизированные до состояния, установленного как оптимальное в предыдущем опыте.

Выявлено, что на результат эксперимента влияет степень фрагментации нитей культуры (табл. 1).

Таблица 1

Влияние степени фрагментации и ионов меди (II) на жизнеспособность ЦБ *N. paludosum*

Продолжительность гомогенизации, мин.	Степень фрагментации	Жизнеспособность, %	
		Контроль	2,7 мг $\text{Cu}^{2+}/\text{дм}^3$
0	Цепочки из 1–10 клеток – 37%; цепочки из более, чем 10 клеток – 63%	66,7±6,5	24,0±2,2
0,5	Цепочки из 1–10 клеток – 75%; цепочки из более, чем 10 клеток – 25%	64±15	32,5±0,6
1	Цепочки из 1–10 клеток – 94%; цепочки из более, чем 10 клеток – 6%	88,3±5,5	42,12±6,6
3	Цепочки из 1–10 клеток – 98%; цепочки из более, чем 10 клеток – 2%	74,7±5,2	42,3±6,3

Так, например, до гомогенизации культуры в суспензии около 63% клеток ЦБ находились в составе нитей длиной более 10 клеток при этом кристаллы формазана после контакта культуры с раствором ТТХ обнаружены у 67% клеток, при гомогенизации культуры до состояния, когда почти все клетки находятся в цепочках из 10 клеток и менее – 75%. Разница может быть обусловлена возможностью веществ контактировать с клетками. При менее фрагментированном состоянии культуры, доля клеток с формазаном меньше, чем в культуре с большей степенью фрагментации из-за невозможности контакта ТТХ с клетками, окруженными цепочками из других клеток. Степень фрагментации оказывает существенное влияние на результат биотестирования. Так доля клеток негомогенизированной культуры после контакта с раствором соли меди (концентрация ионов меди (II) составляла 2,7 мг/дм³), в ко-

торых образовались кристаллы формазана составляет всего 23–24%, в то время как увеличение фрагментации приводит к увеличению этого показателя до 43–45%. И дело даже не в том, что раствор соли меди(II) оказывается более токсичным для менее фрагментированной культуры, а как и в первом случае – достаточно много клеток находятся в относительно недоступном для веществ состоянии.

Возраст культуры в значительной степени влияет на результат биотестирования (табл. 2).

Таблица 2

Влияние возраста культуры ЦБ *N. paludosum* ионов меди (II) на жизнеспособность клеток

Возраст культуры, месяцы	Жизнеспособность, %	
	Контроль	2,7 мг Cu^{2+} /дм ³
1	96,7±6,5	44,0±2,2
2	93,4±1,5	42,5±0,6
4	92,0±3,5	42,12±6,6
6	80,7±3,2	29,3±6,3

Между результатами, полученными с 1, 2 и 4-х месячными культурами при исследовании раствора сульфата меди (II) с концентрацией ионов меди (II), равной 2,7 мг Cu^{2+} /дм³, достоверных различий нет. Жизнеспособность одномесячной культуры оказалась достаточно высокой, в отдельных повторностях ее значение достигало 98–99%. Отличаются от остальных результаты, полученные в опытах с шестимесячной культуры, как в ее контрольном, так и опытном (с ионами меди) вариантах, жизнеспособность существенно ниже, чем в остальных вариантах. Кроме того, замечено, что гомогенат шестимесячной культуры, по сравнению с другими, менее, чем через сутки приобретает бурую окраску.

Таким образом, в результате эксперимента установлено, что степень фрагментации нитей ЦБ оказывает большое влияние на результаты опыта. Оптимальной степенью фрагментации является состояние, когда более 94% клеток находится в цепочках менее, чем из 10 клеток. Старение культуры приводит к существенному снижению жизнеспособности клеток ЦБ в присутствии токсиканта. Оптимальным возрастом культуры для биотестирования является 1–4 месяца.

Работа выполнена в рамках государственного задания Вятского государственного университета по теме «Механизмы адаптации и устойчивости почвенной микробиоты к техногенному загрязнению» №5.4962.2017/БЧ.

Литература

1. Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар, 2011. С. 113–120.
2. Фокина А. И., Огородникова С. Ю., Зыкова Ю. Н., Домрачева Л. И., Березин Г. И., Кудряшов Н. А., Коткина Т. Н., Лялина Е. И. Корректировка условий применения

микрористаллоскопической реакции на дегидрогеназную активность для ее использования в биотестировании // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2016. С. 139–142.

3. Домрачева Л. И., Фокина А. И., Огородникова С. Ю., Зыкова Ю. Н., Кондакова Л. В. Адаптационные реакции микроорганизмов на стрессовые воздействия // Особенности урбозкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока. Киров, 2012. С. 180–231.

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ АВТОШАМПУНЯ UNI НА РАЗВИТИЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ *NOSTOC PALUDOSUM*

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

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

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Большую опасность в настоящее время представляют поверхностно-активные вещества (ПАВ), применяемые более, чем в 100 отраслях промышленности, которые также являются активной основой бытовых и промышленных моющих средств. Доказано, что способностью усваивать ПАВ в качестве источника углерода и энергии обладают бактериальные штаммы родов *Bacillus*, *Kocuria*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Stenotrophomonas*, которые можно рассматривать как перспективные объекты при разработке способов удаления ПАВ из промышленных отходов [1].

Известно, что активными микроорганизмами-биоремедиаторами, индикаторами и тест-организмами являются почвенные водоросли и цианобактерии (ЦБ), работа с которыми в течение многих лет проводится на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА и в лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГУ.

Наши предыдущие опыты показали, что ПАВ изменяют такой показатель биологической активности ЦБ, как дегидрогеназная активность [2]. Они способны оказывать стимулирующее и токсическое воздействие на цианобактерии [3].

Цель данной работы – изучить влияние возрастающих концентраций автошампуня Uni на развитие ЦБ *Nostoc paludosum* в стерильной почве.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили, используя альгологически чистую культуру цианобактерий *Nostoc paludosum* Kütz № 18 вносили в стерильную дерново-подзолистую почву, в чашки которые одновременно вносили автошампунь Uni в следующих количествах от рекомендуемой дозы (р. д.) 30 г/1000 мл воды (1 р. д.): 0,25; 0,5; 1; 2 и 4 р. д.

Почву увлажняли дистиллированной водой. В каждый вариант опыта добавляли гомогенизированную суспензию ностока в количестве 1 мл с титром $4,75 \times 10^8$ клеток/мл. На поверхность песка раскладывали покровные стекла.

Опыт проводили в течение 6 месяцев при 12-часовом искусственном освещении и температуре 22–24 °С с количественным учетом ЦБ через 30 суток и через 6 месяцев. Микроскопический учет ЦБ также проводили на стеклах обрастания, на которых размножался только *Nostoc paludosum*, так как все остальные аборигенные микрофототрофы погибли при стерилизации. Влажность почвы поддерживали на уровне 60% от полной влагоемкости.

В работе использована одна марка автошампуня: произведенный в Германии.

В наших предыдущих исследованиях было установлено, что из трех наиболее популярных автошампуней (Концентрат, Felix, Uni) для ЦБ наиболее токсичным является Uni, под действием которого гибель клеток *Nostoc paludosum* в чистой культуре составила 95,8%.

В предыдущей серии опытов маркерным признаком была ферментативная активность (дегидрогеназная) и по отсутствию или наличию кристаллов формазана определяли жизнеспособность клеток в зрелой популяции ЦБ.

В настоящей серии опытов токсичность шампуня оценивали по угнетающему воздействию на размножение клеток ЦБ и рост численности цианобактериальной инокуляции. За контроль была принята доза Uni, равная 0,05 г/л, что соответствует 0,25 р. д. Исходя из полученного количественного учета, можно считать, что при возрастании концентрации автошампуня происходит резкое снижение плотности цианобактериальной популяции, особенно резко выражено при 4 р.д. Uni. (рис.). Вычисленный коэффициент корреляции между дозами автошампуня и численностью *Nostoc paludosum* составляет 0,9995, что говорит о высокой степени [4].

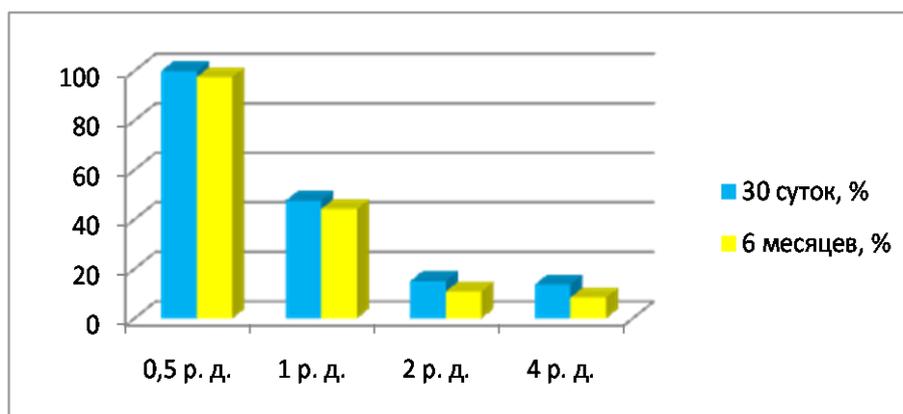


Рис. Тенденция влияния возрастающих концентраций автошампуня Uni на развитие ЦБ

Пролонгирование опыта до 6 месяцев незначительно сказалось на размере популяции *Nostoc paludosum* в контрольном варианте (0,25 р. д.), а также при дозах шампуня 0,5 и 1 р. д.. Однако при более высоких дозах Uni репрессивный эффект усиливается, что особенно ярко проявляется в варианте 4 р. д. При этом сохраняется тенденция снижения численности клеток ЦБ по мере увеличения концентрации испытуемого вещества ($r=0,9999$).

Использование ЦБ *Nostoc paludosum* в качестве тест-организмов показало, что автошампунь Uni, применяемый в концентрациях, рекомендуемых для мойки автомобилей, вызывают резкое снижение численности популяции ЦБ *N. paludosum*. Сила репрессивного воздействия на ЦБ увеличивается пропорционально возрастанию концентрации автошампуня ($r=0,99$).

В данном опыте впервые была определена токсичность марки автошампуня в концентрациях, рекомендуемых для мытья автомобилей (0,25 р.д., 0,5 р.д., 1 р.д., 2 р.д. и 4 р.д.) при использовании ЦБ в качестве тест-культуры. Продолжительность опыта практически не влияет на рост и развитие ЦБ.

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. Сопрунова О. П., Утяшева А. А. Новые штаммы бактерий - деструкторов ПАВ // Современные проблемы физиологии, экологии и биотехнологии микроорганизмов: Материалы Всерос. симпозиума с междунар. участием. М.: МАКС Пресс, 2014. С. 219.

2. Симакова В. С., Огородникова С. Ю., Домрачева Л. И. Изучение накопления формазана в клетках цианобактерий *Nostoc paludosum* под влиянием автошампуней // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностики живых систем: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров. 2015. С. 178–181.

3. Симакова В. С. Определение показателей окислительно-восстановительного потенциала и водородного показателя в автошампунях Felix, Концентрат и Uni // Научные исследования и разработки в эпоху глобализации: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Уфа. 2016. С. 23–26.

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

ДЕЙСТВИЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ *NOSTOC PALUDOSUM* И ГЕРБИЦИДА ГЛИФОСАТА НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ (МОДЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ)

Е. В. Коваль¹, А. В. Селезнева¹, С. Ю. Огородникова^{1,2}

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

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Применение пестицидов в хозяйственной деятельности человека нередко приводит к серьезным изменениям в составе и функционировании природных систем [1]. Глифосат (N-(фосфометил)- глицин, $C_3H_8NO_5P$) – неселективный системный гербицид, который применяют для борьбы с сорными растениями, особенно многолетними. По данным производителей, глифосат (ГЛ) в почве быстро разлагается, однако, есть сведения о том, что остаточные количества ГЛ способны сохраняться долгое время в окружающей среде [2, 3].

Препараты на основе N-(фосфонометил)- глицина относятся к 3 классу опасности для человека [4]. ГЛ очень быстро мигрирует по сосудистой системе растений и способен нанести им серьезные повреждения: хлорозы молодых листьев, торможение роста, изменение окраски (побурение, пожелтение), полегание стеблей, которые проявляются через 1–3 недели после применения. У многолетних растений, которые выжили после ошибочного опрыскивания, последствия обработки заметны спустя несколько лет [2].

В условиях загрязнения почв ГЛ перспективным является разработка методов фиторекультивации, основанных на повышении устойчивости растений к действию поллютанта. В сельском хозяйстве используются цианобактериальные препараты для повышения жизнеспособности растений в условиях стресса. Известно, что цианобактерии (ЦБ) *Nostoc muscorum*, *N. paludosum*, *N. linckia* проявляют устойчивость к действию тяжелых металлов [5], *N. commune* – к нефтепродуктам [6], а также повышают устойчивость ячменя к действию метилфосфоновой кислоты [7].

Цель работы – изучить действие ЦБ *N. paludosum* на жизнедеятельность растений пшеницы в условиях загрязнения ГЛ.

Объектами исследования были семена пшеницы сорта Ирень (*Triticum aestivum*), которые проращивали в чашках Петри на дистиллированной воде с добавлением ЦБ *N. paludosum* и без ЦБ (контроль). Семидневные проростки ячменя пересаживали в сосуды на водную среду, в качестве которой использовали питательный раствор Кнопа (контроль), растворы ГЛ, приготовленные на растворе Кнопа ($5 \cdot 10^{-4}$ моль/л и $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л). Возраст культуры ЦБ – 2 месяца, титр $6,5 \cdot 10^7$ кл/мл.

Изучали влияние обработки растений ЦБ на функциональный статус растений, выращенных в присутствии ГЛ, по показателям: интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) в корнях и листьях, содержание пластидных пигментов, аскорбиновой кислоты и линейного роста.

Интенсивность процессов ПОЛ анализировали по цветной реакции тиобарбитуровой кислоты с малоновым диальдегидом (МДА), который образуется в процессе ПОЛ [8]. Содержание пластидных пигментов в листьях ячменя определяли в ацетоновой вытяжке на спектрофотометре «Spocol» (Германия) [9]. Накопление аскорбиновой кислоты в растительных тканях оценивали фотометрически ($\lambda=265$ нм) [10]. Для определения линейного роста органов растений отбирали по 20 растений, измеряли длину побегов и корней.

Установлено, что ГЛ вызывал активацию процессов ПОЛ в листьях пшеницы, что проявилось в росте содержания МДА (рис. 1). Наибольшее увеличение количества МДА отмечали в листьях при воздействии ГЛ ($1 \cdot 10^{-4}$ моль/л) – в 2 раза от контроля. ЦБ инокуляция вызывала незначительную активацию процессов ПОЛ. Обработка семян ЦБ оказывала защитное действие на растения, выращенные в присутствии ГЛ. Отмечали снижение интенсивности процессов ПОЛ в листьях пшеницы в вариантах с совместным действием ЦБ и ГЛ, по сравнению с вариантами без обработки ЦБ.

Однако ГЛ вызывал снижение содержания МДА в корнях пшеницы (рис. 1). Цианобактериальная инокуляция семян индуцировала снижение интенсивности процессов ПОЛ в корнях во всех вариантах опытов.

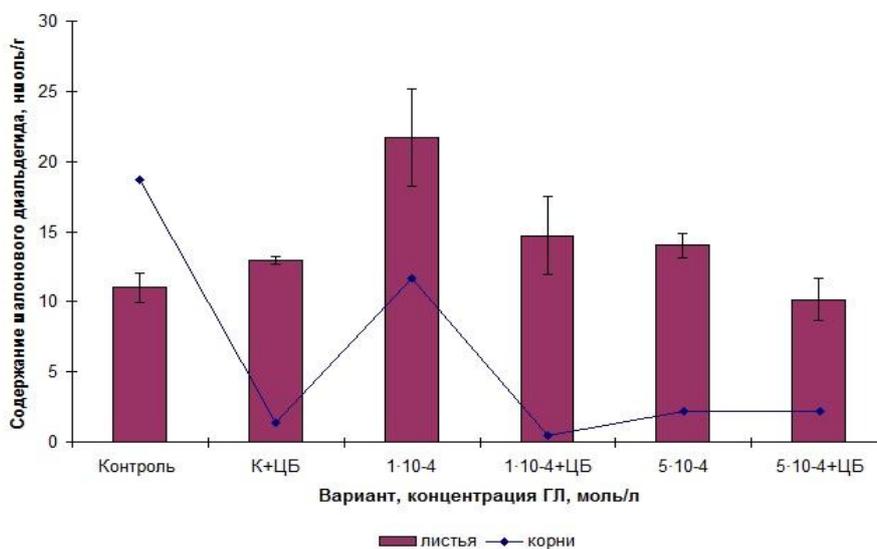


Рис. 1. Действие глифосата и ЦБ *N. paludosum* на содержание малонового диальдегида в листьях и корнях пшеницы

Аскорбиновая кислота (АК) играет важную роль в регуляции ферментативной активности, стимулирует реакции метаболизма, связанные с обменом нуклеиновых кислот и синтезом белка. Известно, что АК принимает участие в защитных реакциях растений и является признанным антиоксидантом, энергопротектором, ее накопление в растительных тканях происходит в ответ на стрессовые воздействия [11, 12]. Показано, что ГЛ вызывал индукцию накопления АК в листьях пшеницы. Значительное накопление АК в растительных клетках отмечали при действии ГЛ ($1 \cdot 10^{-4}$ моль/л) (рис. 2). Инокуляция семян ЦБ не вызывала достоверных изменений содержания АК в листьях. Однако, в условиях загрязнения среды выращивания ГЛ ЦБ обработка способствовала накоплению АК в листьях пшеницы, по сравнению с вариантами без инокуляции ЦБ. Повышенное накопление АК свидетельствует об активации антиоксидантной защиты в растительных клетках и направлено на адаптацию растений к действию ГЛ. Данные по накоплению в листьях пшеницы АК согласуются с результатами по изучению интенсивности процессов ПОЛ. Выявлена тесная корреляция между содержанием МДА в листьях пшеницы и количеством АК ($r = 0,87$).

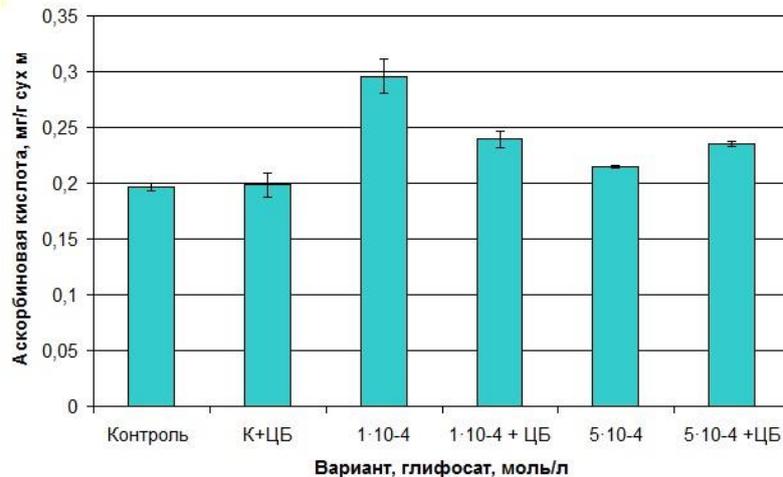


Рис. 2. Действие глифосата и ЦБ *N. paludosum* на содержание аскорбиновой кислоты в листьях пшеницы

Изучено накопление зеленых пигментов – хлорофиллов в листьях пшеницы. Выявлено, что присутствие в среде выращивания ГЛ приводило к снижению накопления хлорофиллов в листьях. Инокуляция семян ЦБ оказывала протекторное действие на растения, которые выращивали в присутствии ГЛ. Отмечали повышение содержания хлорофиллов в листьях растений, которые были обработаны ЦБ, по сравнению с растениями, которые выращивали на загрязненном ГЛ субстрате без ЦБ инокуляции.

Таблица

Действие глифосата и ЦБ *N. paludosum* на содержание пластидных пигментов (хлорофиллов)

Вариант, концентрация глифосата, моль/л	Сумма хлорофиллов (а+б), % к контролю
К+ЦБ	100
1·10 ⁻⁴	68*
1·10 ⁻⁴ + ЦБ	98
5·10 ⁻⁴	65*
5·10 ⁻⁴ + ЦБ	71*

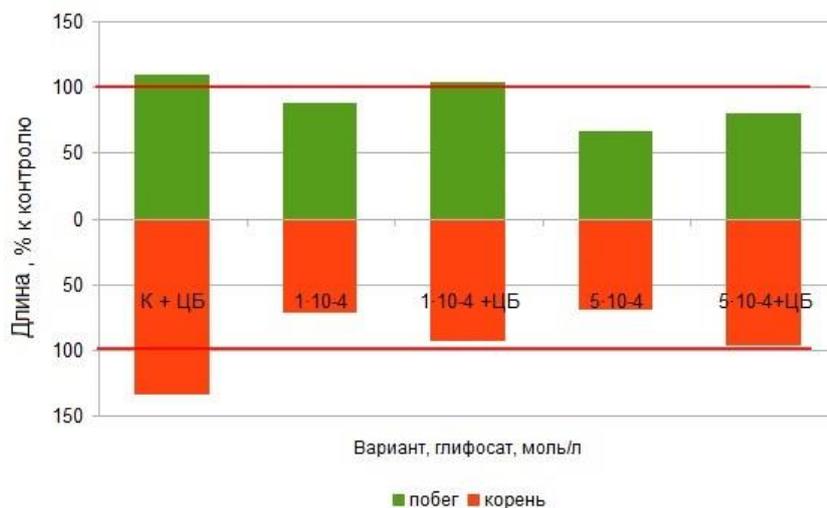
Примечание: * – различия между контролем и опытом достоверны при $P \leq 0,05$.

Адаптацию растений к условиям среды также можно оценить по показателям линейного роста. Цианобактериальная обработка семян оказывала ростактивирующее действие на растения. Длина корней и побегов растений, обработанных ЦБ, была, соответственно, в 1,3 и 1,1 раза выше, чем в контроле (рис. 3).

Глифосат вызывал ингибирование линейного роста пшеницы. Под влиянием ГЛ (1·10⁻⁴ моль/л) отмечали снижение длины корней и побегов на 30 и 12% соответственно, что согласуется с данными по активации окислительных процессов в растительных клетках (накопление МДА и АК). С ростом концентрации ГЛ усиливалось токсическое действие на побеги пшеницы. ГЛ

($5 \cdot 10^{-4}$ моль/л) вызывал торможение роста пшеницы, длина побегов и корней была на 30% меньше, чем в контроле. Инокуляция семян ЦБ *N. paludosum* при проращивании снижала токсическое действие ГЛ: рост побегов и корней пшеницы. Длина опытных растений, обработанных ЦБ и выращенных в условиях загрязнения субстрата ГЛ, была выше, чем в вариантах без обработки ЦБ.

Рис. 3. Действие глифосата и ЦБ *N. paludosum* на линейный рост



проростков пшеницы

Таким образом, обработка семян ЦБ *N. paludosum* оказывала фитопротекторное действие на растения пшеницы, которые выращивали в условиях загрязнения ГЛ. Инокуляция семян ЦБ снижала интенсивность процессов ПОЛ в листьях и корнях растений, вызывала рост количества хлорофиллов (а и б), стимулировала эффективность работы антиоксидантной системы, что проявилось в накоплении содержания АК. В результате биохимических перестроек в растительных клетках, направленных на повышение жизнеспособности растений в условиях загрязнения среды выращивания ГЛ, происходила активация линейного роста. В большей степени защитное действие ЦБ проявилось в варианте с действием ГЛ меньшей концентрации ($1 \cdot 10^{-4}$ моль/л).

Литература

1. Пестициды в экосистемах: проблемы и перспективы. Сер. «Экология». Вып. 33. 1994. 142 с.
2. Федтке К. Биохимия и физиология действия гербицидов. М., 1985. 223 с.
3. Шутов И. В., Бельков В. П. Применение гербицидов и арборицидов в лесовыращивании. Справочник. М.: Агропромиздат, 1989. 223 с.
4. Шушкова Т. В., Васильева Г. К., Ермакова И. Т., Леонтьевский А. А. Сорбция глифосата и его микробная деградация в почвенных суспензиях // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. № 6. С. 664–670.
5. Фокина А. И., Зыкова Ю. Н., Данилов Д. Н., Ашихмина Т. Я., Жмак М. С. Методология изучения влияния тяжелых металлов на культуры почвенных цианобактерий // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 3. С. 16–22.
6. Киреева Н. А., Кузяхметов Г. Г., Мифтахова А. М., Водопьянов В. В. Фитотоксичность антропогенно загрязненных почв. Уфа: Гилем, 2003. 266 с.

7. Коваль Е. В., Огородникова С. Ю. Влияние цианобактерии *Nostoc muscorum* на устойчивость растений ячменя к действию метилфосфоновой кислоты // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 2. С. 61–66.
8. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
9. Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–171.
10. Чупахина Г. Н. Физиологические и биохимические методы анализа растений: Практикум. Калининград: Изд-во КГУ, 2000. 59 с.
11. Бохински Р. Современные воззрения в биохимии. М., 1987. 543 с.
12. Чупахина Г. Н. Система аскорбиновой кислоты растений. Калининград, 1997. 120 с.

АКТИНОБИОТА БУРОЗЕМОВ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ С РАЗЛИЧНЫМ ТИПОМ КЛИМАТА

И. Г. Широких^{1,2}, С. С. Рычкова¹, Д. В. Лимонова¹

¹ *Вятский государственный университет,*

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

Современные экосистемы подвержены влиянию многих антропогенных факторов, что приводит к изменению и сокращению их биологического разнообразия невиданными в истории темпами. Изменение климата является дополнительным фактором, который способствует трансформации экосистем и утрате исходного разнообразия видов. Согласно данным МГЭИК, произошедшие в последнее время региональные изменения климата (в частности, повышение температуры), уже оказали воздействие на водные и наземные экосистемы [1]. По экспертным оценкам, изменение климата, вероятно, станет к концу нынешнего века основным механизмом, вызывающим массированное сокращение биоразнообразия [2].

Судя по прогнозам, сделанным на основе компьютерных моделей, средняя глобальная температура к 2100 году повысится на 1,4–5,8 °С. Для почв прогнозируемые последствия такого повышения температуры включают усиление воздействия теплового стресса, изменение режима выпадения осадков, более интенсивное вымывание питательных веществ из почвы во время сильных дождей, более сильную эрозию вследствие усиления ветров и увеличение числа случайных лесных пожаров в более сухих районах [3].

Усиление теплового стресса и увеличение засухливости почвы может снизить урожайность сельскохозяйственных культур, содействуя распространению вредителей и болезней. Климатические изменения могут также повлечь перестройки в структуре почвенных микробных сообществ, вызвать нарушения в циклах микробной трансформации важнейших биогенных элементов и снижение естественной супрессивности почвы. В роли природных регуляторов микробных сообществ, ограничивающих на корнях растений численность фитопатогенов и обуславливающих естественные супрессивные свойства почв, часто выступают продуцирующие антибиотики актиномицеты.

В какой степени климатические изменения представляют угрозу для сохранения биоразнообразия почвенной микробной системы, можно составить представление, сопоставив данные о микробных комплексах сходных по генезису и типу почв, сформированных в различных климатических условиях.

Целью нашей работы явилось изучение численности и разнообразия актиномицетов в бурых лесных почвах трех экосистем с континентальным умеренным, средиземноморским и умеренным муссонным климатом.

Объектами исследования служили буроземные почвы (Cambisols, согласно мировой коррелятивной базе почвенных ресурсов WRB), сформированные под пологом хвойно-широколиственных лесов в географически удаленных районах Евразии. Общей особенностью буроземов, вне зависимости от природно-климатической зоны, является богатый зольными элементами опад с высоким содержанием кальция, магния и др. Бурые лесные почвы содержат 5–10% гумуса, имеют бурую окраску, обусловленную накоплением во всех горизонтах глинистых минералов и оксидов железа, обычно слабокислые, обладают хорошей структурностью [4].

В работе были использованы образцы подстилки и бурой лесной почвы, отобранные в трех лесных экосистемах: 1) в апреле 2015 г. в лесном массиве сосны турецкой (*Pinus brutia* var. *pendulifolia*) вблизи п. Ичмелер (36°48'4" с.ш., 28°13'54" в.д.), расположенного в провинции Мугла на юго-западе Турции. Климат средиземноморский, с ярко выраженным дефицитом влаги в летний период и относительно мягкой и влажной зимой. Мощность подстилки изменяется в пределах от 0,5 до 3 см. Подстилка рыхлая, слаборазложившаяся, в ее составе преобладает хвоя. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН_{KCl} 5,0–5,5), содержание С_{орг.} 7,2%. 2) в августе 2014 г. в Национальном лесном парке Jinguuetan, расположенном на северо-востоке Китая (провинция Цзилинь), в 18 км от центра г. Чанчунь (43°41'23" с. ш., 125°24'11" в. д.), под кроной кедра корейского (*Pinus koraiensis*). Главные климатические особенности Манчжурии: жаркое и богатое атмосферными осадками лето и холодная малоснежная зима (муссонный тип климата). Мощность подстилки изменяется в пределах от 3 до 5 см. Реакция почвенного раствора слабо-кислая (рН_{KCl} 4,8–5,5), содержание С_{орг.} 5,6–8,4%. 3) в сентябре 2016 г. в ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуца», вблизи д. Каменюки (52°56'98" с. ш.; 23°80'31" в. д.), Беларусь. Климат континентальный умеренный. Зима – мягкая и короткая, лето длинное и умеренно теплое. Образцы были отобраны на территории выдела 77В/80Б смешанного леса, представленного дубравой грабово-кисличной. Средний возраст первого яруса 210 лет. В его составе дуб, сосна, ель, граб, клен (5Д2С1Е1Г1Кл). Во втором ярусе, подросте и подлеске доминирует граб с примесью ели, клена, березы, липы, дуба. Мощность подстилки изменяется в пределах от 3 до 6,5 см.

Анализировали в каждом случае по два усредненных образца, составленных объединением пяти индивидуальных проб, отобранных с площади 100 м². Комплекс актиномицетов выявляли с использованием селективного приема (прогревание при 70 °С в течение 4 час) при посеве разведений поч-

венных суспензий. На среде с пропионатом натрия характеризовали родовую структуру комплекса, на казеин-глицериновом агаре – видовую структуру стрептомицетов. Чашки с посевами культивировали при 28 °С в течение 10–14 сут. Колонии разных морфотипов учитывали дифференцированно и отсеивали на косой агар. После процедуры очистки культуры стрептомицетов идентифицировали с помощью ключа Гаузе [5].

Численность актиномицетов в исследуемых почвах и лесных подстилках изменялась от десятков до сотен тысяч колониеобразующих единиц в 1 г субстрата (табл.). Наиболее высокой численностью актиномицетов, участвующих в переработке наиболее трудно разлагаемых полимеров [6], характеризовались подстилки дубравы в Беловежской пуце и кедровника в Манчжурии. Минимальные значения численности были приурочены к таким субстратам, как подстилка сосны турецкой в условиях средиземноморского климата, а также почва дубравы грабово-кисличной в умеренно-континентальном климате. В муссонном климате Манчжурии численность актиномицетов в почве и подстилке различалась не столь существенно, как в других экотопах. Т. е. численность и распределение плотности мицелиальных прокариот в лесных экосистемах умеренных широт имели сходный характер, но отличный от того, что наблюдали в условиях Средиземноморья. Различия, очевидно, были связаны с особенностями средиземноморского климата, а именно, с ярко выраженным летним дефицитом влаги. Поэтому основным местом сосредоточения актиномицетов здесь явилась не подстилка, которая в период проведения исследований находилась в воздушно-сухом состоянии, а почва, благодаря некоторому имеющемуся в ней запасу влаги.

В зависимости от типа климата в исследованных почвах изменялись долевое участие актиномицетов в общем прокариотном комплексе и таксономическое разнообразие. Наиболее контрастными по количеству выделяемых таксонов оказались подстилки лесов Западной Турции и Манчжурии. Лесные подстилки Беловежской Пуцы занимали промежуточное положение (табл.). Менее значимыми, чем в подстилках, были различия между комплексами актиномицетов, выявленными в почвах. Максимальное родовое разнообразие актиномицетов обнаружено в буроземе Манчжурии, а видовое – в буроземе западной Турции.

**Сравнительная характеристика комплексов актиномицетов в бурых лесных почвах экосистем
с различным типом климата**

Показатель	Тип климата					
	средиземноморский		умеренный континентальный		умеренный муссонный	
	подстилка	почва	подстилка	почва	подстилка	почва
Общая численность прокариот, вырастающих на КГА, тыс. КОЕ/г	258±112	380±269	1120±192	304±71,2	1771±680	443±137
Доля актиномицетов в прокариотном комплексе, %	1,9–4,8	12,8–51,6	28–53	0–9	26–44	66–70
Количество секций и серий рода <i>Streptomyces</i>	1	5	5	4	8	3
Численность актиномицетов, вырастающих на среде с пропионатом натрия, тыс. КОЕ/г	25±14,2	167±74,7	578±134	21,8±0,94	423±28,7	350±65
Количество родов, выделяемых на среде с пропионатом натрия	2	3	5	3	5	5
Относительное обилие в комплексе представителей родов, % <i>Streptomyces</i>	33,3	73,0–73,8	55–85,3	50–72,6	61–90	76–77
<i>Micromonospora</i>	66,7	16,1–16,6	11–20,7	8,2–38,5	2–32	6–23
олигоспоровые формы	0	10,1–10,4	3,7–28,7	11,5–67,0	2–6	0–8
<i>Streptosporangium</i>	0	0	0–3,5	0	0–2	0–9
<i>Streptoverticillium</i>	0	0	3,2–6,5	0	0–0,7	0–1

Относительное обилие представителей отдельных родов в комплексе актиномицетов изменялось в зависимости от климатических особенностей места отбора образца незначительно. Доминировали, как правило, стрептомицеты (50–90%), только в подстилке под кроной сосны турецкой лидировали микромонопоровые виды (66%). Долевое участие в комплексе олигоспоровых форм варьировало в довольно широких пределах: от 2–6% в подстилке кедра корейского в Манчжурии до 67% в почве дубравы Беловежской пуши. Представители родов *Streptosporangium* и *Streptoverticillium* во всех исследованных субстратах составляли минорный компонент или отсутствовали (табл.).

В буроземе Средиземноморья стрептомицетный комплекс почвы был представлен видами трех секций и пяти серий: *Albus Albus*, *Albus Albocoloratus*, *Helvolo – Flavus Helvolus*, *Cinereus Chromogenes*, *Cinereus Achromogenes*. Доминировали виды секции *Helvolo-Flavus Helvolus* (48% изолятов). Особенно часто встречался вид *S. felleus*, из которого были получены антибиотики пикромицин и проактиномицин А [5], а также новый макролидовый антибиотик алириномицин С [7], нашедший применение в защите растений от фитопатогенных грибов.

При анализе видовой представленности стрептомицетов Национального лесного парка Jingyuetan в почве обнаружены 4 вида стрептомицетов *S. odorifer* 10J-2, *S. filamentosus* 10J-4, *S. roseolilacinus* 10J-3, 10J-5 и *S. albogriseolus* 10J-1, а в подстилке выявлено 6 видов стрептомицетов из 4 серий и 3 секций, в том числе вид *S. griseolus*, способный продуцировать 8 различных антибиотиков [5].

Стрептомицетный комплекс Беловежской пуши включал виды 2 секций и 6 серий. Наиболее часто встречался вид *S. xantocidicus* — продуцент антибиотика ксантоцидина. Значительный потенциал этот вид имеет также в производстве противораковых препаратов и биопестицидов [8]. В числе типичных представителей стрептомицетного комплекса отмечен вид *S. sindenensis*, известный в связи со способностью синтезировать ряд противоопухолевых антибиотиков [5].

Таким образом, в результате выполненных исследований была в сравнительном аспекте охарактеризована структура актиномицетных комплексов в буроземах лесных экосистем, сформированных в различных климатических условиях. Выявленные количественные различия и особенности таксономической структуры комплексов актиномицетов, в зависимости от географического района, свидетельствуют о ведущей роли климатического фактора в формировании почвенной актинобиоты и могут иметь прогностическое значение в связи с глобальными и локальными тенденциями изменения климата.

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. Изменение климата, 2001 г. Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в подготовку третьего доклада МГЭИК / Под ред. Т. Уотсона. Женева, 2003.
2. Тальских В. Н., Митропольский О. В. Реакция биологического разнообразия на изменение климата и меры адаптации. Интернет-ресурс. Режим доступа: <http://pandia.ru/text/77/384/104935.php>
3. Биоразнообразие и изменение климата. Международный день биоразнообразия. Секретариат Конвенции о биологическом разнообразии, 2007. Интернет-ресурс. Режим доступа: http://www.biodiversity.ru/programs/climate_and_biodiversity/pub/biodiversity_and_climate.pdf
4. Исаченко А. Г., Шляпников А. А. Природа мира: Ландшафты. М.: Мысль, 1989. 504 с.
5. Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П., Свешникова М. А., Терехова Л. П., Максимова Т. С. Определитель актиномицетов. Роды *Streptomyces*, *Streptoverticillium*, *Chainia*. М.: Наука, 1983. 248 с.
6. Звягинцев Д. Г., Зенова Г. М. Экология актиномицетов. М.: ГЕОС, 2001. 257 с.
7. Шенин Ю. Д., Новикова И. И., Каминский Г. В., Иванова И. А. Алириномицин С – новый макролидный антибиотик из *Streptomyces felleus* S-8 ВИЗР II // Антибиотики и химиотер. 2001. Т. 46. № 2. С. 10–16.
8. Takeda S., Yaji K., Matsumoto K., Amamoto T., Shindo M., Aramaki H. Xanthocidin Derivatives as Topoisomerase II α Enzymatic Inhibitors // Biological and Pharmaceutical Bulletin. 2014. V. 37(2). P. 331–334.

МИКРОМИЦЕТЫ В ПРИДОРΟЖНЫХ ЭКОТОПАХ г. ДАТУН (КНР)

Чжао Хуаян^{1,2}, А. А. Широких¹

¹ Вятский государственный университет, huayang.zhao@mail.ru

² г. Датун, Китайская Народная Республика

В городах происходят наиболее серьезные, по сравнению с природными, изменения экологических условий. В результате антропогенного влияния в городах изменено биологическое разнообразие растительного и животного мира, растительный покров угнетен, отсутствует подстилка, изменен спектр поступающих органических субстратов, климатические условия становятся более аридными, рН почвы нейтральный или даже щелочной. Все эти факторы оказывают существенное влияние и на почвенные микроскопические грибы, которые являются главным компонентом почвенного микробиоценоза.

В городских почвах – урбаноземах, как правило, снижено содержание мицелия микроскопических грибов. Микромицеты присутствуют преимущественно в виде спор, причем в результате элиминирования базидиальных грибов, доля микроскопических грибов может быть существенно выше, чем в природных условиях [1, 2]. По сравнению с природными биоценозами в городских почвах изменяется видовая структура грибных сообществ. В почвах, отобранных в промышленных районах города возрастает доля условно патогенных видов, которые могут быть потенциально опасными для человека и животных [3–5].

Вопросы экологии микроорганизмов на урбанизированных территориях имеют особое значение. В последние годы микробиологические показатели включены в Международные стандарты контроля качества и экологической безопасности почв [6].

Китайская Народная Республика является мировым лидером по производству многих видов промышленной продукции. В 2010 г. китайская экономика обогнала японскую и стала второй экономикой мира по номинальному ВВП. Быстрый рост экономики Китая привел к тяжелой экологической ситуации во многих городах страны и обострению ряда экологических проблем. Рост городского населения, расширение территории городов обусловили развитие транспортной инфраструктуры, что обычно способствует изменению микробного сообщества почвы. Однако исследований по изучению микробиоты урбаноземов городов Китая практически не проводилось. В связи с этим целью нашей работы являлось исследование комплексов почвенных микромицетов в почве придорожных газонов города Датун и выявление доли оппортунистических видов в составе сообщества грибов.

Город Датун расположен в северной части Китая, на территории провинции Шанси ($40^{\circ}07'$ с.ш., $113^{\circ}30'$ в.д.). Датун находится в 342 км к западу от Пекина. Этот город является важным транспортным узлом, а также центром крупного бассейна по добыче каменного угля. Помимо этого, в городе и его окрестностях хорошо развиты сельское хозяйство, транспортная инфраструктура, тяжелое машиностроение и приборостроение, пищевая и цементная промышленность.

Образцы почвы отбирали на газонах, расположенных на перекрестках крупных городских автомагистралей. В качестве контрольного участка, не подверженного автотранспортному загрязнению, был выбран детский парк, расположенный в стороне от крупных автомагистралей. Все образцы почвы высушивали на воздухе и доставляли в лабораторию ВятГУ. Для определения численности и таксономического состава микромицетов образцы почвы глубинным способом высевали на твердую питательную среду Чапека и инкубировали при 27°C . Учет выросших колоний микромицетов и их идентификацию производили на 7-е сутки инкубации. Идентификацию микромицетов осуществляли по их культурально-морфологическим признакам с использованием микроскопа Leica 2500DM и определителей [7, 8].

В результате исследований в урбаноземах города Датун было обнаружено 16 видов микромицетов, принадлежащих к 12 родам митоспоровых грибов (табл.). Из обнаруженных грибов три культуры не удалось идентифицировать.

**Численность (10^3 КОЕ/г) видовая встречаемость микромицетов
в городских почвах г. Датун**

№ образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Общая численность, 10^3 КОЕ/г	14	10	14	20	12	16	4	10	14
<i>Acremonium strictum</i>	+	+	+	+		+		+	+
<i>A. atrogriseum</i>	+	+		+	+	+		+	
<i>A. alternatum</i>	+					+			
<i>Alternaria tenuis</i>			+			+			+
<i>A. alternate</i>						+			+
<i>Aspergillus flavus</i>					+				
<i>A. niger</i>	+								
<i>A. fumigatus</i>	+			+					
<i>A. terreus</i>			+						
<i>Aureobazidium pullulans</i>			+						
<i>Curvularia lunata</i>	+					+		+	
<i>Chaetomium sp.</i>			+	+		+			
<i>Cladosporium herbarum</i>			+						
<i>Monocillium sp.</i>				+					
<i>Penicillium sp.</i>	+	+	+	+	+		+	+	+
<i>P. thomii</i>								+	
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	+	+					+		+
<i>Trichoderma viride</i>		+			+				
<i>Verticillium sp.</i>	+	+							
Количество обнаруженных видов	9	6	7	6	4	7	2	5	5

Максимальное количество видов микромицетов было обнаружено в образце № 1, отобранном в детском парке, а минимальное – в образце № 7, взятом на перекрестке улиц Xinkai Beilu и Xinjian Xilu. Количество пропагул в почве колебалось от 20×10^3 КОЕ/г в образце № 4 (газон автомагистрали Caochangcheng Lu) до 4×10^3 КОЕ/г в образце № 7.

Среди обнаруженных видов доминирующими были представители рода *Penicillium* (неидентифицированные виды) и *Acremonium* – *A. strictum* и *A. atrogriseum*. Виды рода *Acremonium* образуют светло- (*A. strictum*) или темноокрашенные колонии (*A. atrogriseum*) и являются представителями условно-патогенных грибов, способными вызывать у человека и животных оппортунистические микозы. Эти микромицеты присутствовали вместе или порознь практически во всех образцах, кроме образца № 7, отличавшегося минимальной численностью микромицетов. Микромицеты седьмого образца были представлены в основном видами рода *Penicillium* и условно-патогенным видом *Paecilomyces lilacinus*.

Среди условно-патогенных грибов, которые могут быть выявлены в городских почвах, особое внимание привлекают аспергиллы. В состав рода *Aspergillus* входят виды, синтезирующие токсины канцерогенного действия (*A. flavus*) и виды – возбудители легочных микозов (*A. fumigatus*, *A. niger*) [8]. Виды *A. fumigates* и *A. niger* наиболее часто обнаруживались в почвах детско-

го парка. В этом экотопе большое количество разлагающихся растительных остатков, которые в природных условиях являются обычным субстратом для почвенных микромицетов. Кроме аспергиллов в парке были также выявлены условно-патогенные виды родов *Acremonium*, *Alternaria*, *Curvularia*, *Paecilomyces*.

В почвах газонов крупных автомагистралей, несмотря на общую более высокую численность микромицетов, количество видов, в том числе и условно-патогенных, было существенно ниже, чем в детском парке. Например, в образце № 4, при численности микромицетов 20×10^3 КОЕ/г выявлено 5 видов условно-патогенных микромицетов, а в детском парке, при численности 14×10^3 КОЕ/г, выявлено 7 условно-патогенных видов (табл.). Среди условно патогенных видов микромицетов, обнаруженных в природоржных экотопах города Датун, следует отметить представителей родов *Acremonium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Curvularia*, *Paecilomyces*. Виды этих таксонов встречались в придорожных экотопах с разной степенью антропогенного воздействия как непосредственно у дорожного полотна, так и на придорожных газонах.

Таким образом, результаты исследований урбаноземов города Датун показали, что автотранспортная нагрузка ведет к обеднению видового состава микромицетов. В почвенном грибном сообществе элиминируются непатогенные виды, характерные для природных экотопов и возрастает доля оппортунистических грибов. Полученные результаты подтверждают ранее проведенные исследования [1–3, 5] на европейской территории России.

Литература

1. Марфенина О. Е. Опасные плесени в окружающей среде // Природа. 2002. № 11. С. 33–38.
2. Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.
3. Кулько А. Б., Марфенина О. Е. Распространение микроскопических грибов в придорожных зонах городских автомагистралей // Микробиология. 2001. Т. 70. № 5. С. 709–713.
4. Марфенина О. Е., Фомичёва Г. М. Потенциально патогенные мицелиальные грибы в среде обитания человека. Современные тенденции // Микология сегодня / Под ред. Ю. Т. Дьякова, Ю. В. Сергеева. Т. 1. М.: Национальная академия микологии, 2007. С. 235–266.
5. Широких А. А., Широких И. Г., Устюжанин И. А., Колупаев А. В. Микроскопические грибы в городских почвах, загрязненных тяжелыми металлами // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 4. С. 39–44.
6. Фомин Г. С., Фомин А. Г. Почва: контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. М.: Протектор, 2001. 304 с.
7. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир, 2001. 486 с.
8. Кулько А. Б. Атлас условно-патогенных грибов рода *ASPERGILLUS* – возбудителей бронхолегочных инфекций. М.: МНПЦБТ, 2012. 160 с.

СЛИЗЕВИКИ ПОДКЛАССА *МУХОGASTRIA* В ЛЕСНЫХ БИОЦЕНОЗАХ И ИХ КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *IN VITRO*

Ю. С. Березина, А. А. Широких

Вятский государственный университет, *jud.berezina.1996@mail.ru*

Слизевика или миксомицеты – группа эукариотических организмов, которая является важным структурным элементом в лесных экосистемах. Важной особенностью данных организмов является то, что в их жизненном цикле присутствуют две стадии, характеризующие их принадлежность к двум царствам органического мира – растения и животные (*Мухомycetes* и *Мycetozoa*). До сих пор ученые разделяются во мнениях к какому подклассу их отнести, двоякость в их жизненном цикле не дает с точной уверенностью установить их принадлежность. В России зарегистрировано 304 вида и 5 внутривидовых таксонов миксомицетов [1, 2].

По типу питания слизевика являются бактериофагами. Они активно регулируют численность и состав бактериальной микрофлоры почв [3].

Основными факторами, обуславливающими видовое распространение миксомицетов на том или ином субстрате являются: освещенность микроместообитания, способность субстрата задерживать влагу, pH среды, порода деревьев. Было показано, что кроме породы деревьев на распространение миксомицетов оказывает структура коры [2]. Также важную роль играют условия климата: среднемесячные температуры, количество осадков. Все данные факторы в значительной мере влияют на видовое разнообразие миксомицетов и их распространение.

Можно выделить несколько экологических групп миксомицетов: ксилофильные, кортикулоидные (эпифиты), почвенные, копрофильные, бриофильные и нивальные виды. Выделение экологических групп носит условный характер, так как разные стадии жизненного цикла у некоторых миксомицетов могут проходить на разных субстратах [2].

Группа ксилофильных миксомицетов на сегодняшний день включает около 30–70% от общего числа миксомицетов. Это виды, обитающие на гнилой древесине. Гнилая древесина является пригодным субстратом для размножения и развития. Здесь обилие пищевого ресурса (бактериальная и дрожжевая микрофлора), а также достаточное количество влаги, необходимое для распространения миксомицетов. Кортикулоидные – миксомицеты, предпочитающие кору живых деревьев. В природе спорофоры данных миксомицетов мало заметны при маршрутных исследованиях, поэтому для их изучения применяют метод влажных камер. Важными факторами для распространения миксомицетов на коре живых деревьев являются: интенсивность увлажнения, степень увлажнения, высота над поверхностью земли, кислотность субстрата [1, 2]. Своеобразная группа миксомицетов – нивальная. Они появляются на коре живых растений, на разлагающейся древесине рядом с тающим снегом. Представители этой группы обнаруживаются в мае-июне в

субальпийском поясе Хибин, Полярного Урала, Северного Кавказа [4]. Бриофильные – виды, приуроченные к мхам и печеночникам; виды, предпочитающие образовывать спорофоры на травянистых растениях. Комплекс копрофильных миксомицетов обнаруживается на помете растительноядных животных.

Целью данных исследований являлось изучение биоразнообразия миксомицетов заповедника «Нургуш» как естественного природного биоценоза.

Участок «Нургуш» находится в среднем течении реки Вятка – притока второго порядка р. Волга, занимает большую часть правобережного расширения ее поймы. Естественными границами ООПТ на севере и востоке является река Вятка. Река Вятка является главной рекой заповедника, не смотря на то, что протекает по его границам. Климат умеренно-континентальный с холодной многоснежной продолжительной зимой, умеренно-теплым коротким летом, с неустойчивой по температуре и осадкам погодой. В составе фитоценоза заповедника присутствует большое количество пород лиственных деревьев, на территории наблюдается много упавших стволов, подвергающихся разложению. Весной большая часть территории затапливается полыми водами р. Вятки и упавшие стволы и листовая подстилка в течение всего вегетационного периода остаются влажными. Такие условия обеспечивают благоприятную среду для обитания миксомицетов.

Первые упоминания о миксомицетах на данной территории относятся к 2009 г. [5, 6], где для данной территории указываются 17 видов миксомицетов выявленных в маршрутных исследованиях и методом влажных камер.

Для выявления биоразнообразия миксомицетов на территории заповедника Нургуш нами были собраны образцы коры с живых деревьев в трех экотопах: липовый, дубовый, березовый.

В лабораторных условиях была проведена серия экспериментов по культивированию миксомицетов методом влажных камер (ВК). Опыт с влажными камерами длился 90 суток. Первый просмотр чашек произвели через две недели. Всего было заложено 30 чашек по 10 повторностей на каждый экотоп.

Выросшие во влажных камерах спорокарпы миксомицетов были использованы для воспроизведения их жизненного цикла. Споры миксомицетов замачивали в дистиллированной воде и высевали на поверхность голодного агара 1,5%. Культивировали при комнатной температуре и через 2 суток чашки микроскопировали с масляной иммерсией для выявления миксамеб [6].

В результате маршрутных исследований, проведенных в первой декаде сентября, были обнаружены спорокарпы трех видов миксомицетов: *Trihia scabra*, *Stemonitis fusca* и *Lycogala epidendrum*. Эти ксилофильные виды являются доминирующими для заповедника и часто обнаруживаются на древесных остатках. Низкое разнообразие миксомицетов, возможно, объясняется сильным половодьем 2016 г., которое привело к элиминации из биоценоза некоторых видов животных и растений.

При культивировании миксомицетов методом влажных камер в варианте с корой березы миксомицеты не были выявлены. Береста молодых деревьев практически не смачивалась водой и, возможно, поэтому нам не удалось обнаружить миксомицетов в этом экотопе.

В варианте опыта с корой липы в трех чашках из 10 были выявлены плазмодий и спорокарпы миксомицета *Arcyriacinerea*. Во влажных камерах с корой дуба выявлены два вида миксомицетов – *Arcyria cinerea* и *Physarum album*. Формированию спорокарпов во всех вариантах предшествовало появление плазмодия, который расползлся по фильтровальной бумаге влажной камеры, иногда заполняя всю свободную от субстрата площадь. На следующий день плазмодий исчезал, а на субстрате появлялись спорокарпы миксомицетов.

Для воспроизведения в лабораторных условиях жизненного цикла миксомицетов «от споры до споры» мы воспользовались методикой, изложенной в работе А. В. Власенко с соавторами [7]. В качестве объекта был выбран миксомицет *Physarum album*, споры которого хорошо культивируются в лаборатории. Через 24 часа после посева спор физарума на голодный агар мы наблюдали жгутиковые клетки, а через двое суток было отмечено появление миксамеб. Некоторые миксамебы были неподвижны и имели шарообразную форму, другие, напротив, постоянно меняли свою форму образуя псевдоподии. Внутри клеток наблюдалось формирование пищеварительных вакуолей и движение цитоплазмы. На поверхности агара, вокруг спор развивалась бактериальная микрофлора, которая служила трофическим ресурсом для миксамеб. Поэтому миксамебы могли длительное время существовать за счет размножающихся бактерий. Однако культивирование миксамеб в течение 10 дней не привело к появлению плазмодия. Таким образом, воспроизведение жизненного цикла миксомицетов мы осуществили только до стадии миксамеб.

Исследования по изучению миксомицетов заповедника Нургуш, проведенные нами в сентябре 2016 г., показали, что необычно сильное половодье привело к сокращению видового разнообразия этих организмов. Возможно, влияние половодья не является основной причиной сокращения видового разнообразия миксомицетов, а носит косвенный характер. Например, половодье вызвало смыв лесной подстилки и разрушение гнилой древесины, а вместе с ней и уничтожение видов миксомицетов, ассоциированных с этими субстратами.

Метод влажной камеры дает возможность успешно культивировать миксомицеты в лабораторных условиях. Подбор состава питательной среды и режимов культивирования, возможно, позволит воспроизвести полностью жизненный цикл миксомицетов.

Литература

1. Новожилов Ю. К. Миксомицеты (класс Mucoromycetes) России: таксономический состав, экология и география. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2005. 48 с.

2. Власенко А. В., Новожилов Ю. К. Субстратные комплексы миксомицетов Верхнего Приобья // Микология и фитопатология. 2012. Т. 46. Вып. 2. С. 122–130.
3. Madelin M. F. Мухомыцете data of ecological significance // Trans. Br. Mycol. Soc. 1984. Vol. 83. N 1. P. 1–19.
4. Erastova D. A., Novozhilov Yu. K. Nivicolous myxomycetes of the lowland landscapes of the North-West of Russia // Микология и фитопатология. 2015. Т. 49. Вып. 1. С. 9–18.
5. Хижнякова А. С., Ронько Р. В. Миксомицеты заповедника «Нургуш» // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников и заказников: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2009. С. 159–160.
6. Широких А. А. Предварительные данные о миксомицетах государственного заповедника «Нургуш» // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников и заказников: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2009. С. 178–183.
7. Власенко А. В., Новожилов Ю. К., Щепин О. Н. Гидрохория как один из способов расселения миксомицетов в пойменных биотопах юга западной Сибири // Микология и фитопатология. 2016. Т. 50. Вып. 1. С. 14–23.

МИКРООРГАНИЗМЫ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ г. КИРОВА

М. Р. Герасимова¹, А. А. Широких^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, 79630215868@yandex.ru*

² *Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого*

В городе Кирове снеговой покров лежит в течение 3–4 зимних месяцев. За это время снег, обладающий высокой сорбционной способностью, загрязняется различными поллютантами химической и микробиологической природы. Таким образом, снеговой покров в городе является депонирующей средой антропогенных загрязнений. С наступлением периода активного снеготаяния накопившиеся загрязнители поступают в почву пригородных территорий и воды рек. Химические поллютанты снегового покрова легко выявляются, контролируются и неоднократно изучались в городской среде г. Кирова [1, 2]. Исследования по выявлению микробиологического загрязнения (микроскопические грибы, бактерии) снегового покрова города Кирова почти не проводились.

В связи с этим целью нашей работы являлось выявление численности и таксономического состава микрофлоры снегового покрова вдоль крупных автомагистралей различных районов г. Кирова и их сравнение.

Киров расположен в Волго-Вятском экономическом районе на широте 58°35' с.ш., 49°39' в.д. и находится под влиянием различных по своим характеристикам воздушных масс. Близость к Северному Ледовитому океану и отсутствие с этой стороны барьеров для проникновения полярных воздушных масс обуславливает возможность вторжений холодного воздуха [3].

Зима в Кирове начинается с середины ноября и продолжается около 4,5 месяцев. Образование устойчивого снежного покрова происходит в первых числах ноября, и к концу зимы его мощность достигает 50 см и более. Февраль обычно снежный месяц, чему способствует частое вторжение атлан-

тических циклонов, которые сопровождаются снегопадами и метелями. Март – еще зимний месяц, но температура быстро растет, а погода становится более ясной и сухой. В целом зима переменчивая: сильные холода могут сменяться оттепелями, наступающими вследствие переноса теплого морского воздуха из Атлантики.

Киров является крупным промышленным городом с интенсивным автотранспортным движением, которое является поставщиком загрязнений. Крупными магистральными улицами северо-южного направления являются Октябрьский проспект и проспект Строителей, улицы Ленина, Карла Маркса, Ивана Попова, Луганская и Производственная, а восточно-западного направления – улицы Дзержинского, Лепсе, Профсоюзная, Московская, Воровского, Некрасова, Комсомольская и Щорса.

Образцы снега отбирали в феврале – марте 2016 г. на перекрестках крупных автомагистралей, когда в городе устанавливается максимальная глубина снегового покрова. Отбирали 10–15 см верхнего горизонта снегового покрова. На колесах автотранспорта осуществляется перенос частиц грунта и других загрязнителей, оседающих в 2–3 м от дорожного полотна [4], поэтому образцы снега отбирались на пересечении крупных городских автомагистралей.

Местами отбора образцов были выбраны: 1 – Перекресток улицы Воровского – Октябрьского проспекта; 2 – Перекресток улицы Ленина – улицы Воровского; 3 – Перекресток улицы Воровского – улицы Производственной; 4 – Перекресток Октябрьского проспекта – улицы Лепсе; 5 – Заречный парк (выступал фоновой территорией).

Для микробиологического анализа пробы снега собирали в чистые пакеты. Отобранные образцы хранили в лаборатории в холодильнике при – 18 °С. Перед посевом образцы размораживали, 100 мл талой воды каждого образца фильтровали, фильтры высушивали до постоянного веса и взвешивали, а талую воду использовали для посева.

Численность микроорганизмов определяли методом серийных разведений с посевом на твердые питательные среды. Выросшие колонии микроорганизмов подсчитывали и выражали в колониеобразующих единицах на 1 мл талой воды (КОЕ/мл) [5].

Воду каждого образца разводили в 10 раз и 0,5 мл разведения высевали глубинным способом на агар Чапека в чашках Петри в 3-х кратной повторности. После застывания среды чашки помещали в термостат при 28 °С и инкубировали 4 дня. После инкубации подсчитывали общее КОЕ на каждой чашке и брали среднее количество. Отдельно учитывали КОЕ грибов и бактерий.

В результате проведенных исследований была получена общая численность, а также отдельно КОЕ бактерий и грибов в снеговом покрове различных районов г. Кирова (табл.).

Показатели численности микроорганизмов в образцах снегового покрова города колеблются от 1200 до 1730 КОЕ/мл и лишь в Заречном парке показатель значительно ниже – всего 600 КОЕ/мл. Низкая численность микроор-

ганизмов в Заречном парке свидетельствует о микробиологической чистоте снегового покрова.

Таблица

**Общая численность (КОЕ/мл) и количество бактерий и грибов
в образцах снегового покрова г. Кирова**

№ образца	Район города	Общая численность микроорганизмов	Количество грибных спор	Количество бактерий
1	перекресток улицы Воровского – Октябрьского проспекта (район ЦУМа)	$1,6 \cdot 10^3$	0	$1,6 \cdot 10^3$
2	перекресток улицы Ленина – улицы Воровского (район Филармонии)	$1,4 \cdot 10^3$	0	$1,4 \cdot 10^3$
3	перекресток улицы Воровского – улицы Производственной (район ТЦ Глобус)	$1,2 \cdot 10^3$	20	$1,19 \cdot 10^3$
4	перекресток Октябрьского проспекта – улицы Лепсе (площадь Лепсе)	$1,73 \cdot 10^3$	160	$1,57 \cdot 10^3$
5	Заречный парк	$0,6 \cdot 10^3$	0	$0,6 \cdot 10^3$

В структуре общей численности преобладали в основном бактерии. Микроскопические грибы были обнаружены только в образцах снега, отобранных на перекрестках улиц Воровского и Производственной, а также на площади Лепсе. Отсутствие грибных спор в образцах снега №1 и 2, а также в снеговом покрове Заречного парка, вероятно объясняется сезонными причинами. Источниками грибных спор являются традиционные местообитания грибов, а именно почва, живые растения и разлагающиеся растительные остатки. В зимний период местообитания грибов закрыты нижним горизонтом снегового покрова и поэтому не могут являться источниками загрязнения снега. В составе выявленного нами грибного сообщества были идентифицированы представители родов: *Acremonium*, *Penicillium*, *Mucor*, *Phoma* [6]. Микромицеты, входящие в состав этих родов, широко распространены в окружающей среде, а среди представителей рода *Acremonium* есть потенциально опасные для человека и животных виды.

Проведенные исследования установили среднюю корреляционную зависимость численности микроорганизмов от условий среды и возможной специфики автотранспортного загрязнения (рис.). Коэффициент корреляции составил $r=0,68$. Наименьшая степень микробиологического загрязнения была отмечена в районе лесопарковой зоны в районе Заречного парка, а максимальная численность бактерий в снеговом покрове – в районе площади Лепсе.

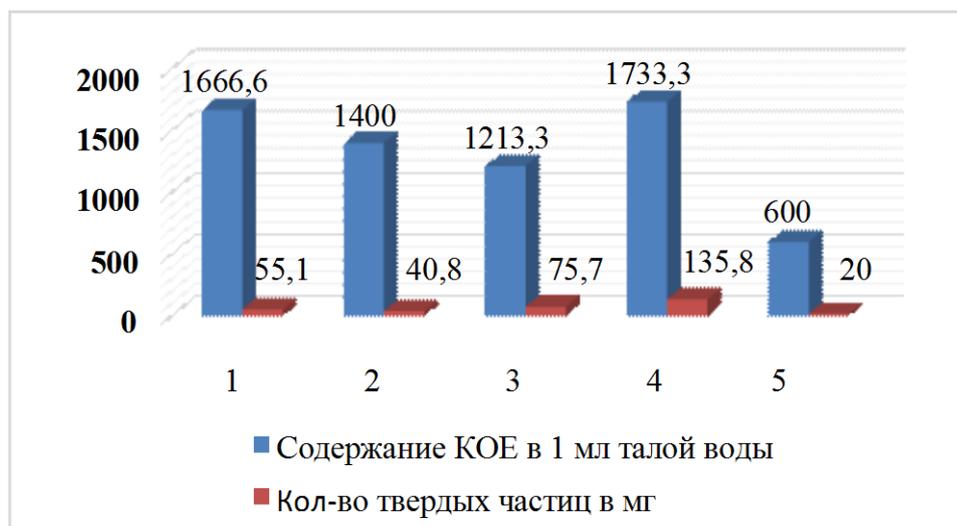


Рис. Зависимость количества микроорганизмов от количества твердых частиц

Полученные в результате проведенных исследований данные свидетельствуют о том, что наиболее загрязненными районами являются перекресток Октябрьского проспекта – улицы Лепсе (площадь Лепсе) и центральная часть города, перекресток улицы Воровского – Октябрьского проспекта (район ЦУМа). В этих районах наблюдается интенсивное автомобильное движение, часто сопровождающееся длительными пробками. Автомобильный транспорт воздействует через загрязнение, включающее выхлопные газы, твердые выбросы, антигололедные смеси. Самые крупные частицы оседают вблизи автострад. Они и несут на себе клетки и споры различных микроорганизмов.

Анализ количественного содержания микроорганизмов в снеговом покрове в районе ТЦ «Глобус» и Филармонии показал аналогичную картину, однако общее содержание микроорганизмов в пробах снега было чуть ниже, вероятно, в следствие влияния каких-то иных факторов. Минимальное загрязнение в Заречном парке говорит о том, что лесопарковая зона практически не подвергается микробиологическому загрязнению.

Таким образом, проведенные исследования выявили существенное увеличение численности микроорганизмов вблизи территорий промышленных зон, автомобильных дорог по сравнению с лесопарковой территорией. Автомобильный транспорт является не только источником поступления в окружающую среду вредных выбросов, но выступает как объект переноса различных микроорганизмов по городской территории.

Наличие микроскопических грибов в функциональных зонах с высоким уровнем загрязнения, в отличие от чистой загородной зоны определяется также особенностями микроклимата в условиях городской среды, сезонностью и более разнообразными путями заноса грибных спор извне.

Литература

1. Жевлакова, М. А. Содержание фторид-, хлорид-, фосфат-ионов в снеге на ул. Ленина г. Кирова / М. А. Жевлакова, С. Н. Жукова, С. Г. Скугорева // Экология родного края: Материалы III Областной науч.-практ. конф. молодежи (24–25 апреля 2008 г., г. Киров). Киров: ООО «О-Краткое», 2008. С. 15–17.
2. Жевлакова, М. А. Содержание анионов в снеге на Октябрьском проспекте г. Кирова / М. А. Жевлакова, А. Н. Прошина, С. Г. Скугорева // Экология родного края: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодежи (26–27 апреля 2010 г., г. Киров). Киров: ООО «Лобань», 2010. С. 183–185.
3. Френкель, М. О. Климат / М. О. Френкель // Энциклопедия земли Вятской. Т. 7. Природа / Отв. В. А. Ситников. Киров: ГИПП «Вятка», 1997. С. 142–174.
4. Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех. 2005. 196 с.
5. Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. А. И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
6. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. Мир. 2001. 486 с.

ОЦЕНКА ПРОТЕКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ *STREPTOMYCES WEDMORENSIS* 38.11 НА ПРОРОСТКИ ПШЕНИЦЫ ПРИ КАДМИЕВОМ СТРЕССЕ

Е. В. Товстик

*Вятский государственный университет, tovstik2006@inbox.ru,
НИИСХ Северо-Востока*

Кадмий, среди загрязнителей окружающей среды, по своей токсичности и способности поступать по пищевым цепям в организм человека и животных, создавая тем самым угрозу их здоровью, занимает одно из ведущих мест.

Источником повышенного содержания кадмия в окружающей среде могут быть как антропогенные, так и естественные факторы, связанные с особенностями конкретных геохимических провинций [1]. Среднее содержание кадмия в верхней части континентальной коры может достигать $1,4 \cdot 10^{-5}\%$, при этом большая доля кадмия концентрируется в галените – 0,04 и халькопирите – 0,07% [2]. Источником антропогенного поступления кадмия в окружающую среду могут быть горно-химические предприятия, свалки, в почвах под которыми валовое содержание кадмия увеличивается до 0,9–1,9 ОДК [3, 4]. В почвах сельскохозяйственных угодий, вследствие внесения органико-минеральных удобрений, среднее содержание подвижной формы кадмия в пахотном слое может составлять 0,054 мг/кг [5]. Превышение ПДК кадмия в растениях отмечается в районах действия крупных медеплавильных заводов [6].

По коэффициенту биологического поглощения для большинства сельскохозяйственных культур кадмий в ряду тяжелых металлов занимает промежуточное положение: медь > цинк > кадмий > никель > свинец [7]. Установле-

но, что более высокие концентрации кадмия, при равном его содержании в почве, присутствуют в растениях на дерново-подзолистых, чем на лугово-черноземных почвах [8]. Накопление кадмия растениями может происходить как в условиях его повышенного содержания в почве, так и в условиях, когда его содержание не превышает ПДК [9–12].

В настоящее время разрабатываются различные способы снижения биодоступности кадмия для растений из почвы. Они заключаются во внесении в загрязненную кадмием почву мелиоративных добавок, биогумуса, снижающих подвижность кадмия [13–15]. Установлена также протекторная роль аскорбиновой кислоты для растений, подвергнутых воздействию повышенных концентраций кадмия [16]. Одним из перспективных направлений является скрининг устойчивых к кадмию микроорганизмов, которые могут быть использованы как непосредственно для фиторемедиации почв, загрязненных кадмием, так и для предпосевной обработки семян для снижения биодоступности кадмия растению [17–18].

Целью настоящей работы явилась оценка протективного действия *Streptomyces wedmorensis* 38.11 на проростки пшеницы сорта «Баженка» при выращивании их в водных растворах соли кадмия.

Опыт закладывали в водно-бумажной рулонной культуре. Оценка эффективности инокуляции проводили по морфометрическим показателям линейного роста пятисуточных проростков пшеницы. Для обработки семян использовали 7-суточную культуру *S. wedmorensis* 38.11, предварительно выращенную на минеральной среде Гаузе 1 на качалке. Семена пшеницы замачивали на 24 часа в жидкой культуре стрептомицета, разведенной дистиллированной водой в соотношении 1:100. В качестве контроля использовали среду Гаузе 1 в том же разведении без инокуляции. В каждом рулоне размещали 25 семян, в 4-х повторностях. Рулоны с инокулированными и контрольными семенами помещали в водные растворы, содержащие 0; 0,5 и 2,5 мг/л ионов Cd^{2+} . Для выяснения роли элементов питания в развитии эффектов токсичности ионов Cd^{2+} в схему опыта включали варианты, в которых ацетат кадмия в тех же концентрациях добавляли не в воду, а в солевой раствор Кнопа.

Таким образом, в опыте выясняли влияние на рост пшеницы трех факторов: кадмия, элементов питания и микробной инокуляции семян.

Для разграничения влияния различных факторов на варьирование показателей линейного роста проростков по результатам исследования был проведен трехфакторный дисперсионный анализ (таблица).

Таблица

Оценка степени влияния факторов на рост проростков

Фактор	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Критерий Фишера	Уровень значимости
1	2	3	4	5
Длина побега				
Инокуляция (фактор А)	26,85	1	2,64	0,1040
Среда для выращивания (фактор В)	145,67	1	14,34	0,0002

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Кадмий (фактор С)	287,01	2	14,13	0,0000
Взаимодействие факторов: А×В	28,65	2	1,41	0,2445
Взаимодействие факторов: А×С	21,57	1	2,12	0,1450
Взаимодействие факторов: В×С	51,15	2	2,52	0,0811
Взаимодействие факторов: А×В×С	8,16	2	0,40	0,6692
Случайное варьирование	12067,6	1188		
Общее варьирование	12636,7	1199		
Длина корня				
Инокуляция (фактор А)	94,98	1	4,38	0,0364
Среда для выращивания (фактор В)	3,29	1	0,15	0,6971
Кадмий (фактор С)	792,37		18,26	0,0000
Взаимодействие факторов: А×В	2,19	2	0,05	0,9507
Взаимодействие факторов: А×С	3,24	1	0,15	0,6990
Взаимодействие факторов: В×С	433,42	2	9,99	0,0000
Взаимодействие факторов: А×В×С	93,51	2	46,75	0,01164
Случайное варьирование	25779,5	1188		
Общее варьирование	27202	1199		

Примечание: А – Инокуляция; В – Среда для выращивания; С – Кадмий.

Результаты исследования показали, что достоверно значимое влияние на варьирование показателя высоты побега оказывало наличие в среде для выращивания проростков элементов питания ($F=14,34$; $p=0,0002$) и кадмия ($F=14,13$; $p=0,0000$) (табл.). Инокуляция семян на варьирование значений высоты побега существенного влияния не оказала ($F=2,64$; $p=0,1040$).

Независимо от варианта обработки и среды для выращивания, кадмий оказывал ингибирующее действие на рост побега, причем с увеличением концентрации кадмия в среде его ингибирующее действие возрастало. Уменьшение высоты побега в вариантах с содержанием 0,5 и 2,5 мг/л кадмия составляло 14 и 23 % соответственно, по сравнению с контролем (рис. 1).

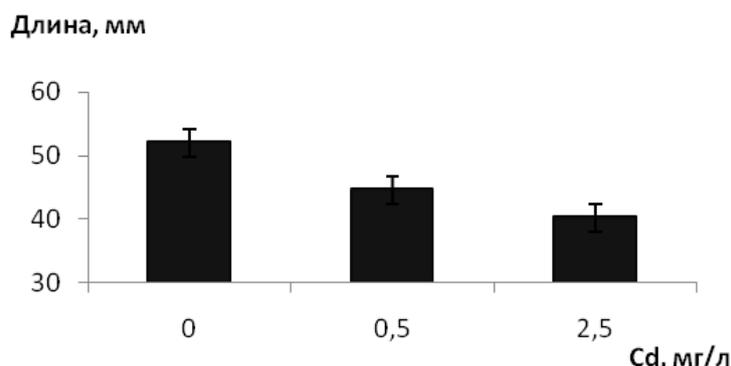


Рис. 1. Высота побега растений в зависимости от содержания кадмия в среде для выращивания

Как и в случае с побегом, кадмий оказывал на рост корня растений ингибирующее действие ($F=18,26$; $p=0,0000$), причем с увеличением концентра-

ции кадмия в среде для выращивания этот эффект усиливался. Отмечали снижение на 14 и 25 % по сравнению с контролем длины корня проростков в вариантах, содержащих 0,5 и 2,5 мг/л кадмия соответственно (рис. 2).

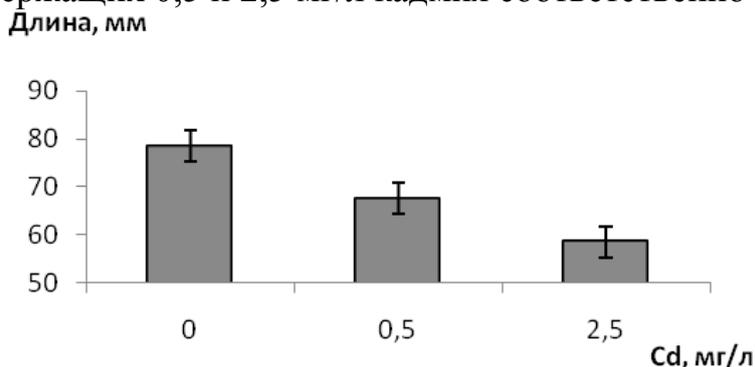


Рис. 2. Длина корня проростков в зависимости от содержания кадмия в среде для выращивания

Ингибирующее влияние кадмия было более выражено в водных растворах токсиканта, чем в солевых (питательный раствор Кнопа) (рис. 3 а, б, в, г).

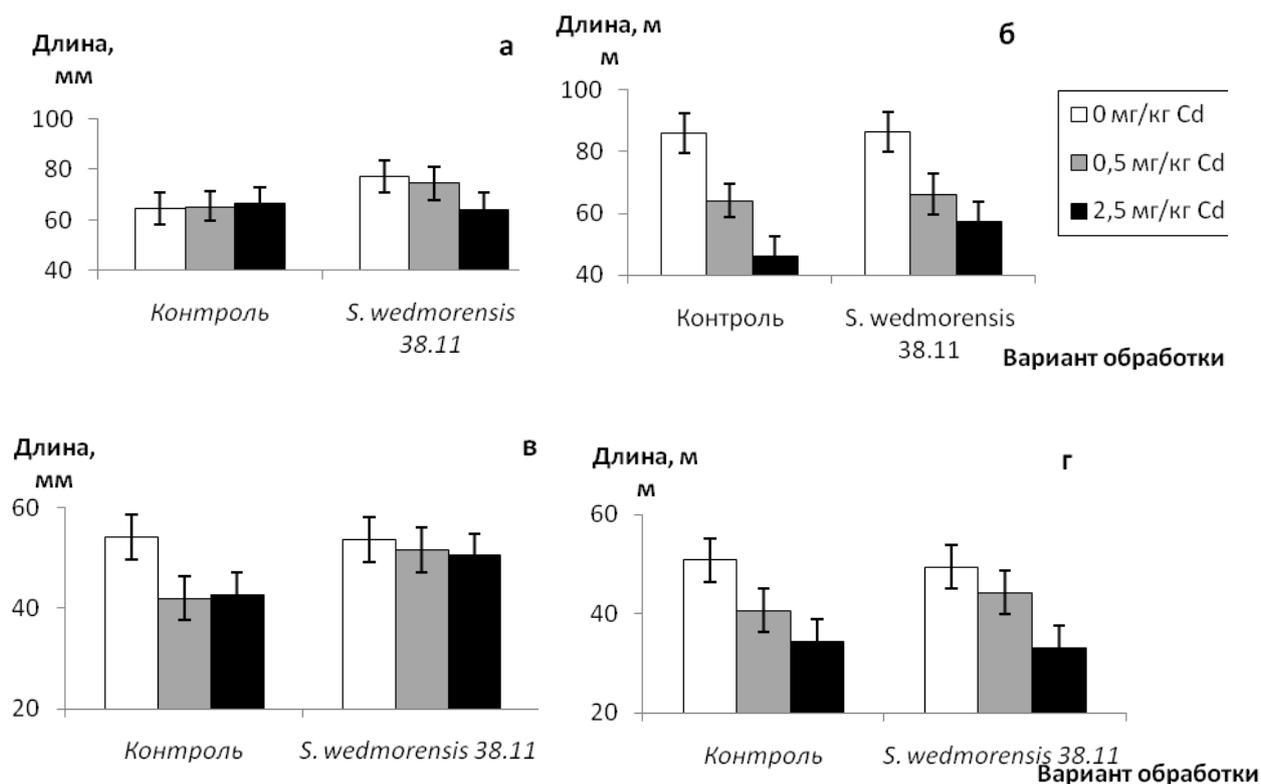


Рис. 3. Длина корня (а, б) и высота побега (в, г) растений в зависимости от содержания кадмия в воде (а, в) и питательной среде (б, г)

На длину корня проростков, в отличие от величины побега, инокуляция семян культурой стрептомицета оказала достоверный стимулирующий эффект ($F=4,38$; $p=0,0364$) (рис. 4).

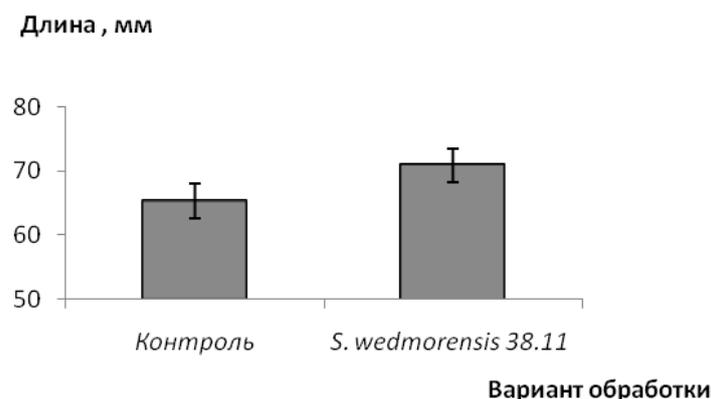


Рис. 4. Влияние предпосевной обработки *S. wedmorensis* 38.11 на длину корня проростков

Таким образом, во всем диапазоне изученных концентраций (0,5 и 2,5 мг/л) кадмий оказывал ингибирующее действие на показатели линейного роста побега и корня проростков пшеницы, по сравнению с контролем. Токсическое действие кадмия было более выражено в условиях недостатка элементов питания. Установлено, что обработка семян пшеницы жидкой культурой *S. wedmorensis* 38.11 не оказала на первом этапе онтогенеза пшеницы достоверного влияния на высоту побега растений, выращенных в условиях кадмиевого стресса, но снизила ингибирующий эффект кадмия в отношении роста корневой системы. Это свидетельствует о протективном действии культуры *S. wedmorensis* 38.11 на растения, возможно обусловленном продукцией ауксинов.

Литература

1. Таирова А. Р., Шарифьянова В. Р., Ахметзянова Ф. К. Геохимическая оценка почв лесостепной зоны Южного Урала // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2013. Т. 214. С. 412–416.
2. Григорьев Н. А. Распределение кадмия в верхней части континентальной коры // Литосфера. 2013. № 2. С. 157–162.
3. Иванова Ю. С., Горбачев В. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами под влиянием несанкционированных свалок (медико-экологический аспект) // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 1. С. 119–124.
4. Петрова А. И., Стефунько М. С. Горно-перерабатывающие предприятия как источники загрязнения окружающей среды кадмием // Маркшейдерия и недропользование. 2016. Т. 1. № 1 (81). С. 52–55.
5. Четверикова Н. С., Марциневская Л. В. Кадмий в агроландшафтах лесостепной зоны ЦЧО // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 7. С. 69–70.
6. Трубина М. Р., Воробейчик Е. Л. Содержание тяжелых металлов в лекарственных растениях в зоне аэротехногенного воздействия среднеуральского медеплавильного завода // Растительные ресурсы. 2013. Т. 49. № 2. С. 203–222.
7. Обущенко С. В., Гнеденко В. В. Мониторинг содержания микроэлементов и тяжелых металлов в почвах Самарской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 30–34.
8. Захваткин Р. А. Зависимость продуктивности ячменя от загрязнения тяжелыми металлами на почвах разной окультуренности // Молодежь и наука. 2015. № 4. С. 37.

9. Силков С. И., Чаплинский В. В., Прокопов Ц. В. Оценка спектра токсичных веществ на загрязненной почве в яровой пшенице в фазе кущения // АПК России. 2015. Т. 73. С. 139–144.
10. Елькина Г. Я. Влияние разных уровней загрязнения почвы кадмием на содержание аминокислот в растениях // Агрехимия. 2014. № 5. С. 72–78.
11. Лайдинен Г. Ф., Казнина Н. М., Батова Ю. В., Титов А. Ф. Способность к накоплению кадмия у *Bromopsis inermis* и *Setaria viridis* (Poaceae) // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47. № 3. С. 64–72.
12. Романькова А. А., Батлуцкая И. В. Содержание кадмия и свинца в высших растениях на территории Красненского района Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. Т. 14. № 3. С. 68–75.
13. Ложкин А. В., Леднев А. В. Последствие мелиоративных добавок на свойства почв, загрязненных кадмием, на урожайность и качество зерна ячменя // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2016. № 4 (16). С. 35–41.
14. Литвинович А. В., Ковлева А. О., Хомяков Ю. В., Лаврищев А. В., Павлова О. Ю. Возможность загрязнения кадмием яровых зерновых культур при мелиорации кислых почв // Агрехимия. 2014. № 4. С. 80–87.
15. Басов Ю. В., Козьявина К. Н. Способы снижения фитотоксичности соединений свинца и кадмия // Образование, наука и производство. 2015. Т. 10. № 1 (10). С. 105–108.
16. Еникеев А. Р., Усманов И. Ю., Рахманкулова З. Ф. Протекторная и регуляторная роль аскорбиновой кислоты при действии тяжелых металлов на растения пшеницы // Вестник Башкирского университета. 2013. Т. 18. № 1. С. 63–66.
17. Никифорова И. Ю., Любунь Е. В., Плешакова Е. В., Муратова А. Ю. Скрининг и изучение ризобактерий, устойчивых к кадмию // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2014. № 3. С. 9.
18. Троц Н. М., Сергеева М. Н., Сергеев М. С. Влияние почвенных биопрепаратов на содержание тяжелых металлов в зерне сои // Аграрная Россия. 2016. № 12. С. 21–24.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ *CLAVICEPS PURPUREA* (TUL.)

Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина
НИИСХ Северо-Востока, sheshegova.tatyana@yandex.ru

Во многих регионах России спорынья (*Claviceps purpurea*) становится прогрессирующей болезнью зерновых культур и злаковых трав. Следует отметить, что уровень распространения ее является своеобразным показателем организации производства, культуры земледелия и семеноводства. Однако во многих хозяйствах эта «культура» зачастую провоцирует развитие болезни, чем ограничивает ее. Современные агротехнологии, направленные на энерго- и ресурсосбережение, представляют вполне конкретную фитосанитарную опасность. В настоящее время в Кировской области 20 районов из 39 практически полностью перешли на поверхностные обработки почвы, доля свежесобраных семян в посеве ржи занимает от 30 до 50%, а севооборот как таковой либо отсутствует, либо заменен на плодосмен. Все это совершенно недопустимо для ограничения спорыньи. Особую боль представляют земли, вышедшие из сельскохозяйственного оборота. Они не законсервированы долж-

ным образом, поэтому зарастают сорняками, борщевиком, лесом и в целом представляют собой опасные очаги сохранения и размножения вредных для культурных растений насекомых-вредителей, а также грибной, бактериальной и вирусной инфекции.

Вредоносность спорыньи многогранна: фитопатологическая, медицинская и ветеринарная. Ядовитые свойства склероций обусловлены содержанием в них эргоалкалоидов: эрготамины, эрготоксины и эргометрины [1, 2, 3] и др. Несмотря на то, что способность спорыньи продуцировать алкалоиды является наследственно закрепленным свойством, их содержание непостоянно и зависит в какой-то мере от географического фактора, климатических условий и растения-хозяина [4, 5, 6, 7]. Таким образом, значимость проблемы спорыньи определяется не только техногенными факторами, но и региональными особенностями погодных факторов. Наблюдения ученых [8] показывают потепление в зимние месяцы. Это значит, что вероятность зимних оттепелей и гибели озимых зерновых культур от болезней выпревания (снежная плесень, склеротиния, тифулез) значительно повышается, что чревато изреженностью посева и увеличением количества недоразвитых стеблей (подгона) в биоценозе, на которых формируется основная часть склероций спорыньи. Несмотря на то, что прорастанию склероций предшествует действие низкой температуры в течение длительного времени, умеренно теплые зимние месяцы способствуют выживанию гриба. Это первый жизненно важный период в биологическом и инфекционном цикле *S. purpurea*. Весной при температуре +10...+20 °С склероции выходят из состояния физиологического покоя и на их поверхности начинают появляться бугорки, которые постепенно вырастают в «ножку» – строму, несущую розоватую плодовую головку с аскоспорами. Это второй важный период для патогена, обеспечивающий возобновление инфекции в природе, который в Кировской области соответствует погоде в мае. Заражение ржи аскоспорами и конидиями происходит в фазу цветения растений, что в условиях области обычно наблюдается в первой и второй декаде июня. Это третий период в биологии патогена, важный для формирования новых склероций и пополнения уровня природной инфекционной нагрузки.

Целью исследований было изучение некоторых агроэкологических факторов, влияющих на жизнеспособность склероций, и погодных условий в жизненно важные периоды развития *S. purpurea* и выяснение их соответствия циклу развития патогена.

Исследования проведены в ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока». Анализ агрометеорологических условий выполнен по данным Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Для этого использовали среднесуточную температуру и количество осадков в мае (период выхода склероций из физиологического покоя) и с 5 по 15 июня (период заражения растений) и комплексный гидротермический показатель (ГТК). В качестве тест-объектов были сорта ржи: Вятка 2, Фаленская 4, Дымка, Крона, Снежана и Рушник.

Жизнеспособность склероций в зависимости от агроэкологических фак-

торов изучали в 3-х экспериментах. Опыт 1. *Изучить влияние глубины заделки, типа и гранулометрического состава почвы на прорастание склероций* (2014–2016 гг.). Почва торфяная и дерново-подзолистая; по гранулометрическому составу – супесчаная, среднесуглинистая и тяжелосуглинистая. В октябре в вегетационные сосуды с соответствующей почвой закладывали по 10 склероций в капроновых мешочках и оставляли в естественных условиях зимовки. В конце мая проводили их анализ. Опыт 2. *Изучить влияние условий местообитания на жизнеспособность склероций* (2015–2016 гг.). Склероции сохраняли в трех основных местообитаниях: пашня, злаковый травостой и семенной материал озимой ржи. В последнем случае склероции в апреле были принесены со склада д. Зиново в лабораторию, где были помещены в растильни с почвой. Опыт 3. *Изучить влияние физиологического состояния и спелости растения-хозяина на жизнеспособность склероций* (2015–2016 гг.). Склероции с нормально развитых колосьев озимой ржи и с подгона в октябре закладывали в растильни с почвой на глубину 4 см.

За последние 15 лет гибель озимой ржи после перезимовки в Кировской области изменялась от 3% (2009 г.) до 28% (2001 г.), а в среднем была на уровне 10-13%. Это приводило к локальному изреживанию стеблестоя, однако за счет последующих агроприемов (боронование, подкормка) и интенсивного весеннего кущения растений существенного негативного влияния на густоту ржаных биоценозов и создание провокационных условий для спорыньи не оказывало.

За исключением 4-х лет (2005–2008 гг.) наблюдался недостаток осадков в мае, которых выпало 21–98% от нормы (табл. 1). Исходя из уровня ГТК, засушливым этот месяц был в 2009, 2010, 2012, 2014–2016 гг., избыточно увлажненным – в 2002, 2006, 2007 и 2008 гг.

Состояние климатических факторов в фазу цветения также варьировало: среднесуточная температура воздуха – от 11,2 до 17,9°С, осадки – от 0,3 до 6,3 мм в сутки. Наиболее жаркая погода в первой половине июня была в 2001, 2005, 2006, 2009, 2012, 2013 и 2016 гг., а крайне слабые осадки выпадали в 2001, 2002, 2007 и 2013 гг. Судя по показателю ГТК, острозасушливые условия в этот период были в 2001, 2002, 2007, 2013, 2015 и 2016 гг. В большинстве других лет цветение озимой ржи проходило при избытке влаги.

В процессе иммунологического анализа и состояния климатических факторов в мае – июне выявлена тенденция, что на жизнеспособность *S. purpurea* в большей степени влияет количество осадков в мае, чем температура воздуха. Так, усиление поражения (0,50% и более) происходило в половине случаев в годы (2001, 2005, 2008, 2011 и 2012) с количеством осадков на уровне 80–145% от среднемноголетнего уровня. Недостаток влаги (21–69% от среднемноголетних данных) в мае 2014–2016 гг. существенно ограничивал вначале прорастание перезимовавших склероций, а затем формирование новых на растениях.

Таблица 1

**Состояние климатических факторов в период прорастания склероций
и заражения ржи спорыньей**

Год	Температура в период выхода склероций из физиологического покоя, °С		Осадки в период выхода склероций из физиологического покоя, мм		ГТК за май	Температура в период заражения		Осадки в период заражения		ГТК за 5-15 июня	Поражение спорыньей, %
	с 1 по 31 мая	отклонение от среднемесячных, °С	с 1 по 31 мая	отклонение от среднемесячных, %		среднесуточная с 5 по 15 июня, °С	сумма, °С	среднесуточная с 5 по 15 июня, мм	сумма, мм		
2001	10,7	0,7	50,0	98	1,50	16,2	178,1	0,9	9,5	0,53	1,30
2002	7,9	-2,1	44,4	86	1,78	14,7	161,7	0,6	6,6	0,41	0,20
2003	12,6	2,6	44,7	88	1,14	11,6	127,1	1,9	21,2	1,68	0,20
2004	12,4	2,4	46,6	92	1,21	14,4	158,0	4,6	50,1	3,17	0,30
2005	15,1	5,1	61,1	120	1,30	17,4	191,4	2,8	30,9	1,61	0,50
2006	12,0	2,0	74,3	145	2,00	16,9	185,9	2,1	23,5	1,26	0,40
2007	12,8	2,8	65,4	133	1,66	11,7	128,2	0,7	7,3	0,57	0,30
2008	10,5	0,5	53,0	104	1,63	11,2	123,4	3,6	39,5	3,20	0,50
2009	12,6	2,6	34,6	69	0,89	17,6	193,2	2,9	32,5	1,68	0,40
2010	15,7	5,7	38,8	76	0,80	14,7	162,0	3,3	35,9	2,22	0,40
2011	12,8	2,8	44,3	87	1,12	13,2	145,6	6,1	66,6	4,57	0,90
2012	12,9	2,9	42,7	80	0,82	17,9	197,4	3,1	34,5	1,75	1,70
2013	12,5	2,5	41,7	76	1,08	16,3	179,6	0,4	4,3	0,24	0,30
2014	14,9	4,9	11,7	21	0,25	15,9	175,6	6,3	69,3	3,95	0,20
2015	14,6	4,6	26,6	47	0,59	14,1	155,0	1,3	14,6	0,94	0,12
2016	14,8	4,8	39,2	69	0,90	16,0	168,2	1,6	10,2	0,26	0,15

В ходе корреляционного анализа выявлен избирательный характер действия температуры на отдельные этапы патогенеза. Жаркая погода в мае неблагоприятна для прорастания склероций и формирования стром с плодовыми телами и, наоборот, значение температуры в патогенезе повышается в период заражения растений ($r = 0,28$). Влияние осадков на инфекционный цикл гриба также избирательно. Более высокое количество их улучшает процесс прорастания склероций после выхода из физиологического покоя ($r = 0,34$), но в период цветения растений их влияние на прорастание аскоспор и конидий в завязи значительно снижается. Связь между косвенным показателем погоды – ГТК и поражением растений спорыньей аналогична.

Зависимость между климатическими факторами в разные периоды биологического цикла *S. purpurea* и поражением спорыньей

Показатель	Коэффициент корреляции					
	температура в мае	температура в июне (5–15)	осадки в мае	осадки в июне (5–15)	ГТК в мае	ГТК в июне (5–15)
Распространение спорыньи в посевах ржи	- 0,10	0,28	0,34	0,11	0,33	0,07

Осадки и влажность почвы в пахотном горизонте влияют не только на прорастание склероций, но и на уровень потенциальной инфекции в природе. Обнаружено, что при количестве осадков в мае 2012 г., близкой к норме, на одной склероции формировалось в среднем 14,2 стромы с плодовыми телами, а диапазон признака на всех склероциях был от 3 до 44. В засушливых условиях 2014–2016 гг. количество стром составило в среднем 6,3–9,9.

Выявлено, что условия торфа и среднесуглинистой почвы больше соответствуют экологическим требованиям *S. purpurea*, где проросли от 50 до 100% склероций и сформировалось наибольшее для опыта количество стром на одной склероции. Условия песчаного и глинистого грунта существенно ограничивали их жизнеспособность. В первом случае, вероятно, из-за недостатка влаги, а во втором – из-за избыточного уплотнения грунта. Что касается глубины заделки, то на всех грунтах наилучшие условия для спорыньи складывались в слое до 10 см, где прорастали все склероции и формировалось наибольшее количество стром.

Склероции спорыньи, прежде чем прорасти должны пройти период физиологического дозревания. На этот процесс может оказывать влияние не только факторы окружающей среды, но и, вероятно, состояние растения-хозяина и спелость самого склероция. Исходя из рабочей гипотезы, мы наблюдали за жизнеспособностью склероций, собранных с главных колосьев и с недоразвитых стеблей. Выявлено их одинаковое 100%-ное прорастание, но существенные различия были в количестве стром. Так, на крупных склероциях их количество было в пределах от 7,0 до 80,5 шт., а с подгона – от 2,5 до 16,0.

Исследования показали, что неустойчивый, прерывистый характер прорастания склероций наблюдается как при низкой влажности и высокой температуре, так и при высокой влажности и низкой температуре. Однако в разных местах обитания склероций в природе условия далеко неоднозначны, особенно на поверхности почвы. Наши исследования показали существенное различие в их прорастании. Несмотря на достаточно сухой май 2015–2016 гг. склероции, помещенные в злаковый травостой, все проросли; на пашне их жизнеспособность составила 80 и 90%. Они отличались и по потенциальной инфекционной нагрузке, о чем свидетельствует большее (в среднем на 2,2 штук) количество стром на склероциях в злаковом биоценозе. При хране-

нии склероций в семенном материале ржи была полная потеря их всхожести.

Обобщая агроэкологические аспекты развития спорыньи злаков в современных условиях ведения сельскохозяйственного производства, можно полагать усиление болезни при избыточном или достаточном увлажнении в период выхода склероций из физиологического покоя и относительно жаркой погоде в период заражения цветущих растений. Влияние климатических факторов на патогенез может существенно усиливаться при нарушении агротехнологий в целом или отдельных элементов возделывания, прежде всего, обработки почвы и севооборота, отсутствия переходящего фонда семян, засоренности близлежащих территорий и наличия земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота.

Литература

1. Фонин В. С., Романенко В. И., Озёрская С. М. Изучение условий хранения штаммов паразитарной спорыньи *Claviceps purpurea* (Tul). Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Материалы V Междунар. симпозиума. М. 2003. Т. I. С. 358–360.
2. Синицкий В. С. Разведение спорыньи (*Claviceps purpurea* Tul.) на ржи в Ленинградской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л. 1962. 18 с.
3. Шаин С. С. Возделывание спорыньи на ржи // Возделывание спорыньи на ржи: Лекарственное раст.-во. Обзорная информация М.: ЦБНТИмедпром, 1987. Вып. 4. 50 с.
4. Саркисова М. А., Шаин С. С., Бритвенко Л. И. Поиск новых штаммов спорыньи – продуцентов пептидных эргоалкалоидов // Микология и фитопатология. Т. 17. В. 3. 1983. С. 203–205.
5. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Селекция озимой ржи на болезнеустойчивость в НИИСХ Северо-Востока. Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2012. С. 76–82.
6. Масалаб Н. Методы паразитарного культивирования спорыньи для медицинских целей. М.: Медгиз, 1941. 102 с.
7. Авраменко И. Д. Микробиология. Мн.: Колос, 1978. 154 с.
8. Овсянников Ю. А. Возможные последствия изменения климата для сельского хозяйства // Аграрный вестник Урала. 2006. № 1. С. 15–17.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

А. А. Калинин, А. Л. Ковина, Л. В. Трефилова
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
nm-flora@rambler.ru

Использование микроорганизмов в биопрепаратах обусловлено тем, что различные их виды выступают как средства защиты растений (бактерии и грибы-антагонисты фитопатогенов, энтомопатогенные грибы) и стимуляторы роста (бактерии-азотфиксаторы, бактерии-продуценты ростактивирующих веществ, фосформобилизующие бактерии и другие). Биопрепараты содержат микроорганизмы, синтезирующие фитогормоны, антибиотики, витамины, обладающие эффективным иммуномодулирующим действием.

В настоящее время сельскохозяйственное производство России невозможно представить без использования широкого спектра биологических препаратов на основе живых культур микроорганизмов.

Преимуществами бактериальных препаратов являются их экологичность, щадящее и мягкое действие на растения, высокая эффективность, отсутствие фитотоксичности. Однако, несмотря на очевидные преимущества, есть и ряд недостатков, в первую очередь – нестабильность положительного эффекта, часто обусловленная климатическими факторами [1].

Среди всего разнообразия микробиологических препаратов, применяемых в современном сельском хозяйстве, особое место занимают препараты на основе азотфиксирующих клубеньковых бактерий, предназначенные для предпосевной обработки семян бобовых культур.

Особенностью бобовых является их способность вступать в симбиотические отношения с бактериями р. *Rhizobium* и формировать на корнях – клубеньки, в которых происходит фиксация молекулярного азота. Количество азота, которое при этом накапливается в почве, составляет до 600 кг/га, что намного превышает потребности самой бобовой культуры и обеспечивает связанным азотом растения в последующей ротации [2].

На сегодняшний день разработаны методы выделения ризобий из почвы и клубеньков, режимы культивирования в лабораторных условиях, расшифрован геном бактерий, глубоко изучены механизмы симбиоза и азотфиксации. Доказана необходимость «бактеризации» семян для повышения продуктивности бобовых растений. Во многих странах мира налажен выпуск биоудобрений, содержащих различные штаммы бактерий р. *Rhizobium*. Мировой опыт применения подобных препаратов показал, что культивирование бобовых растений без применения современных азотфиксирующих биопрепаратов нерационально [4].

В России основным разработчиком препаратов на основе ризобий является ФГБНУ «Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии» (г. Санкт-Петербург).

Существенный вклад в повышение плодородия почв в Нечерноземной зоне вносит биопрепарат «Ризоверм», разработанный на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА совместно с Санкт-Петербургским государственным аграрным университетом.

«Ризоверм» отличается от существующих на рынке препаратов высокой сохранностью клеток, технологичной и удобной формой выпуска, упаковки и транспортировки. Полужидкая консистенция позволяет расфасовывать препарат в удобные пластиковые контейнеры, он легко разбавляется водой и наносится на семена.

Перспективы успешного применения различных штаммов бактерий р. *Rhizobium* под конкретные виды и сорта бобовых были исследованы в многолетних лабораторных и микровегетационных опытах [5–7]. Было показано, что инокуляция семян биопрепаратом «Ризоверм» существенно повышала та-

кие показатели как всхожесть семян, длина и объем корневой системы, высота и облиственность надземной части растений.

Поэтому возникла необходимость проведения опытов по изучению эффективности применения биопрепарата «Ризоверм» для предпосевной обработки семян бобовых растений в полевых условиях

В экспериментальной работе были изучены высокоэффективные штаммы клубеньковых бактерий: *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, *Rh. leguminosarum* bv. *trifolii*, *Mesorhizobium* (*Rh.*) *loti*, *Rh. galegae*, культивируемые на бобовой среде [8].

Бактерии азотфиксаторы используемые в опытах были выделены из корневых систем различных видов бобовых растений Нечерноземной зоны России, идентифицированы до вида с помощью анализа 16S РНК во ФГУП ГосНИИ Генетика (г. Москва), включены во Всероссийскую коллекцию промышленных микроорганизмов.

Эффективность препарата «Ризоверм» исследовали на четырех видах бобовых, наиболее часто и в больших объемах высеваемых в Кировской области: горох посевной (*Pisum sativum* L.), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), козлятник восточный (*Galega orientalis* L.) и лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.).

При закладке полевых опытов мы использовали такие виды предпосевной обработки семян гороха как замачивание в водопроводной воде, обработка препаратом «Ризоверм», разработанным в Вятской ГСХА и коммерческим препаратом «Нитрагин» также содержащим культуру специализированных для гороха штаммов бактерий р. *Rhizobium* и сравнили их эффективность.

В конце вегетационного периода в каждом из вариантов опыта определяли такие показатели как длину стеблей, количество листьев, вес надземной части, длину и количество корней, объем корневой системы (рис. 1).

Полученные результаты выражали в процентах к контролю, в котором семена высевались без замачивания и без обработки биопрепаратами.

Показатели максимальной высоты стеблей, количества листьев, веса надземной части обнаружены в варианте с инокуляцией семян ризовермом. Эффективность такой обработки превышает другие почти по всем показателям в среднем на 10–25%.

В качестве одного из показателей эффективности предпосевной инокуляции исследовали степень нодуляции корней. Именно в варианте с ризовермом количество клубеньков на 50% превышало данный показатель в других вариантах. Процесс заражения корней клубеньковыми бактериями начинается с молодых корешков. Механизм этого явления подробно исследован В. К. Шильниковой: чем больше молодых корней образуется в процессе жизни растения, тем больше вероятность заражения растений ризобиумом [9].

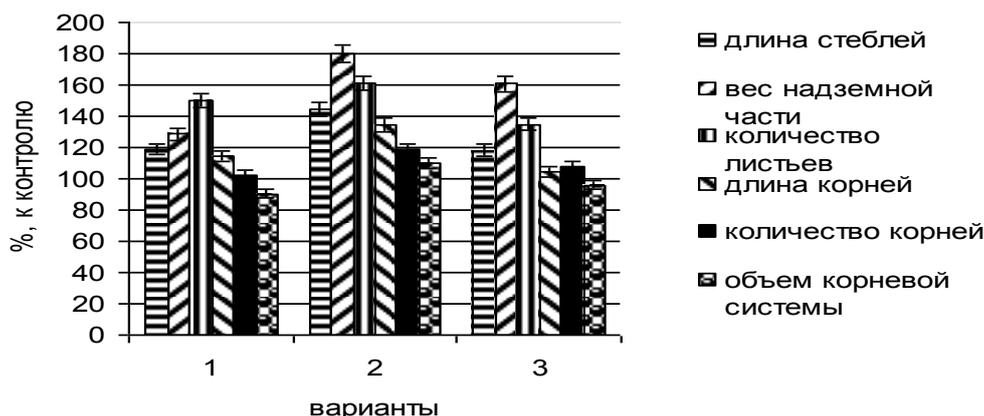


Рис. 1. Сравнительный анализ эффективности применения различных способов предпосевной подготовки семян гороха. Варианты: Контроль – без обработки; 1 – замачивание семян в водопроводной воде; 2 – обработка семян биопрепаратом «Ризоверм»; 3 – обработка семян биопрепаратом «Нитрагин»

Эффективность применения препарата «Ризоверм» оказалась достаточно высокой и при обработке семян таких культур как клевер луговой и люцерна рогатый, несмотря на то, что это традиционные культуры Нечерноземья, то есть в почве имеется достаточное количество аборигенных клубеньковых бактерий. Ризобияльная обработка способствовала увеличению массы корневой системы, количеству клубеньков (рис. 2).

Культурой превосходящей по выходу корневых остатков и азота клевер и люцерна является козлятник восточный, привнесенный (интродуцированный) в Кировскую область в конце 20-го века.

Поэтому из-за отсутствия ризобий, инфицирующих корни козлятника в почвах Кировской области, семена козлятника обязательно нужно инокулировать ризобиями, иначе растения не развиваются.

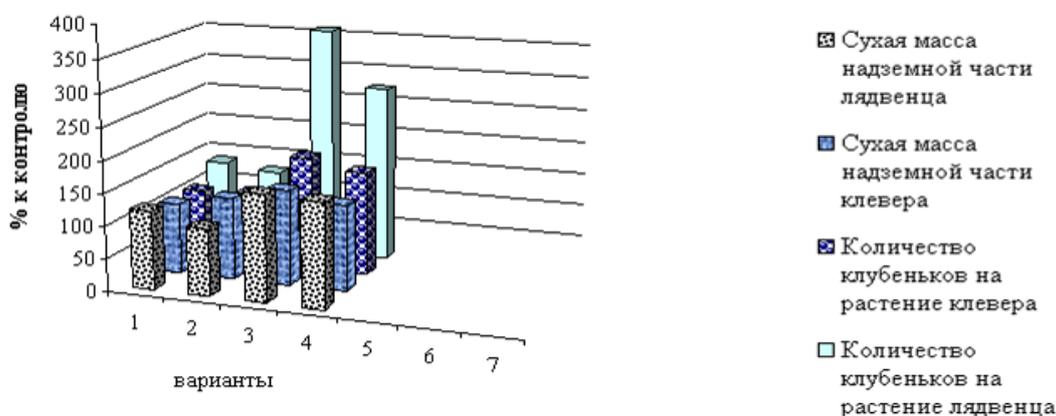


Рис. 2. Основные показатели эффективности разных форм применения разных форм биопрепаратов на основе клубеньковых бактерий при посеве клевера и люцерны. Варианты: Контроль (без обработки); Обработка семян: 1 – скарификация; 2 – запаривание; 3 – скарификация + препарат «Ризоверм» 4 – запаривание + препарат «Ризоверм»

Эффективность бактеризации семян козлятника была полностью подтверждена в полевом опыте. Семена без обработки не давали дружных всходов, посевы были настолько изреженные, что исключало возможность их достоверного анализа. Таким образом, была доказана экономическая нецелесообразность проводить посев семян козлятника восточного в Кировской области, без обработки препаратами клубеньковых бактерий.

В то же время результаты наблюдений за козлятником восточным, семена которого были обработаны биопрепаратом «Ризоверм», показывают как интенсивно происходит нарастание гигро- и ксеромассы корневой системы козлятника в первый год жизни. Так же нами было отмечено значительное число клубеньков на корнях различной величины и формы, по их окраске (розовой), плотности и упругости можно было судить, что это активные клубеньки в которых происходит процесс азотфиксации.

Таблица

Влияние биопрепарата «Ризоверм» на рост и развитие растений козлятника восточного (первый год жизни посева)

Дата наблюдений	Надземная часть, г/м ²		Корневая система, г/м ²		Клубеньки, шт.	
	гигромасса	ксеромасса	гигромасса	ксеромасса	на м ²	на 1 растение
Июль	298,8±12,3	80,8±2,3	223,2±7,3	96,4±6,3	не обнаружено	не обнаружено
Август	628,5±14,4	264,5±9,2	1331,5±74,7	308,8±19,2	18870±350	117±8,7

На второй год жизни посева ксеромасса надземной части растений козлятника за 2 укоса составила 97,3 ц/га, ксеромасса корневой системы – 180 г/м², количество клубеньков – 26240 шт./ м², урожай семян – 24,2 кг/га.

Таким образом, результаты многолетних лабораторных, вегетационных и полевых опытов по изучению эффективности препарата «Ризоверм», проведенные на таких культурах как горох посевной, клевер луговой, люцерна рогатый, козлятник восточный показали, что бактериальная обработка оказалась высокоэффективным приемом предпосевной обработки семян. Применение препарата «Ризоверм» привело к активному развитию симбиотического аппарата бобовых растений и, следовательно, к усилению процесса фиксации азота, а также существенному увеличению ксеромассы растений.

Литература

1. Калинин А. А. Сравнительная оценка эффективности биопрепаратов при защите растений от фитопатогенных грибов // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров: ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 390–394.
2. Берестецкий О. А., Васюк Л. Ф., Элисашвили Т. А. и др. Эффект инокуляции тимофеевки луговой и овсяницы тростниковой диазотрофами из природной азотфиксирующей ассоциации // С.-х. биология. 1985. № 3. С. 48–52.
3. Базилинская М. В. Биоудобрения. М.: Агропромиздат, 1989. 128 с.

4. Калинин А. А., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Использование препарата «Ризоверм» под бобовые культуры: Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлениям 35.04 «Агрономия» и 35.04.07 «Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции». Киров: Вятская ГСХА, 2015. 28 с.

5. Калинин А. А., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Усиление эффекта нитрагинизации бобовых культур // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы II Междунар. конф., посвященной 105-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной. Киров: Вятская ГСХА, 2015. С. 146–150.

6. Калинин А. А., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Разработка и оптимизация биопрепаратов на основе клубеньковых бактерий // Актуальные вопросы аграрной науки: теория и практика // Матер. Всерос. научн.-практ. конф., посвящ. 70-летию агрономического факультета. Киров: Вятская ГСХА, 2014. С. 75–79.

7. Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Калинин А. А., Препараты на основе бактерий р. *Rhizobium* как обязательный компонент системы биоорганического земледелия // Бизнес. Наука. Экология родног края: проблемы и пути их решения. Матер. Всерос. науч.-практ. конф.-выст. экологических проектов с междунар. участием. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. С. 220–222.

8. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М.: Агропромиздат, 1987. 248 с.

9. Шильникова В. К. Процесс инфицирования бобового растения клубеньковыми бактериями // Биологический азот в сельском хозяйстве СССР. Изд-во Наука, 1989. С. 46–52.

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ МЕХАНИЗМОВ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И МИКРОБИОЦЕНОЗОВ

*И. П. Погорельский, А. А. Лещенко, С. А. Шаров, А. Г. Лазыкин
Вятский государственный университет, biologiavgu@yandex.ru*

Микроорганизмы, стоявшие у истоков жизни на Земле, принимают участие практически во всех биогеохимических циклах. Если бы эти представители невидимого царства, как полагают ученые, вдруг исчезли, то жизнь на планете прекратилась бы за четыре дня. Эволюционируя вместе с биосферой, микроорганизмы адаптировались к различным условиям существования и расселились повсеместно, заняв различные экологические ниши и биотопы в организме людей и животных. Достаточно сказать, что у относительно здорового человека с массой тела около 70–75 кг в толстой кишке находится около 2–2,5 кг живой биомассы микроорганизмов (кишечной микрофлоры), а количество видов достигает 1–1,5 тысяч [1].

Природная экосистема, как и экосистема кишечника, определяющая здоровье или болезнь организма, – это динамическая структура из сотен и тысяч видов организмов, которых связывают пищевые цепи и непищевые взаимоотношения [2]. Одной из причин, позволяющих макро- и микроэкосистемам длительное время сохранять постоянный видовой состав, заключается в том, что отношения между всеми их компонентами находятся в динамическом равновесии. Такое видовое разнообразие обеспечивает стабильность экосистем. В тоже время необходимо подчеркнуть, что одним из самых слож-

ных вопросов в экологии является вопрос о соотношении между биоразнообразием видов и устойчивостью биотических сообществ и систем. Предложены, как это отмечено профессором Н. Ф. Реймерсом, сотни моделей математической интерпретации таких закономерностей. Однако отсутствуют прямые и постоянные связи между биоразнообразием и устойчивостью экосистем. В частности, Р. Риклефс указывает на то, что «экологи удивительно невежественны во всем, что касается устойчивости природных систем» и формулирует «один из основных экологических принципов: эффективность сообщества и его стабильность возрастают прямо пропорционально той степени, в которой составляющие ее популяции в процессе эволюции приноровились друг к другу» [3].

Н. Ф. Реймерс сделал дополнение к вышеприведенному заключению, которое сводится к следующему: в экосистемах соответствие необходимо не только между популяциями, но и экологическими компонентами, а также между конкретной экосистемой и ее положением в надсистеме, и всей их иерархией.

Исходя из данных теоретических и экспериментальных исследований, с учетом замечаний Р. Риклефса, Н. Ф. Реймерс сформулировал принцип экологической надежности экосистемы: устойчивость (надежность) экосистемы, ее способность к самовосстановлению и саморегуляции (в пределах естественных колебаний) зависит от ее положения в иерархии природных образований (краевое, маргинальное, невыгодное), степени взаимодействия ее компонентов и элементов (их экологической комплементарности, конгруэнтности, равновесия, экологической корреляции и оптимальности в компонентной дополнителности), а также от частных приспособлений организмов (размеры, продолжительность жизни, скорость смены поколений, отношение продуктивности к биомассе и т. д.), составляющих биоту экосистемы. Разнообразие, сложность и другие характеристики экосистемы имеют неоднозначное значение и зависят от эволюционной сукцессионной зрелости. При значительном снижении биоразнообразия, что случается довольно часто как в природной экосистеме, так и в микроэкологической системе кишечника людей и животных, происходит депривация системы и, как следствие, потеря ее устойчивости. Такие тонкие качественные изменения структуры экосистемы количественные модели уловить не могут, что и привело в конечном итоге к отсутствию взаимопонимания между экологами-профессионалами и экологами-математиками.

Универсальность механизмов устойчивого функционирования экосистем во всей полноте просматривается на примере функционирования микробно-тканевого комплекса кишечника человека. Данный комплекс – это сложное эволюционно сложившееся полифункциональное объединение, состоящее из колонизирующей пристеночную зону слизистой оболчки кишечника мукозной микрофлоры и подлежащих структур кишечной стенки. На сегодняшний день известно, что практически все бактерии находятся в кишечнике не в свободном состоянии, а в виде специфически организованных био-

пленок [4, 5]. Бактерии составляют лишь 5–35% массы биопленки, а остальная часть – это межбактериальный матрикс. Такое устройство биопленки позволяет бактериям противодействовать неблагоприятным факторам окружающей среды физической, химической, биологической природы. Как и в природной экосистеме биопленка – это своеобразный «город микробов». Основными свойствами микробного консорциума в составе биопленки являются: 1) общность взаимодействия различных видов микроорганизмов; 2) структурированность микроорганизмов в виде микроколоний; 3) окруженность микроколоний защитным матриксом; 4) внутри микроколоний находится различная среда; 5) иерархическая структура и довольно сложная система связи внутри микроколоний.

Как в любом микробиоценозе в биопленках имеются постоянно обитающие виды бактерий (индигенная микрофлора) и транзиторные виды микробов. Нарушение качественного и количественного состава микрофлоры кишечника называется дисбиозом. Причиной дисбиозов являются инфекционные заболевания, а также множество других причин. Поэтому дисбиоз выявляется у подавляющего большинства населения России и представляет собой кардинальное нарушение биопленки слизистой толстого кишечника с развитием метаболических, трофических, иммунологических и других расстройств. При этом коллективный иммунитет патологической биопленки часто практически сводит на нет возможность коррекции дисбиоза с помощью пробиотиков [5, 6].

При инфекционной патологии желудочно-кишечного тракта болезнетворные бактерии, обладающие рядом факторов патогенности, в корне изменяют микробный пейзаж кишечника. В данном случае срабатывает экологический принцип биологического замещения: вновь внедрившийся в экосистему вид всегда, вырабатывая свою экологическую нишу, сужает возможности менее конкурентоспособных видов и тем самым ведет к их исчезновению или лишь слегка видоизменяет экологические ниши функционально близких видов, создавая предпосылки для сохранения их численности или, наоборот, массового размножения («принцип незваного гостя»); при этом меняется все сообщество, включая даже, как будто, бы несвязанные с внедрившимся видом формы [7]. Процесс депривации микробного сообщества будет продолжаться на фоне интенсивного размножения патогенного микроба и достижения летальной популяции, вызывающей гибель чувствительного организма.

При дисбиозах другого происхождения для коррекции нарушений микробиоценоза кишечника применяют пробиотики на основе непатогенных, но чужеродных для организма хозяина бактерий (бифидобактерий, лактобацилл, споровых форм бактерий и др.). Взаимоотношения пробиотических микроорганизмов и микробного сообщества кишечника, находящегося в состоянии дисбиоза, достаточно полно можно рассмотреть на основе одного из основных экологических законов – закона обеднения разнородного вещества в островных его сгущениях Г. Ф. Хильми [8]. В соответствии с этим законом, индивидуальная система, в данном случае пробиотические микроорганизмы,

существующая в экосистеме с иным уровнем организации (биопленка кишечника), постепенно теряет свою структуру, и как бы «растворяется» в окружающей среде. Фактически закон Г. Ф. Хильми – это общесистемный закон, согласно которому, чем выше разница между уровнем организации «островной» биосистемы и ее окружения, тем скорее происходит деградация биосистемы. Поэтому сохранить ее изолированно на малых территориях при любых условиях в длительном интервале времени практически невозможно. Следовательно, «островная» экосистема в чужеродном морфологическом и генетическом окружении микрофлоры кишечника с неизбежностью исчезает из кишечного содержимого, так и не оказав лечебно-профилактического пробиотического действия.

Закон Г. Ф. Хильми, применительно к микробному сообществу, имеет научную основу. Так, микроорганизмы пробиотиков, выращенные искусственно на питательных средах, имеют высокую видовую, индивидуальную и анатомическую специфичность, являются гетерологичными по отношению к микроорганизмам биопленки кишечника [9], не имеют «пароля» для входа в биопленку, не приживаются в ней и отторгаются. Таким образом, законом обеднения разнородного живого вещества в островных его сгущениях объясняется бедность интродуцированного вида, пробиотических микроорганизмов, их экологическая и функциональная маргинальность.

Если учесть, что в ходе пассажа через пищеварительный тракт происходит снижение численности пробиотических микроорганизмов ниже критической, после которой невозможна выживаемость в целом, то в новом экологическом окружении чуждой среды кишечника со своим устоявшимся консорциумом микроорганизмов, пробиотические микроорганизмы не имеют шансов на выживание. Они подвергаются рестрикции и элиминируются из кишечника без ожидаемого пробиотического эффекта.

В заключение еще раз необходимо подчеркнуть, что, несмотря на различия, у экосистем имеются универсальные механизмы, обеспечивающие устойчивое их функционирование. Возможное длительное изменение количества и качества одного из экологических компонентов ведет к замене одной экосистемы другой, при этом не всегда желательной. Как правило, природные изменения экологических компонентов бывают непродолжительными и не выходят за рамки нормы реакции экосистемы. Искусственные изменения (дисбиозы) нередко бывают перманентными, отнюдь не всегда соотношены с выносливостью экосистем и часто приводят к их деградации.

Литература

1. Минушкин О. Н., Елизаветина Г. А., Ардатская М. Д. Нарушение баланса микрофлоры и ее коррекция // Эффективная фармакотерапия. Гастроэнтерология. 2013. № 4. С. 4–8.
2. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) // Журнал «Россия Молодая». М., 1994. 367 с.
3. Риклефс Р. Основы общей экологии / Пер. с англ. Н. О. Фоминой. М.: Мир, 1979. 424 с.

4. O'Toole G.A., Kaplan H.B., Kolter R. Biofilm formation as microbial development // *Ann. Rev. Microbiol. Lett.* 2000. Vol. 54. P. 49–76.
5. Чеботарь И. В. Механизмы антибиопленочного иммунитета // *Вестник РАМН.* 2012. № 12. С. 22–29.
6. Мальцев С. В., Мансурова Г. Ш. Что такое биопленка? // *Практическая медицина. Педиатрия.* 2011. № 5 (53). С. 7–10.
7. Шварц Е. А., Белоновская Е. А., Второв И. П., Морозова О. В. Интродуцированные виды и концепция биоценологических кризисов // *Успехи соврем. биол.* 1993. Т. 113, Вып. 4. С. 387–401.
8. Хильми Г. Ф. Основы биофизики биосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 272 с.
9. Глушанова Н. А. Экспериментальное обоснование новых подходов к коррекции микробиоценоза кишечника: Дис. ... д-ра мед. наук. ФГНУ МНИИЭМ им. Г.Н. Габричевского, 2006. 260 с.

МИКРОБНЫЙ ПУЛ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗНОМ ОСТАТОЧНОМ СОДЕРЖАНИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Т. В. Кузнецова, А. М. Петров, А. А. Вершинин
Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан, kuznetsovatatyana@mail.ru*

Нефтяное загрязнение почв дает, как правило, «залповую» нагрузку на окружающую среду, приводя к серьезным изменениям физических свойств почв, нарушениям процессов массообмена следствием которых является быстрая ответная реакция педобионтов, изменения в составе микробных комплексов. Реакция микробного пула на присутствие поллютанта определяется типом почвы, содержанием нефти и характеристиками разных групп почвенных микроорганизмов [1–3].

Ответной реакцией почвенного биоценоза на любое воздействие является изменение интенсивности процессов биодеструкции органического субстрата почв, которая коррелятивно связана с развитием и активностью всей совокупности почвенных сапрофитных микроорганизмов. Поступление нефтяных органических компонентов в почву повышает активность углеродородокисляющих микроорганизмов, количество которых при этом обычно увеличивается [3–6]. По изменению общей численности почвенных сапрофитных и углеродородокисляющих микроорганизмов можно судить об уровне антропогенного воздействия, нарушении почвенного микробиоценоза.

Самовосстановление почвенной экосистемы и рекультивация представляют собой непрерывный биогеохимический процесс и основываются на принципе мобилизации внутренних ресурсов почвенного микробиоценоза, обеспечении условий ускоряющих восстановление ее первоначальных функций, плодородия и свойств нефтезагрязненных почв. Процесс рекультивации обычно завершается достижением определенного содержания нефтепродуктов в почве, при котором за определенный временной период происходит самовосстановление свойств почвы без проведения дополнительных рекульти-

вационных мероприятий (норматив допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в почве). Данный норматив разрабатывается на основе проведения комплексных исследований, учитывающих широкий спектр физико-химических, биохимических свойств нефтезагрязненной почвы, с учетом возможного влияния на прилегающие к загрязненному участку территории [7–9].

Одной из определяющих характеристик состояния рекультивированных почв при разном остаточном содержании нефтепродуктов (НП) является численность основных физиологических групп почвенных микроорганизмов. В многочисленных работах продемонстрировано, что объективными показателями, позволяющими оперативно оценить почвы, при разных уровнях остаточного техногенного воздействия, является состав почвенных микробценозов, который отражает интенсивность процессов разложения органических соединений [10–12].

Целью работы являлось изучение влияния остаточного содержания НП в рекультивируемой почве на численность ряда физиологических групп почвенных микроорганизмов.

В ходе модельных лабораторных экспериментов определялся микробный пул серой лесной среднесуглинистой почвы Московской области, условно рекультивированной (периодическое перемешивание и увлажнение) до разного остаточного содержания нефтепродуктов в почве. В качестве контроля была использована чистая почва, условия инкубирования которой соответствовали опытными вариантам.

При оценке влияния разного остаточного содержания нефтепродуктов в почве на микробный пул определялась численность азотофиксаторов, микромицетов, актиномицетов, общего количества сапрофитных (ОМЧ), углеводородокисляющих (УОМ), спорообразующих и целлюлозоразрушающих микроорганизмов.

Микробиологический анализ проводился при остаточном содержании нефтепродуктов 14,0; 12,5; 8,5; 4,2 и 1,4 г на кг суховоздушной почвы.

Проведенные исследования показали, что в опытных вариантах общая численность сапрофитных и углеводородокисляющих микроорганизмов на всех этапах модельных экспериментов была выше, чем в контроле (рис.).

ОМЧ при содержании НП 14,0–4,2 г/кг практически не менялось, и 4,7–5,0 раз превышало их количество в контрольных вариантах. Снижение содержания НП в почве до 1,4 г/кг приводило к росту ОМЧ, что вероятно связано с уменьшением суммарного токсического действия нефтяных компонентов и/или образованием менее токсичных и более доступных для сапрофитов органических веществ.

Количество УОМ в опытных образцах мало зависело от остаточного содержания поллютанта. При концентрациях НП 14,0–8,5 г/кг их численность в 2,5–2,9 раза превышала численность в контроле. При концентрациях поллютанта в почве 4,2–1,4 г/кг численность УОМ в 2,1 раза превышала контрольные значения.

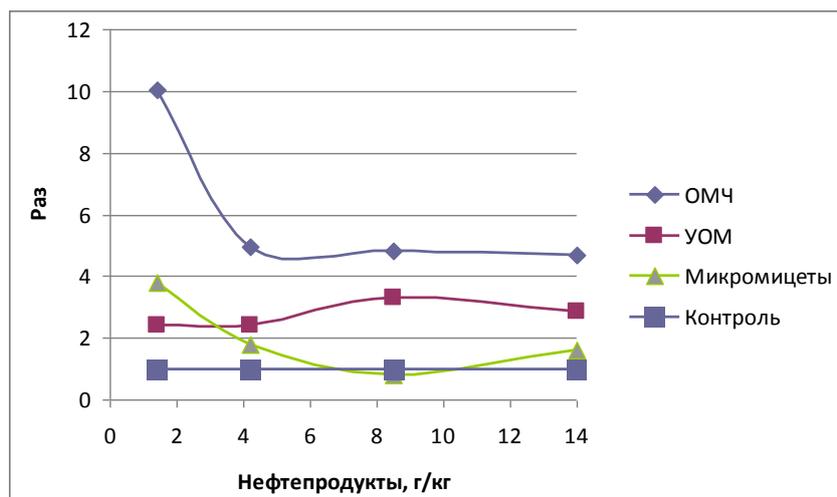


Рис. Кратность отклонения численности микроорганизмов при разном остаточном содержании нефтепродуктов в почве (относительно контроля)

Наиболее высокое содержание микромицетов было зарегистрировано при концентрации НП в почве 1,4 г/кг. При остаточном содержании НП 14,0 и 4,2 г/кг численность микромицетов была в 1,6 и 1,8 раза выше, чем в контроле, а при концентрации 8,5 г/кг была ниже, чем в контроле.

Проведенный микробиологический анализ выявил ингибирующее действие поллютанта на актиномицетов, азотфиксаторов, спорообразующих и целлюлозоразрушающих микроорганизмов, численность которых во всех вариантах была ниже, чем в контроле (табл.). Очень низкая численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, отсутствие в загрязненных образцах почвы азотфиксаторов указывают на то, что в ходе рекультивационных мероприятий ряд свойств, плодородие почвы не восстановились, что указывает на необходимость их дополнительной временной консервации перед возвратом в хозяйственный оборот.

Таблица

Влияние остаточного содержания нефтепродуктов в почве на численность микроорганизмов (кратность отклонения относительно контроля, раз, но – не обнаружены)

Микроорганизмы	Содержание НП, г/кг			
	1,4	4,21	8,5	14
Спорообразующие	0,5	0,2	0,5	0,7
Актиномицеты	0,1	0,7	0,6	0,3
Целлюлозоразрушающие	0,03	0,07	0,03	0,10
Азотфиксаторы	но	но	но	но

Литература

1. Гилязов М. Ю., Гайсин И. А. Агрэкологическая характеристика и приемы рекультивации нефтезагрязненных черноземов Республики Татарстан. Казань: ФЭн, 2003. 228 с.

2. Кузнецова Т. В., Петров А. М., Князев И. В., Хабибуллин Р. Э. Состав микробных сообществ при разном содержании нефтепродуктов в серых лесных почвах // Вестник технологического ун-та. 2016. Т. 19. № 14. С. 165–168.
3. Петров А. М., Каримуллин Л. К., Кузнецова Т. В., Вершинин А. А., Хабибуллин Р. Э. Влияние остаточного содержания нефтепродуктов на состав и активность почвенного микробного сообщества // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 23. С. 356–359.
4. Кузнецова Т. В., Петров А. М. Состав и динамика численности почвенного микробиоценоза при воздействии нефтепродуктов // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2010. № 3 (47). С. 41–43.
5. Кузнецова Т. В., Петров А. М., Князев И. В. Ответная реакция почвенного микробного сообщества на присутствие нефтяных углеводородов // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. г. Киров. 2016. Кн. 1. С. 192–193.
6. Яппаров А. Х., Дегтярева И. А., Хидиятуллина А. Я. Комплексный подход к рекультивации нефтезагрязненных почв // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 1. С. 213.
7. Петров А. М., Шагидуллин Р. Р., Зайнулгабидинов Э. Р., Иванов Д. В., Тарасов О. Ю., Григорьян Б. Р. Разработка нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в серых лесных почвах Республики Татарстан // Экология и промышленность России. 2011. С.29-34.
8. Петров А. М., Зайнулгабидинов Э. Р., Сунгатуллина Л. М., Шагидуллин Р. Р., Иванов Д. В., Тарасов О. Ю., Григорьян Б. Р. Разработка нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Республики Татарстан для земель сельскохозяйственного назначения // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 23. С. 129–135.
9. Шагидуллин Р. Р., Латыпова В. З., Петров А. М., Иванов Д. В., Тарасов О. Ю., Шагидуллина Р. Р. Нормирование допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах // Георесурсы. 2011. № 5. С. 2–5.
10. Исмаилов Н. М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязненных почв // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 42–56.
11. Киреева Н. А., Новоселова Е. И., Ямалетдинова Г. Ф. Диагностические критерии самоочищения почв от нефти // Экология и промышленность России. 2001. № 12. С. 34–35.
12. Сулейманов Р. Р., Габбасова И. М., Ситдииков Р. Н. Изменение свойств нефтезагрязненной серой лесной почвы в процессе биологической рекультивации // Известия РАН. Серия биологическая. 2005. № 1. С. 109–115.

ВЛИЯНИЕ ИНТРОДУКЦИИ АССОЦИАЦИИ ЭФФЕКТИВНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА МИКРОБНУЮ ПОПУЛЯЦИЮ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВ ПАСТБИЩ

*И. Э. Смирнова, А. К. Саданов, С. Т. Даугалиева,
А. М. Нурмуханбетова, А. Ж. Султанова
РГП «Институт микробиологии и вирусологии»,
г. Алматы, Республика Казахстан, iesmirnova@mail.ru*

Необходимость восстановления природных экосистем, сохранение их биологического разнообразия на уровне, гарантирующем стабильность окружающей среды, ставит перед наукой новые задачи. Среди них, изучение динамики популяций микроорганизмов непосредственно в природных местообитаниях [1]. В этой связи, очень важно исследование влияния интродукции искусственно созданных ассоциаций агрономически ценных микроорганизмов на микрофлору микробных популяций, определение их экологической приспособленности и исследование их влияния на изменения численности и биоразнообразия состава природных микробиомов.

В настоящее время, во многих странах мира отмечается существенная деградация сельскохозяйственных земель. В результате этого процесса из мирового сельскохозяйственного оборота ежегодно выбывает в среднем 8–10 млн., а по максимальным оценкам – даже 15–20 млн. га продуктивных почв [2]. Особенно, деградации подвержены пастбищные земли, что связано с нерегулируемым выпасом скота и отсутствием контроля над состоянием пастбищ. Все эти негативные процессы вызвали снижение продуктивности пастбищных экосистем. Такое неудовлетворительное состояние пастбищ выдвигает насущную проблему – восстановление и повышение их продуктивности. Одним из наиболее перспективных решений является использование ЭМ-технологии (технология эффективных микроорганизмов), которая основывается на внесении в почву ассоциаций агрономически ценных или эффективных микроорганизмов (ЭМ-ассоциации) [3–5].

Следует отметить, что оценка состава микробных сообществ почвы и изменений, происходящих в них под влиянием антропогенной деятельности и разных сельскохозяйственных мероприятий, в течение длительного времени осуществлялась с использованием классических методов лабораторного культивирования. Применение методов секвенирования позволяет идентифицировать почвенные микроорганизмы без их выделения и культивирования. При этом лучшим методом изучения биологического разнообразия почв является метагеномный анализ, способный наиболее полно описать микробиом почвы, выявляя как культивируемые, так и некультивируемые почвенные микроорганизмы, а также проследить изменения в их составе. Метагеномика позволяет реально оценить разнообразие микроорганизмов и разработать систему

биоиндикации состояния почв путем анализа их микробиома, являющегося специфичным для каждого типа почв.

Целью данного исследования явилось изучение влияния интродукции ЭМ-ассоциации на изменение микробной популяции деградированных почв пастбищ путем метагеномного анализа переменных V3 и V4 регионов гена 16S рРНК.

Для изучения влияния интродукции ЭМ-ассоциации на динамику изменения почвенного микробиома были заложены полевые опыты. Опыты проводили на деградированных почвах пастбищ. Почвы пастбищ по своему типу классифицировали как серозем обыкновенный. В весенний года период (апрель) в почву, одновременно с семенами луговых трав, была внесена ЭМ-ассоциация. В контроле были высеяны семена без обработки. В состав ЭМ-ассоциации входили целлюлолитические бактерии рода *Bacillus*, азотфиксирующие бактерии рода *Azotobacter* и фосфатмобилизующие бактерии рода *Bacillus*. Образцы почвы для анализа отбирали методом конверта. Отбор проб почвы проводили до и после внесения ЭМ-ассоциации (в конце вегетационного периода года, в сентябре месяце). Собрано и исследовано более 20 образцов. Метагеномный анализ образцов почв проводили методом NGS – секвенирования (Next Generation Sequencing) на приборе Mi Seq (Illumina, USA). ДНК выделяли с помощью набора Gen Elute Soil Kit (Sigma). Генетические библиотеки готовили с помощью праймеров к V3 и V4 регионам 16SrRNA гена и адаптеров Illumina. Секвенирование проводили по методике секвенирование путем синтеза (Illumina). Обработку данных осуществляли с помощью программы Mi Seq Reporter. Результаты сравнивались с данными Greengenesdatabase Национальной лаборатории Lawrence Berkeley (США). Диаграммы результатов секвенирования отражали состав микроорганизмов образца в процентах.

Ранее нами была создана ЭМ-ассоциация, в состав которой входили целлюлолитические бактерии рода *Bacillus*, азотфиксирующие бактерии рода *Azotobacter* и фосфатмобилизующие бактерии рода *Bacillus*. ЭМ-ассоциация, характеризуется высокой ростостимулирующей активностью по отношению к луговым травам пастбищ и повышает ферментативную активность и интенсивность дыхания почв [6, 7].

Исследование микробной популяции деградированных почв пастбищ показало крайнее ее оскудение, о чем свидетельствует незначительное биоразнообразие групп бактерий (рис. 1). Установлено, что в весенний период года в микробном сообществе доминировали группы бактерий следующих фил *Proteobacteria* (до 28,22%), *Actinobacteria* (до 25,04%) и *Firmicutes* (до 14,40%).

В осенний период года существующая картина состава микробной популяции почв практически не изменилась. Отмечено незначительное изменение процентного состава доминирующих групп бактерий.

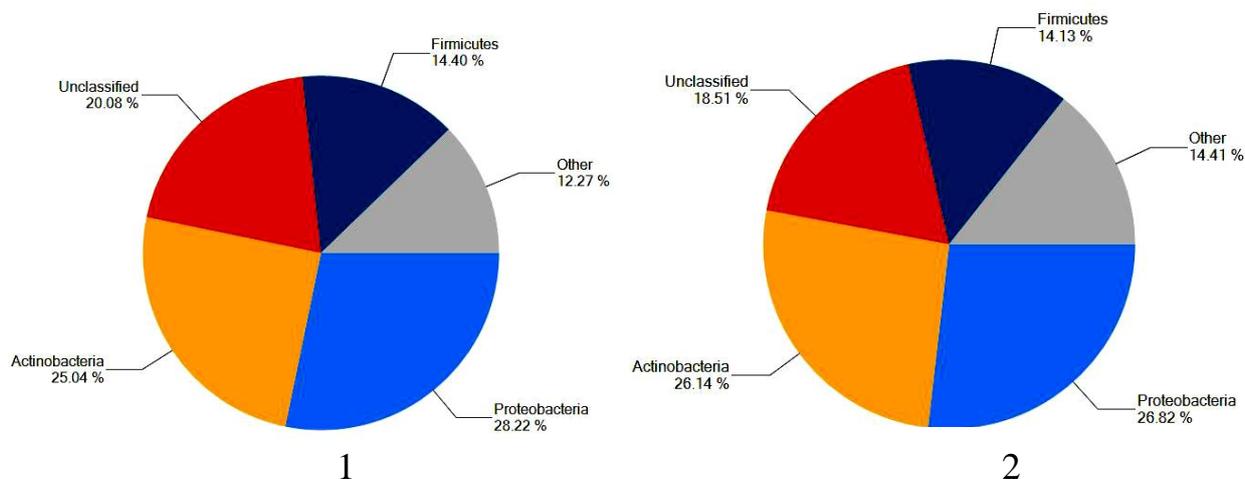


Рис. 1. Анализ почвенных микробиомов основных фил доминирующих групп бактерий (1 – исходная почва; 2 – почва в конце вегетационного периода)

Такое состояние микробной популяции свидетельствует о крайне низкой биологической активности почвы и невозможности восстановления ее продуктивности без проведения определенных агробиологических мероприятий. Можно сказать, что исследуемая почва относится к почвам с высокой степенью деградации. Также, это подтверждается нашими исследованиями химического состава, ферментативной активности (уреаза, каталаза, дегидрогеназа) и активности почвенного дыхания почвы [6, 7].

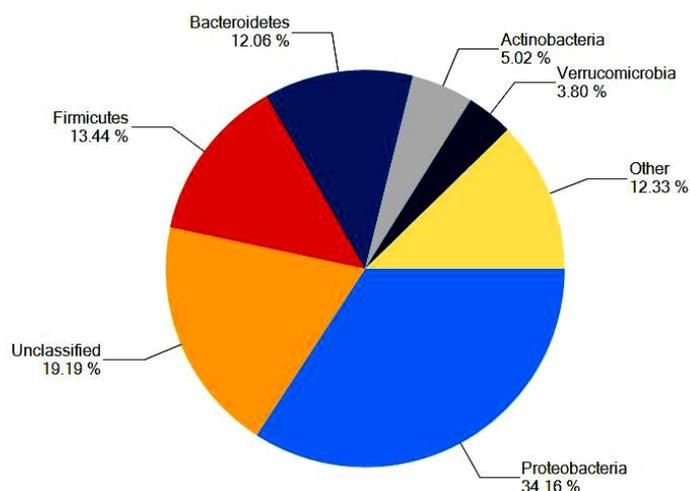


Рис. 2. Анализ почвенных микробиомов основных фил доминирующих групп бактерий после интродукции ЭМ-ассоциации

Интродукция ЭМ-ассоциации в почву резко меняет структуру популяции микроорганизмов. Отмечено появление групп бактерий представителей фил *Bacteroidetes* (до 12,06%) и *Verrucomicrobia* (до 3,80%), не являющихся доминирующими в контрольных образцах почвы (без внесения ЭМ-ассо-

циации). Также, установлено значительное изменение процентного содержания доминирующих филлбактерий (рис. 2)

Таким образом, изучено влияние интродукции ЭМ-ассоциации на формирование популяции почвенного микробиома деградированных пастбищ путем метагеномного анализа участков гена 16S рРНК. Установлено, что внесение ЭМ-ассоциации является стартером повышения общей численности микроорганизмов и расширения биоразнообразия в сообществе почвенных микроорганизмов, что способствует нормализации микробиома деградированных почв.

Работа выполнена в рамках грантового проекта МОН РК «Разработка и внедрение комплексных агробиологических мероприятий по восстановлению и повышению продуктивности деградированных пастбищных земель Юго-востока Казахстана», ГРН№0115РК01099, 2015–2017 гг.

Литература

1. Биологический мониторинг природно-техногенных систем / Под ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалыкиной. Сыктывкар, 2011. 388 с.
2. Максаковский В. П. Географическая картина мира. Книга 2. Региональная характеристика мира. 4-е изд. М.: Дрофа, 2008. 495 с.
3. Mayer J, Scheid S, Widmer F, Fließbach A, Oberholzer H-R. How effective are «Effective microorganisms (EM)». Results from a field study in temperate climate // Appl. Soil. Eco. 2010. Vol. 46. № 2. P. 230–239. doi:10.1016/j.apsoil.2010.08.007
4. Filho S. Z., Medeiros R. R., Kinjo S. Influence of EM on organic matter decomposition in soil under controlled conditions // Proc. 3rd Int. Conf. on Kyusei Nature Farming. Oct. 5–7 1993. Santa Barbara, California U.S.A. P. 242–243.
5. Jamal T., Hasruman H., Anwer A. R., Saad M.S., Shariffuddin H.A. Effect of EM and fertilization on soil physical properties under sweet potato cultivation // Paper presented at the 14th EM-Technology Conf. Saraburi, Thailand. 2013. P. 295–302.
6. Смирнова И. Э., Саданов А. К., Сабденова А. А., Султанова А. Ж., Нурмуханбетова А. М. Создание ЭМ-ассоциаций, изучение их влияния на пастбищные культуры и биологическую активность деградированных почв // Вестник КазНУ. Серия биологическая, 2016. № 3 (65). С. 236–241.
7. Смирнова И. Э., Султанова А. Ж., Нурмуханбетова А. М. ЭМ-ассоциации, перспективные для восстановления почв деградированных пастбищ // Евразийский союз ученых (ЕСУ). сб. ст. XXX Междунар. конф.: «Актуальные проблемы в современной науке и пути их решения». 2016. № 30. С. 14–17.
8. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: МГУ, 1991. 304 с.
9. Егоров Н. С. Практикум по микробиологии. М.: МГУ, 1996. 307 с.
10. Урбах В. Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. М.: Мир, 1975. 295 с.

ЦИАНОБАКТЕРИИ И ВОДОРΟΣЛИ АКТИВНОГО ИЛА АЭРОТЕНКОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Л. В. Кондакова^{1,2}, Г. И. Березин¹

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Охрана водоемов от загрязнения является актуальной проблемой. Свой вклад в загрязнение водных объектов вносят и коммунально-бытовые сточные воды. Для очистки воды применяются химические, физико-химические и биологические методы, в которых объединены очистительные способности почвогрунтов, сообществ микро- и макрофитов, микрофлоры и микрофауны. Основными компонентами биологической очистки воды являются альго-бактериальные сообщества. Они освобождают сточные воды от избыточного количества минеральных соединений и специфических химических загрязнений [1]. В улучшении качества городских сточных вод активное участие принимают водоросли и цианобактерии (ЦБ). Однако, сведения о флористическом составе водорослей и ЦБ очистных сооружений г. Кирова отсутствуют.

Целью исследований являлось изучение видового состава микрофототрофов аэротенков городских очистных сооружений и особенностей накопления ими тяжелых металлов (ТМ).

Изучение видового состава водорослей и ЦБ проводилось прямым микроскопическим методом. Методом атомно-абсорбционной спектрометрии определялось валовое содержание адсорбированных водорослями и ЦБ таких ТМ, как Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Mn, Fe.

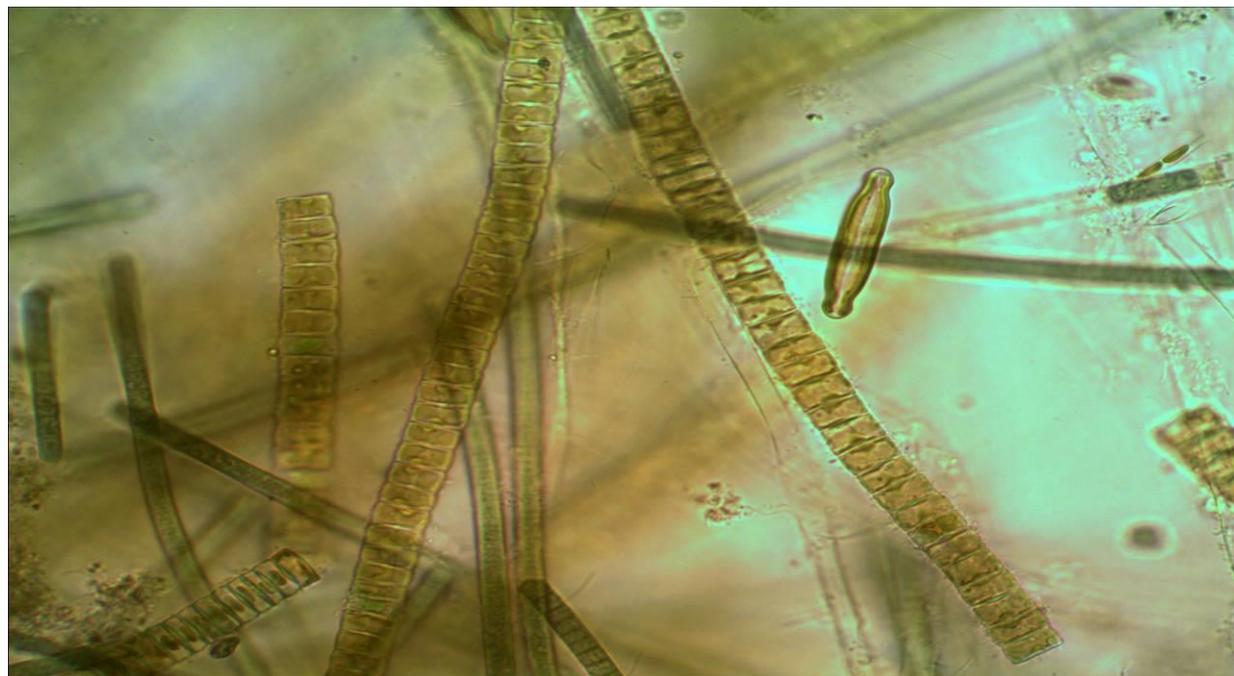


Рис. ЦБ и диатомовые водоросли городских сточных вод

В процессах самоочищения сточных вод принимают участие представители всех систематических групп водорослей и ЦБ. Позднеосенние биопленки представляют собой достаточно плотное сплетение трихомов безгетероцистных ЦБ: *Phormidium henningsii*, *Ph. boryanum*, *Leptolyngbya foveolarum*, *L. angustissimum*, *Plectonema nostocorum*, *Oscillatoria* sp. Из зеленых водорослей многочисленны представители рода *Scenedesmus* (*S. quadricauda*, *S. bijugatus*, *S. acuminatus*) *Chlorella vulgaris*. В биопленках, отобранных 18.03.17, доминантами сообществ являлись диатомовые водоросли: *Pinnularia interrupta*, *P. subcapitata*, *Nitzschia palea*, *Navicula* sp., *Hantzschia amphioxys*, *Melosira* sp., из ЦБ активно развивались *Ph. boryanum*, *Ph. tenue*, *Plectonema nostocorum*. Отмечен начальный рост нитчатых зеленых водорослей *Stigeoclonium tenue*, *Ulothrix* sp. и *Chlamydomonas reinhardtii* (рис.). Являясь одними из основных компонентов самоочистки сточных вод, ЦБ и водоросли включаются и в другие процессы.

Повышение величины рН сточной воды при выращивании в ней водорослей способствует отмиранию *coli*-форм и других патогенных бактерий [2].

Высокая способность водорослей аккумулировать и накапливать в теле химические элементы (табл.) позволяет использовать их в доочистке сточных вод промышленных предприятий.

Таблица

Содержание ТМ в биопленках ЦБ и водорослей

Элемент	Содержание элемента, мг/кг
Cu	48±5
Pb	2,5±0,5
Zn	86±9
Cd	1,0±0,3
Ni	13,5±2,0
Mn	69±7
Fe	1270±60

Биопленки ЦБ и водорослей аэротенков городских очистных сооружений сильнее всего аккумулировали такие элементы как железо, цинк, марганец и медь.

Изучение фототрофного комплекса водных объектов очистных сооружений и его аккумуляционных способностей позволит увеличить эффективность очистки сточных вод.

Литература

1. Ленова Л. И., Ступина В. В. Водоросли в доочистке сточных вод. Киев: Наук. Думка, 1990. 184 с.
2. Догадина Т. В. Перспективы использования водорослей в очистке и доочистке стоков некоторых производств // Теория и практика биологического самоочищения загрязненных вод. М.: Наука, 1972. С. 47–49.

ПЕРСПЕКТИВЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД АКТИВНЫМ ИЛОМ

К. О. Синяшин¹, А. М. Петров², И. В. Князев²

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*

Все увеличивающийся антропогенный пресс на окружающую среду требует разработки новых дорогостоящих высокоэффективных биотехнологий. Необходимость повышения эффективности и глубины очистки сточных вод делает актуальным поиск новых малозатратных приемов повышения скорости биологической трансформации загрязняющих веществ, интенсификации процессов микробного метаболизма содержащихся в сточных водах загрязнителей.

Согласно литературным данным использование малых и сверхмалых доз биологически активных препаратов, в ряде случаев, оказывает заметное положительное влияние на рост и развитие живых организмов, что дает основание для предположения о возможности их эффективного применения в биотехнологических процессах, направленных на снижение техногенного пресса на объекты окружающей среды и, в первую очередь, на микробоценозы используемые при биологической очистке сточных вод.

Одним из подобных биологически активных веществ является синтезированный в Институте органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра Российской академии наук фосфорорганический препарат «Мефосфон».

Препарат «Мефосфон» не обладает токсическим, мутагенным, ДНК-повреждающим, генотоксическим действием в широком диапазоне исследованных концентраций ($0,5 \cdot 10^{-9}$ М до $0,5 \cdot 10^{-3}$ М), относится к IV классу опасности, не обладает раздражающим и сенсibiliзирующим действием.

Учитывая вышесказанное, представляло интерес изучение его возможного положительного влияния на окислительную активность микробного комплекса при очистке сточных вод активным илом.

В экспериментах с препаратом «Мефосфон» были использованы реальные сточные воды и активный ил очистных сооружений ОАО «Альметьевск водоканал».

В эксперименте в регенерируемый активный ил лабораторной установки моделирующей процесс непрерывной биологической очистки сточных вод вносился препарат «Мефосфон» в конечной концентрации $3 \cdot 10^{-6}$ г/гАИ. Время контакта активного ила в регенераторе с препаратом соответствовало времени его реального нахождения в регенераторах очистных сооружений.

В ходе эксперимента ежедневно оценивалась окислительная активность регенерированного ила перед его поступлением в лабораторный аэротенк. Для этого регенерированный активный ил смешивался с реальной сточной водой (ХПК – 470 мгО₂/дм³, БПК₅ 270 мгО₂/дм³) в пропорции, соответствующей его смешению в действующих очистных сооружениях и определялась скорость потребления кислорода в процессе биологического окисления присутствующих в сточных водах органических веществ. Контролем служил вариант с регенерированным илов из модельной установки, в которую не добавлялся препарат «Мефосфон».

Проведенные исследования показали, что в первые 4–5 суток скорость окисления органических веществ активным илом в вариантах с препаратом «Мефосфон» и без него была фактически одинаковой.

На 6 сутки эксперимента в варианте с препаратом была зарегистрирована более высокая, в сравнении с контролем, скорость потребления кислорода (рис.). Следует отметить, что увеличение времени внесения препарата до 10 и более суток не приводило к повышению интенсивности окислительных процессов.

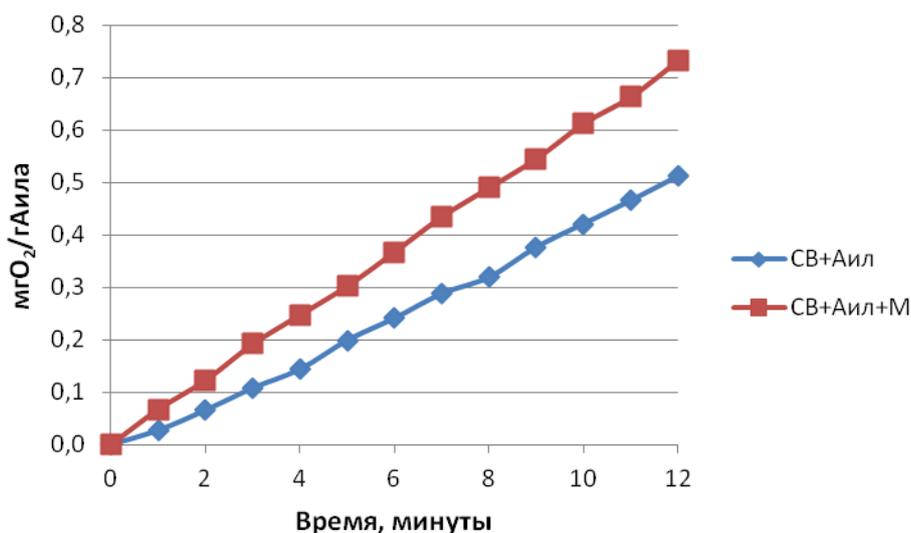


Рис. Влияние внесения препарата «Мефосфон» на скорость окисления органических компонентов сточных вод активным илом (Аил – активный ил, СВ – сточная вода, М – препарат «Мефосфон»)

Зарегистрированное в эксперименте повышение средней скорости потребления кислорода составило 35–43% относительно контроля, что указывает на возможность использования препарата «Мефосфон» для интенсификации окислительной активности микробоценозов очистных сооружений.

Подобные эксперименты, проведенные с активным илом и реальными сточными водами других биологических очистных сооружений, очищающих преимущественно хозяйственно бытовые сточные воды (БПК₅ от 85 до 175 мгО₂/дм³) также выявили 20–30% увеличение интенсивности дыхательных процессов на 2–6 сутки после начала внесения препарата в регенерируемый активный ил.

Полученные экспериментальные результаты показали, что систематическое или периодическое внесение препарата «Мефосфон» в регенераторы очистных сооружений в концентрации $3 \cdot 10^{-6}$ г/ГАИ на 35–43% повышает окислительную активность микробоценоза очистных сооружений.

Понимание процессов, протекающих в ходе биологической очистки сточных вод активным илом, позволяет сделать предположения, что использование препарата «Мефосфон»:

1. Обеспечит интенсификацию процессов окисления органических веществ, нитрификации, денитрификации при создании условий обеспечивающих протекание данных процессов.

2. Повысит устойчивость микробоценоза активного ила к стрессовым ситуациям (залповое поступление сточных вод, изменения гидравлической нагрузки, физико-химических характеристик и состава сточных вод, иные нарушения технологического режима).

3. Будет способствовать снижению прессы токсичных компонентов сточных вод на биоценоз очистных сооружений.

4. Повышение биохимической активности микробоценоза обеспечит трансформацию биологически трудноразлагаемых органических (в том числе и ароматических) соединений в биодоступные формы.

5. Активизация энергетических процессов при окислении органических компонентов сточных вод будет способствовать снижению объемов образующегося избыточного активного ила.

6. Применение препарата «Мефосфон» обеспечит сокращение времени аэробной минерализации избыточного активного ила, а при его дальнейшем обезвоживании обеспечит повышение производительности аппаратов при снижении дозы используемых флокулянтов.

ОПТИМИЗАЦИЯ МАССОВОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Н. А. Кудряшов¹, Л. И. Домрачева^{1,2}, Е. О. Великородчанина³

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

dli-alga@mail.ru,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Вятский государственный университет

Бурное развитие биотехнологии постоянно требует включения новых эффективных микробов-продуцентов в производственный цикл для получения как микробной биомассы, так и широкого спектра биологически активных веществ. Большой интерес в этом плане представляют цианобактерии (ЦБ), особенно их гетероцистные формы, обладающие способностью к азот-фиксации. Привлекательность этой группы организмов в качестве биотехнологического объекта обусловлена такими особенностями их развития, как биохимическое и физиологическое разнообразие, широкий набор экзометабо-

литов, включающий антибиотики, ростовые вещества, ферменты, витамины и т. д. [1].

Опыт массового культивирования ЦБ достаточно давно существует в странах Юго-Восточной Азии, постепенно внедряется и в России [2].

Серия исследований, проводимых на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА в течение многих лет, показала, что различные альгологически чистые культуры ЦБ, выделенные из почв Кировской области, обладают антагонистическими, ростстимулирующими, биотестовыми, биосорбционными и биоремедиационными способностями [3–8].

В перспективе намечается создание биопрепарата многофункционального действия на основе данной группы фотосинтезирующих микроорганизмов. Однако, чтобы обеспечить получение необходимого количества ЦБ, требуется совершенствование методов их массового культивирования, особенно в осенне-зимний период, когда популяции ЦБ переходят в состояние глубокого покоя и вегетируют очень слабо. Ранее мы показали, что можно существенно увеличить скорость роста ЦБ, используя различные режимы освещения в биореакторе [9]. Так, увеличение интенсивности освещения и разнообразие спектров освещения, которые осуществляются в биореакторе, приводило к интенсификации нарастания биомассы 2-х видов ЦБ (*Nostoc paludosum* и *Fischerella muscicola*), по сравнению с люминостабом, в 1,6 и 3,5 раз соответственно.

Цель данной работы – оптимизация массового культивирования цианобактерий путем изменения состава питательной среды.

Для проведения опытов были выбраны 2 штамма нитчатых гетероцистных форм ЦБ из коллекции фототрофных микроорганизмов кафедры: *Nostoc paludosum* № 18 и *Fischerella muscicola* № 300. Культивирование ЦБ проводили в биореакторе. Биореактор авторской конструкции представляет собой зеркальный параллелепипед размерами 600x400x500 мм (отражающей стороной внутрь) со светодиодными лентами (красной, синей, зеленой и белой) и инфракрасным обогревателем. Продолжительность освещения – 12 часов в сутки.

Модификацию питательной среды проводили в нескольких направлениях: путем увеличения концентрации макро- и микроэлементов, добавлением различного количества агар-агара в стандартную среду Громова, а также насыщением питательной среды углекислотой.

В состав питательной среды Громова № 6 без азота входят такие макроэлементы, как кальций, калий, магний и фосфор. Отсутствие азота в среде обусловлено тем, что оба вида исследуемых ЦБ являются азотфиксаторами, используя для своего роста и развития молекулярный азот, превращение которого в аминокислоты и белки происходит в особых клетках – гетероцистах. В ходе проводимого опыта состав питательной среды меняли таким образом, что концентрация данных макроэлементов была увеличена в 1,5 и 2 раза.

Микроэлементы добавляются в среду в виде катионов неорганических солей. При проведении опыта концентрацию микроэлементов в питательной среде увеличивали от 1,5 до 10 раз (табл.).

Агар-агар – полисахарид, который в микробиологической практике используется для получения плотных питательных сред в концентрации от 1,5 до 3%, полужидких от 0,3 до 0,7%. Выпускаемые для агрономической практики микробные биопрепараты в качестве наполнителей содержат различные вещества, но очень редко агар-агар. Исключением является препарат «Ризоверм», разработанный на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА [10]. Созданный препарат на основе клубеньковых бактерий отличается от существующих на рынке полужидкой консистенцией, которая позволяет его расфасовывать в удобные пластиковые контейнеры, он легко разводится водой и наносится на семена. Подобная идея положена в основу создания биопрепарата на основе ЦБ. Вследствие этого проведены опыты, определяющие эффективность роста ЦБ при концентрациях агар-агара от 0,025 до 1%

При массовом выращивании ЦБ остро стоит проблема углеродного обмена. При классическом способе культивирования углекислый газ поглощается питательной средой из воздуха, но при интенсификации процессов этот способ не эффективен. Мы пытались оптимизировать этот процесс путем растворения в питательной среде сухого льда. Растворяясь, сухой лед частично переходит в растворенный углекислый газ, частично в угольную кислоту и частично в карбонаты и гидрокарбонаты.

Объем вносимого цианобактериального инокулята во всех вариантах был одинаковым и равнялся 1мл с титром клеток $3,75 \cdot 10^8$. Продолжительность культивирования составляла 5 и 8 недель.

В процессе роста ЦБ формируют биопленки определенной текстуры. Поэтому при снятии опыта для количественного учета численности клеток в популяциях ЦБ биопленки в течение 2-х минут разбивали на гомогенизаторе. Определение титра гомогенизированных культур проводили в камере Горяева в 6-кратной повторности.

При снятии опыта было установлено, что различные способы изменения условий культивирования по-разному влияют на численность популяций обоих видов ЦБ в зависимости от времени культивирования, вида ЦБ и испытываемых агентов (табл). Так, к увеличению концентрации макроэлементов и времени культивирования наиболее чувствительной оказалась ЦБ *Nostoc paludosum*, прирост численности которой через 8 недель культивирования при 1,5-ой концентрации макроэлементов в 1,8 раза был выше, чем в контроле.

Сильнее реагировали оба вида ЦБ на 2-кратное возрастание концентрации микроэлементов при 5- и 8-недельном культивировании. При этом 8-недельное культивирование приводило более, чем к двукратному возрастанию численности клеток.

Сильно изменяется плотность микробных популяций и при снижении плотности среды с концентрацией агар-агара 0,05–0,1%, по сравнению со стандартом для плотных питательных сред (1,5–3,0%).

Но, как видно из таблицы, наиболее существенный вклад в интенсификацию наращивания биомассы ЦБ вносит обогащение питательной среды сухим льдом. При его добавлении в питательную среду в концентрации 25 г/л через 5 недель культивирования численность, а, следовательно, и биомасса ЦБ увеличивается практически в 3 раза. Через 8 недель культивирования этот показатель возрастает почти в 4 раза.

Таблица

**Изменение численности клеток цианобактериальных популяций
в результате оптимизации условий их культивирования
(в % по сравнению с контролем)**

Показатель	Время культивирования			
	5 недель		8 недель	
	<i>Fischerella muscicola</i>	<i>Nostoc paludosum</i>	<i>Fischerella muscicola</i>	<i>Nostoc paludosum</i>
Концентрация макроэлементов (разы по отношению к контролю)				
1,5	124,5	127,8	153,3	185,9
2,0	126,1	166,2	126,1	196,4
Концентрация микроэлементов (разы по отношению к контролю)				
1,5	133,0	120,0	161,3	163,6
2,0	199,5	180,0	242,0	245,4
4,0	209,5	189,0	254,1	257,7
5,0	211,5	203,2	266,6	277,1
10,0	220,1	219,5	267,0	299,4
Концентрация агар-агара (%)				
0,025	133,0	120,0	153,5	163,6
0,05	199,5	180,0	245,5	261,8
0,1	219,5	207,0	212,7	210,0
0,25	138,3	100,8	109,6	94,4
0,5	200,3	72,0	200,3	85,0
Концентрация CO ₂ (сухой лед, г/л)				
10	150	160,0	150,0	160,0
25	285,0	304,0	375,0	368,0
50	170	170,0	227,2	217,0
100	161,5	161,1	107,7	161,1
250	71,0	68,9	127,1	116,9

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные показатели прироста численности клеток ЦБ в каждой группе испытуемых параметров.

Таким образом, в ходе проведения данной серии опытов было показано, что выбранные для исследования штаммы ЦБ достаточно активно реагируют на все испытуемые изменения состава питательной среды. Однако самым эффективным и самым экономически выгодным приемом оказалось насыщение питательной среды дополнительным источником углерода в виде сухого льда,

что явно привело к возрастанию интенсивности фотосинтеза и существенно-му увеличению выхода цианобактериальной биомассы.

Литература

1. Андреюк Е. И., Коптева Ж. П., Занина В. В. Цианобактерии. Киев: Наукова думка, 1990. 200 с.
2. Лукьянов В. А., Стифеев А. И. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе. Курск: Изд-во Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2014. 182 с.
3. Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
4. Панкратова Е. М., Трефилова Л. В. Симбиоз как основа существования цианобактерий в естественных условиях и в конструируемых системах // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 1. С. 4–14.
5. Фокина А. И., Домрачева Л. И., Зыкова Ю. Н., Березин Г. И., Злобин С. С. Микроорганизмы как биосорбенты поллютантов // Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. С. 232–252.
6. Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Огородников 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.
7. Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Горностаева Е. А., Казакова Д. В., Субботина Е. С. Микробная интродукция и состояние почвенной аборигенной микрофлоры // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 2. С. 55–59.
8. Фокина А. И., Горностаева Е. А., Огородникова С. Ю., Зыкова Ю. Н., Домрачева Л. И., Кондакова Л. В. Адаптационные резервы почвенных природных биопленок с доминированием цианобактерий р. *Phormidium* // Сибирский экологический журнал. 2015. № 6. С. 842–851.
9. Кудряшов Н. А., Симакова В. С., Домрачева Л. И. Совершенствование методов культивирования цианобактерий // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 105-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной. 19–25 октября 2015 г. Киров: Вятская ГСХА, 2015. С. 186–191.
10. Калинин А. А., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Использование препарата «Ризоверм» под бобовые культуры. Киров: Вятская ГСХА, 2015. 28 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ РЕЦЕПТОРА БИОСЕНСОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ 2,4-ДИНИТРОФЕНОЛА

Е. В. Емельянова, А. Н. Решетилов
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов
им. Г. К. Скрябина РАН, elenvem@ibpm.pushchino.ru

С отходами промышленных предприятий и в результате обработки почв пестицидами в окружающую среду поступают опасные для здоровья человека ксенобиотики, в том числе нитрозамещенные ароматические вещества. Многие из этих соединений, включая 2,4-динитрофенол (2,4-ДНФ), высокоток-

сичны для живых организмов: не только для человека, но и большинства микроорганизмов. Деградация нитроароматики по окислительному пути затруднена. При деградации этих соединений по восстановительному пути образуются биологически инертные азо-, азокси- и полимерные соединения [1]. Это приводит к накоплению ксенобиотиков в окружающей среде.

Предельно допустимые концентрации содержания нитроароматических соединений в воде составляют сотые доли миллиграмма на 1 литр. Для 2,4-ДНФ ПДК в водных средах – 0,03 мг/л ($1,6 \cdot 10^{-7}$ М). Поэтому необходимы эффективные способы контроля содержания этих веществ в окружающей среде.

Большинство аналитических методик, используемых для определения нитрофенолов, достаточно надежны и эффективны. Однако они сложны и требуют дорогостоящего оборудования. Указанных недостатков лишены биосенсоры.

Несмотря на высокую токсичность нитроароматических соединений, некоторые микроорганизмы способны использовать их в качестве единственного источника азота или углерода и энергии [2, 3]. Известно, что микроорганизмы рода *Rhodococcus* обладают уникальным ферментным аппаратом, катализирующим биотрансформацию и деградацию различных ксенобиотиков [4].

Нами было установлено, что интенсивность дыхания покоящихся клеток *Rhodococcus erythropolis* HL PM-1 зависит от концентрации 2,4-ДНФ в среде [5]. Была создана лабораторная модель амперометрического мембранного биосенсора на основе иммобилизованных клеток *Rhodococcus erythropolis* HL PM-1 и кислородного электрода Кларка. Она позволяла обнаруживать 2,4-динитрофенол в диапазоне концентраций от 10^{-12} до 10^{-3} М [6]. В ходе измерения регистрировали изменение дыхания культуры-рецептора в ответ на внесение 2,4-ДНФ, то есть использовали только живые клетки актинобактерий.

Целью данной работы было исследовать влияние условий подготовки и хранения рецепторного элемента на основе целых клеток *Rhodococcus erythropolis* HL PM-1 на ответ биосенсора для 2,4-динитрофенола.

Клетки культуры-рецептора *Rhodococcus erythropolis* HL PM-1 иммобилизовали методом физической сорбции на хроматографической стеклобумаге и фиксировали на кислородном электроде типа Кларка, который использовали в комплекте с усилительной системой Ingold 5313/10. Все измерения проводили в 50 мМ К-На-фосфатном буферном растворе (рН 7,4), насыщенном кислородом воздуха, в открытой кювете с рабочим объемом 5 мл при постоянном перемешивании и температуре 20–22 °С. Измеряемым параметром являлась максимальная скорость изменения силы тока в системе dI/dt (рА/с) в ответ на внесение 2,4-ДНФ в измерительную кювету (ответ сенсора), регистрируемая с помощью двухкоординатного самописца XY Recorder-4103. Этот параметр был пропорционален скорости изменения потребления кислорода иммобилизованными клетками *R. erythropolis* HL PM-1.

Культуру *R. erythropolis* выращивали на пептон-триптонной среде в витаминных пробирках в течение 18 часов. Биомассу отделяли центрифугиро-

ванием и ресуспендировали в 50 мМ К-На-фосфатном буферном растворе (рН 7,4) из расчета 100 мг влажной биомассы в 1 мл буфера. Свежеприготовленную суспензию использовали для формирования рецепторных элементов или хранили при +4 °С. На рисунке 1 приведены ответы на 2,4-ДНФ биосенсора на основе рецепторных элементов, приготовленных из суспензий разного срока хранения. Существенное падение активности биосенсора наблюдали через год хранения суспензии, однако ответ сенсора был значимо больше нуля.

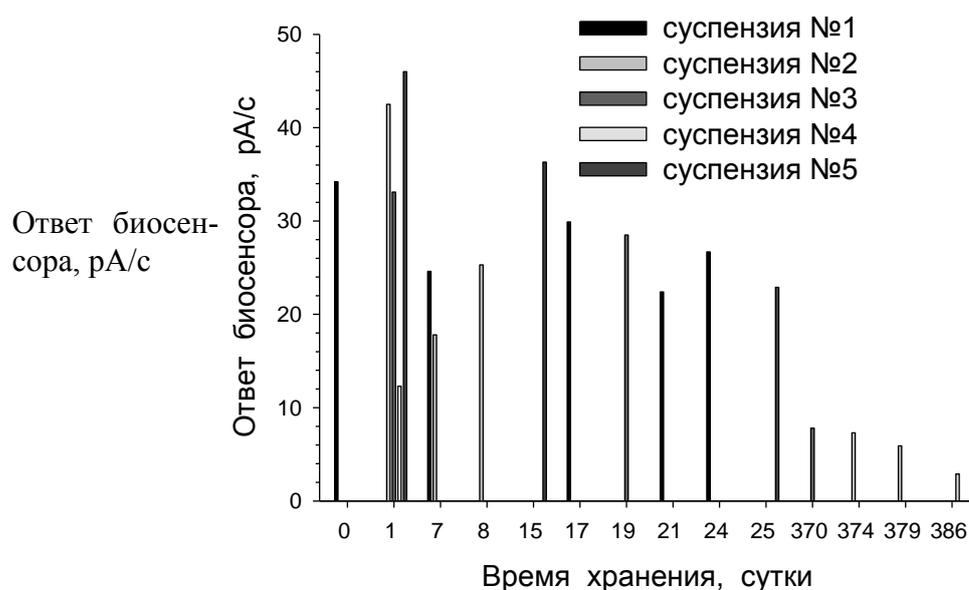


Рис. 1. Влияние продолжительности хранения суспензии клеток *R. erythropolis* на ответ биосенсора. Приведены данные для пяти суспензий: ответ сенсора на 0,1 мМ 2,4-ДНФ

На основании данных, представленных на рисунке 1, скорость падения сигнала по отношению к исходному ответу биосенсора была рассчитана в проценты/сутки. Результаты расчетов представлены на рисунке 2.

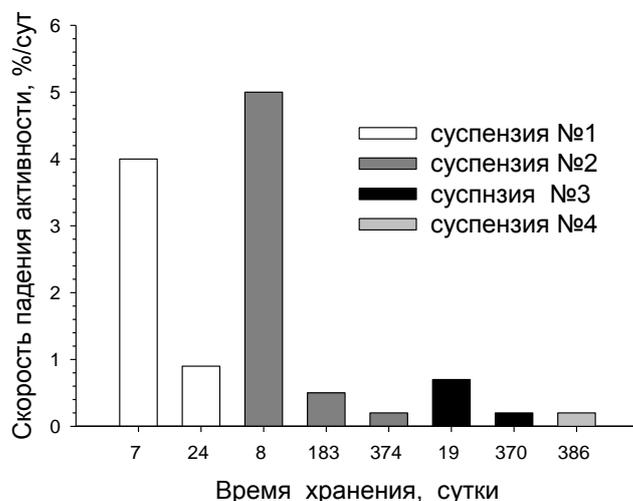


Рис. 2. Зависимость скорости падения активности биосенсора от продолжительности хранения суспензии клеток актинобактерий

Из суспензий 1 и 2 по мере их хранения были приготовлены рецепторные элементы, которые использовали непосредственно после формирования или через какое-то время. Причем рецепторные элементы хранили в воздушно-сухом состоянии: приготовленные из суспензии № 1 – при температуре $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (А), а из суспензии № 2 – при $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Б). Результаты использования приготовленных рецепторных элементов в биосенсоре приведены на рисунке 3.

Как следует из приведенных результатов (рис. 1 и рис. 3), за 7 суток хранения суспензии (суспензия № 1) величина ответа биосенсора снижалась на 28%, а за 5 суток хранения рецепторного элемента (иммобилизованные клетки *R. erythropolis*), сформированного из свежеприготовленной суспензии № 1, – на 62%. За 21 день хранения суспензии 1 снижение активности составляло 35%, в то время как при хранении клеток в виде суспензии в течение 17 суток и далее в иммобилизованном состоянии 3 суток – 48%. Когда суспензию (№ 2) клеток хранили 8 суток, ответ уменьшался на 40%, а за 5 суток хранения рецепторного элемента на основе той же суспензии – на 65%. Таким образом, клетки культуры-рецептора при продолжительности хранения 1 месяц предпочтительнее сохранять в виде суспензии, а не в иммобилизованном состоянии.

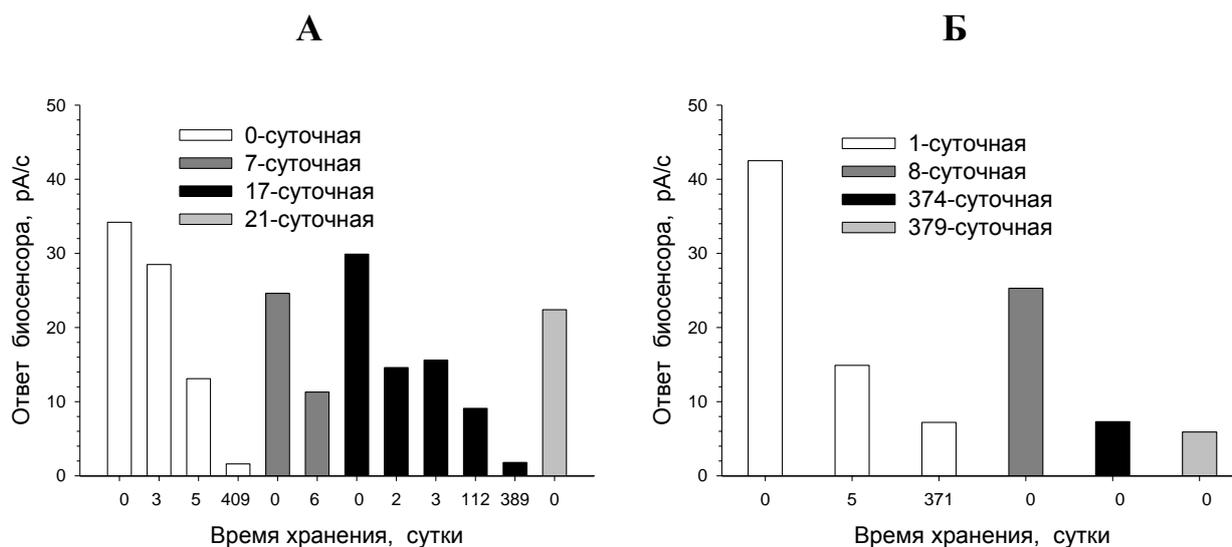


Рис. 3. Влияние условий и продолжительности хранения рецепторного элемента на ответ биосенсора: А – рецепторные элементы приготовили из суспензии № 1 и хранили при $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$; Б – рецепторные элементы приготовили из суспензии № 2 и хранили при $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ответ сенсора – на $0,1\text{ мМ}$ 2,4-ДНФ

На основании данных, представленных на рисунке 3, скорость падения сигнала по отношению к исходному ответу биосенсора была рассчитана в проценты/сутки. Результаты расчетов представлены на рисунке 4.

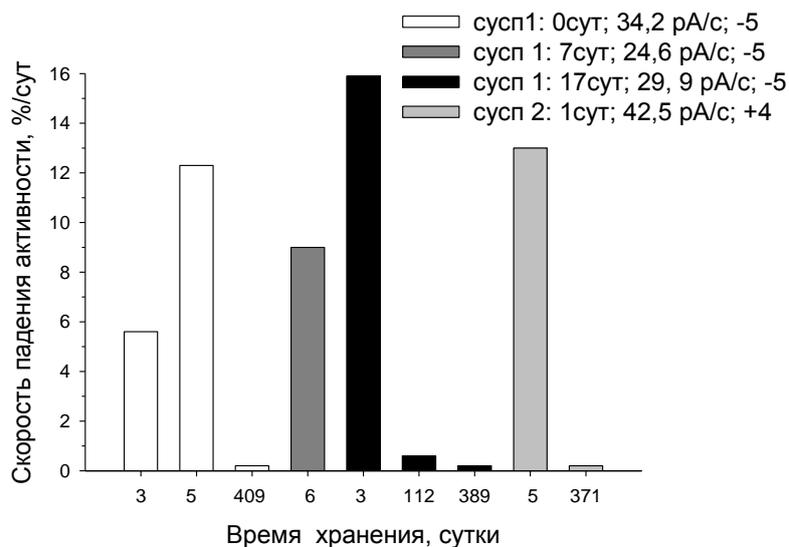


Рис. 4. Зависимость скорости падения активности биосенсора от продолжительности и условий хранения рецепторного элемента. Во вкладке указаны: продолжительность хранения суспензии № 1 или № 2; исходная активность рецепторного элемента; температура, при которой его хранили.

Как следует из представленных данных (рис. 2 и рис. 4), при хранении в течение года, как суспензии клеток, так и рецепторного элемента, скорость падения активности биосенсора была одинаковой и составляла в среднем 0,2% в сутки. Причем скорость снижения величины ответа биосенсора не зависела от исходной активности рецепторного элемента (рис. 4). Однако остаточная активность биорецептора, сформированного из клеток после года хранения их в виде суспензии, составила 17–24% от исходной. При той же длительности хранения клеток в иммобилизованном состоянии (в виде рецепторного элемента) она составила 5–6% при хранении рецепторов при -5°C и 17% – при $+4^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, клетки актинобактерий при их длительном (около года) хранении, в зависимости от целей, можно поддерживать и в виде суспензии в буферном растворе, и в иммобилизованном состоянии (рецепторный элемент). Рецепторные элементы не следует хранить при температуре ниже 0°C .

После хранения в течение года активность рецепторного элемента была улучшена инкубацией рецептора в растворе 2,4-ДНФ. На рисунке 5 приведены результаты измерения ответа биосенсора на 2,4-ДНФ, глюкозу и этанол до (А) и после (Б) активации рецептора. Инкубация в 2,4-ДНФ позволила восстановить рецептор, повысив ответ сенсора на 0,1 мМ 2,4-ДНФ с 4,7 % до 39,5 % от первоначального, не изменяя отклик сенсора на глюкозу. Однако одновременно произошла активация отклика биосенсора на этанол.

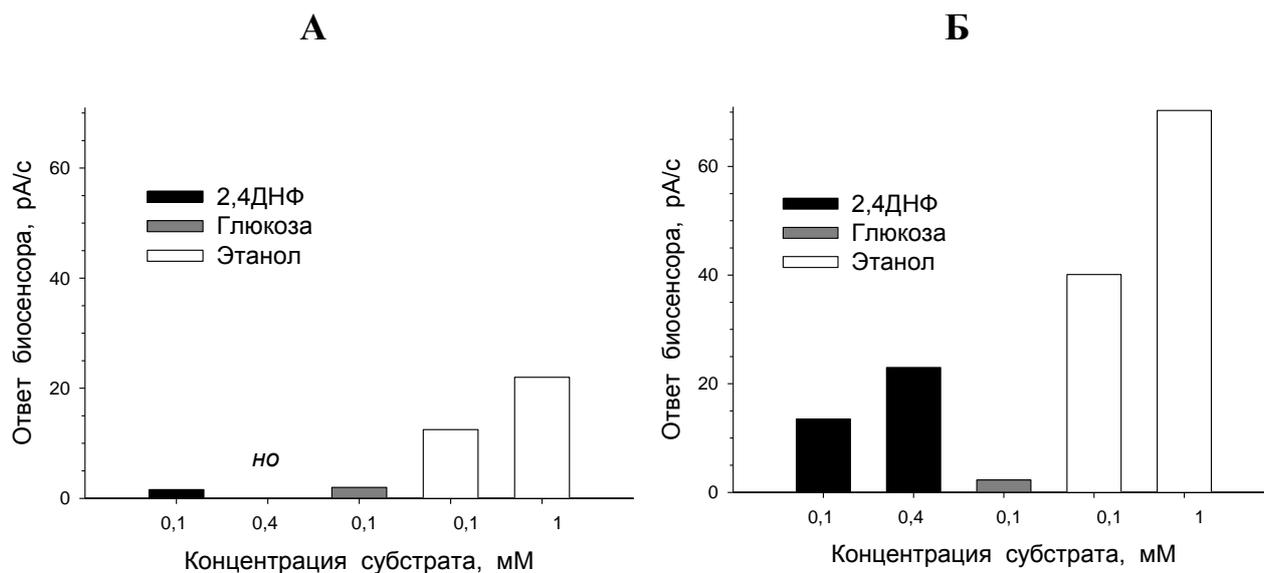


Рис. 5. Активация рецепторного элемента после его хранения в течение 409 суток: А – ответ биосенсора на субстраты после хранения рецептора; Б – ответ биосенсора на субстраты после активации рецептора. Исходная (до хранения рецептора) реакция биосенсора на 0,1 мМ 2,4-ДНФ – 34,2 рА/с. *no* – не определяли

Таким образом, в оптимальных условиях рецепторные элементы на основе целых клеток *Rhodococcus erythropolis* можно хранить в течение года. В случае значительного снижения ответа биосенсора его активность может быть восстановлена индукцией иммобилизованных клеток динитрофенолом.

Литература

1. Bruhn C., Lenke H., Knackmuss H.-J. Nitrosubstituted aromatic compounds as nitrogen source for bacteria // *Appl. Environ. Microbiol.* 1987. V. 53. P. 208–210.
2. Zeyer J., Kocher H.P., Timmis K.N. Influence of para-substituents on the oxidative metabolism of o-nitrophenols by *Pseudomonas putida* B2 // *Appl. Environ. Microbiol.* 1986. V. 52. P. 334–339.
3. Lenke H., Pieper D.H., Bruhn C., Knackmuss H.-J. Degradation of 2,4-dinitrophenol by two *Rhodococcus erythropolis* strains, HL 24-1 and HL 24-2 // *Appl. Environ. Microbiol.* 1992. V. 58. P. 2928–2932.
4. Карасевич Ю. Н. Основы селекции микроорганизмов, утилизирующих синтетические органические соединения. М: Наука, 1982. 144 с.
5. Emelyanova E. V., Reshetilov A. N. *Rhodococcus erythropolis* as the receptor of cell-based sensor for 2,4-dinitrophenol detection: effect of 'co-oxidation' // *Process Biochemistry.* 2001. V. 37. P. 683–692.
6. Емельянова Е. В. Биосенсор мембранного типа для определения 2,4-динитрофенола // Применение методов биотестирования в мониторинге и контроле окружающей среды: Сб. трудов Всерос. науч.-практ. семинара с междунар. участием. Уфа, 2013. С. 32–40.

БИОСЕНСОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА НА ОСНОВЕ ДРОЖЖЕЙ *ARXULA ADENINOVORANS* ВКМ У-2676

Т. Н. Кувичкина¹, П. В. Ильясов², Е. А. Воронова³, А. Н. Решетиллов¹
¹ Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина,
² Самарская научно-исследовательская ветеринарная станция,
³ ЗАО «Медицинская компания ИДК», kuv@ibpmt.pushchino.ru

В настоящее время актуальны разработки методов для экспресс-анализа проб воды, а именно проб сточных вод (муниципальных и промышленных), проб вод, полученных из объектов окружающей среды (реки, озера, водохранилища). Одним из параметров, определяющим загрязненность проб воды, является биологическое потребление кислорода (БПК). В соответствии с мировой практикой эффективным подходом для оценки БПК является биосенсорный. Метод основан на использовании микроорганизмов, обладающих широкой субстратной специфичностью при окислении органических соединений. За рубежом в анализаторах подобного типа применяются запатентованные штаммы микроорганизмов, представляющие коммерческую ценность [1]. В связи с этим имеет значение исследование штаммов, принадлежащих коллекциям Российской Федерации. Известно, что ряд дрожжевых организмов *Candida maltosa*, *Candida blankii*, *Debaryomyces hansenii* и *Arxula adeninovorans* способен утилизировать широкий круг органических соединений [2, 3].

Целью работы являлось создание лабораторной модели биосенсора для определения БПК на основе дрожжей *Arxula adeninovorans* ВКМ У-2676.

Дрожжевой штамм *Arxula adeninovorans* ВКМ У-2676 получен из Всероссийской коллекции микроорганизмов. Культуру поддерживали на суслоагаре при температуре 4 °С. Для засева инокулята использовали 2-х суточную скошенную культуру. Инокулят выращивали на жидкой среде в витаминных пробирках по 10 мл следующего состава: глюкоза – 5 г/л, пептон – 2,5 г/л, дрожжевой экстракт – 0,5 г/л на качалке при 37 °С в течение 40 часов. Для получения биомассы дрожжи выращивали в среде такого же состава. Выросшие дрожжи отделяли центрифугированием в течение 20 мин при 12000 об/мин, дважды промывали натрий-фосфатным буфером (30 мМ, рН 7,6). Полученную биомассу хранили в холодильнике при 4 °С. Для построения кривой роста использовали 40-часовой инокулят, которым засевали пробирки для культивирования. Через каждые 3 часа производили отбор пробы для определения оптической плотности культуры при 610 нм. Затем строили зависимость оптической плотности пробы от времени роста клеток.

Для получения биорецептора клетки дрожжей иммобилизовали методом физической адсорбции на хроматографической бумаге Whatman GF/A (Великобритания). Клеточную суспензию (100 мг сырого веса /мл) наносили на бумагу и подсушивали при комнатной температуре 20 мин. Полученный

биорецептор помещали на рабочую поверхность кислородного электрода типа Кларка, который использовали в качестве преобразователя.

Измерения проводили в открытой кювете объемом 2 мл, объем пробы составлял 20 мкл, при постоянном перемешивании при комнатной температуре в диапазоне полного насыщения по кислороду. Регистрируемым параметром (ответ сенсора) являлась максимальная скорость изменения выходного сигнала dI/dt (нА/с). Она связана пропорциональной зависимостью со скоростью изменения концентрации потребленного кислорода. В качестве базового раствора первоначально использовали натрий-фосфатный буфер 30 мМ, рН 7.6. В качестве калибровочного стандарта была использована глюкозно-глутаматная смесь (ГГС). Принято считать, что раствор, содержащий 150 мг/л глюкозы и глутаминовой кислоты, эквивалентен водной среде с БПК₅, равным 220 мг/л. Для построения субстратной специфичности использовали растворы субстратов, концентрация которых в кювете составила 10 мМ.

На рисунке 1 представлена кривая роста дрожжевой культуры [4].

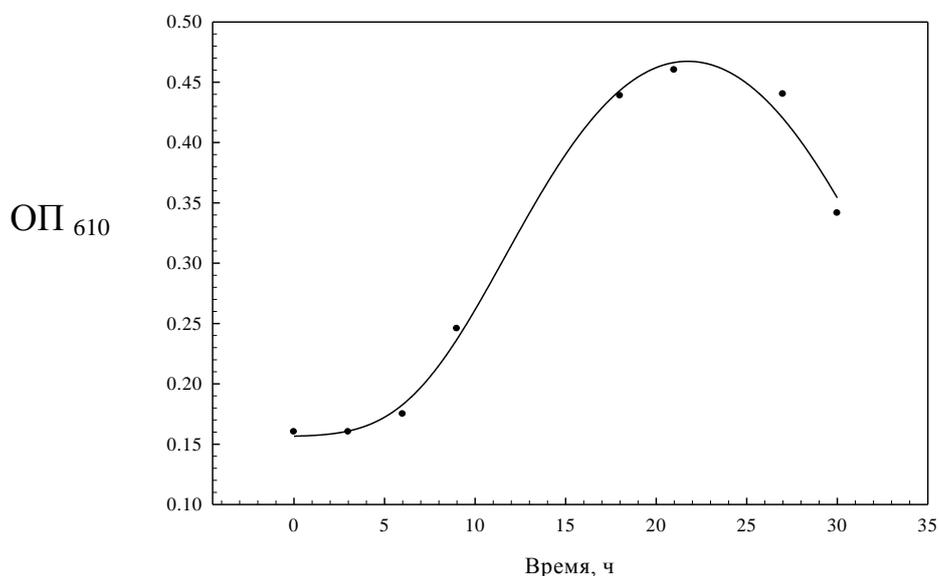


Рис. 1. Кривая роста дрожжевого штамма *A. adeninovorans* ВКМ У-2676

Данная зависимость показывает, что начало стадии замедления роста приходится на 15–16 часов, что соответствует максимальному накоплению ферментов, их высокой активности. При культивировании данного штамма предпочтительно выращивать культуру в течение 15–16 часов при 37 °С, при условии, что засев производился 40-часовым инокулятом.

На рисунке 2 представлена градуировочная зависимость сенсора на основе штамма *A. adeninovorans* ВКМ У-2676 от количества глюкозно-глуконатной смеси.

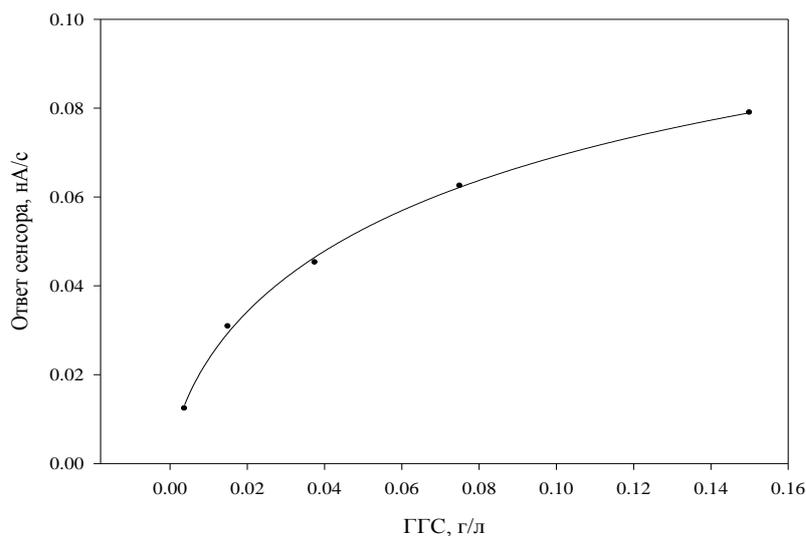


Рис. 2. Градуировочная зависимость биосенсора на основе штамма *A. adeninovorans* ВКМ У-2676 от количества глюкозо-глюконатной смеси.

Диапазон определения ГГС составлял 0.003-0.150 г/л. Биосенсор позволял выполнять анализ единичной пробы в течение 20 мин [4].

Таблица 1

Параметры уравнения Михаэлиса-Ментен градуировочной зависимости биосенсора на основе штамма *A. adeninovorans* ВКМ У-2676

V_{\max} , нА/с	K_M , г/л	Чувствительность, нА/с/(г/л)	Нижний предел детекции, г/л
0,144	0,113	1,988	0,003

На рисунке 3 представлен график субстратной специфичности.

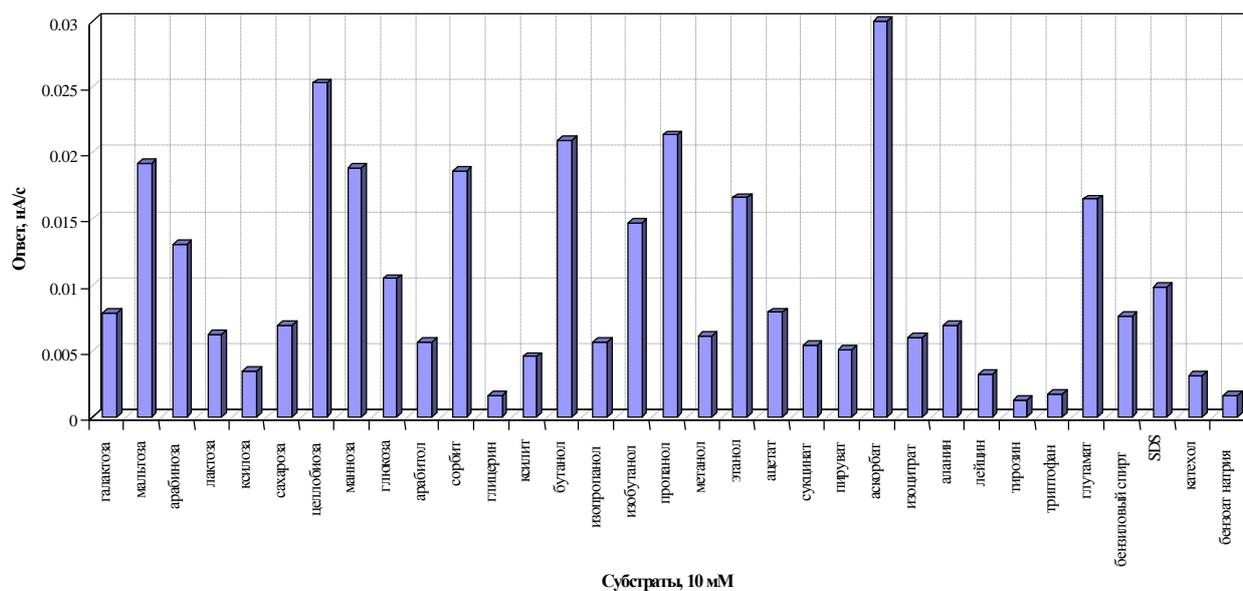


Рис. 3. Субстратная специфичность биосенсора на основе штамма *A. adeninovorans* ВКМ У-2676

Сенсор обладал широкой субстратной специфичностью. Сенсор характеризовался наибольшей чувствительностью к углеводам, низшим алифатическим спиртам, а также к аскорбату, глутамату и додецилсульфату натрия [5]. В течение 4-х суток ответы сенсора были стабильны.

Таким образом, создана лабораторная модель биосенсора для определения БПК на основе иммобилизованных клеток штамма *A. adeninovorans* ВКМ У-2676. Ценным с практической точки зрения является факт наличия ответов на додецилсульфат натрия (компонент моющих средств), а также отсутствие токсического действия исследуемых субстратов на иммобилизованные клетки биорецептора.

Литература

1. Liu J., Mattiasson B. Microbial BOD sensors for wastewater analysis // *Water Research*. 2002. V. 36. P. 3786–3802.
2. Голубев В. И. Таксономическая характеристика дрожжей, используемых в гидролизно-дрожжевых производствах // *Прикладная биохимия и микробиология*. 1994. Т. 30. Вып. 1. С. 132–136.
3. Arlyapov V., Kamanin S., Ponamoreva O., Reshetilov A. Biosensor analyzer for BOD index express control on the basis of the yeast microorganisms *Candida maltosa*, *Candida blankii*, and *Debaryomyces hansenii* // *Enzyme and Microbial Technology*. 2012. № 50. P. 215–220.
4. Воронова Е. А., Ильясов П. В., Кувичкина Т. Н., Китова А. Е., Емельянова Е. В. Использование дрожжей рода *Arxula* для определения биологического потребления кислорода // *Микроорганизмы и биосфера: Материалы междунар. науч. конф.* М., 2007. С. 23–24.
5. Кувичкина Т. Н., Воронова Е. А., Ильясов П. В., Китова А. Е., Емельянова Е. В., Решетиллов А. Н. Биосенсор для определения загрязненности воды органическими веществами // Патент РФ на полезную модель № 73975. Зарегистрирован 10.06.2008. Заявка № 2007144733. Бюллетень изобретений полезных моделей. 2008. № 16.

ОЦЕНКА *RHODOCOCCLUS OPACUS* 1СР КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ-РЕЦЕПТОРА БИОСЕНСОРА ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ БЕНЗОАТА

Е. В. Емельянова, И. П. Соляникова
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов
им. Г. К. Скрабина РАН, elenvem@ibpm.pushchino.ru

Бензоат натрия (БН) не только применяют в авиационной, химической промышленности и пиротехнике, его широко используют в пищевой промышленности в качестве консерванта. Несмотря на относительную безвредность бензоата натрия для млекопитающих, имеются данные о его мутагенном действии на митохондриальную ДНК. ВОЗ отмечает ряд отрицательных воздействий БН на человека. Необходимы эффективные способы контроля содержания бензоата: не только простые и надежные, но и оперативные, не требующие дорогостоящего оборудования для их выполнения. Это, прежде всего, относится к биосенсорным методам анализа, в том числе микробным

сенсорам, которые являются комбинацией микробных клеток и селективного электрода.

Микроорганизмы рода *Rhodococcus* обладают уникальным набором ферментов метаболизма различных ароматических соединений. Полученные нами результаты показали, что клетки актинобактерий обладают высокой способностью к переживанию неблагоприятных условий и являются идеальным объектом для создания стабильных и чувствительных биорецепторов.

На основе живых клеток *Gordonia polyisoprenivorans* 135, идентифицированных ранее как *Rhodococcus rhodnii* 135, нами была предложена лабораторная модель амперометрического микробного сенсора для определения бензоата натрия в водных растворах [1]. В биосенсоре иммобилизованные на носителе клетки актинобактерий *G. polyisoprenivorans* 135 были сопряжены с кислородным электродом Кларка.

Было показано, что актинобактерия *Rhodococcus opacus* 1CP способна переживать неблагоприятные условия и сохранять биodeградативную активность [2]. Культура выделена из накопительной культуры на 2,4-дихлорфеноле и была способна расти на ряде ароматических соединений, включая бензоат [3].

Цель работы – сравнить культуры *G. polyisoprenivorans* 135 и *R. opacus* 1CP, чтобы оценить возможности последней как рецептора биосенсора.

Клетки культур *G. polyisoprenivorans* 135 и *R. opacus* 1CP выращивали на пептон-триптонной [2] среде (среда 5/5) в колбах на качалке при 28 °С, отделяли центрифугированием и ресуспендировали в К-Na фосфатном буфере (рН 7,4). Полученную суспензию (неиндуцированная суспензия) анализировали (определяли дыхание и скорость реакции клеток на бензоат), использовали для приготовления рецепторных элементов (иммобилизованные клетки) и подвергали индукции бензоатом. Скорость реакции клеток на БН характеризовала активность фермента подготовительного метаболизма бензоата – бензоат 1,2-диоксигеназы (БДО). Для формирования рецепторных элементов клетки иммобилизовали на GF бумаге методом физической сорбции как в [2]. Индукцию осуществляли в неростовых условиях при постоянном перемешивании суспензии. Суспензию после индукции (индуцированная суспензия) анализировали и использовали для приготовления рецепторных элементов. Дыхание клеток суспензии и скорость реакции клеток на бензоат (активность БДО) определяли полярографическим методом как в [2]. Активность рецепторных элементов (скорость реакции на бензоат) определяли с помощью биосенсорной методики [2].

На рисунке 1 показана метаболическая активность суспензии клеток *G. polyisoprenivorans* 135 и *R. opacus* 1CP, выращенных на жидкой среде 5/5 и индуцированных затем бензоатом в неростовых условиях. Величины ответа на БН, полученные для клеток *R. opacus* 1CP, были достоверно значимыми, хотя ниже, чем у клеток *G. polyisoprenivorans* 135. Это навело нас на мысль, что клетки родококка, как и *G. polyisoprenivorans* 135, могут быть использованы в качестве рецептора в микробном биосенсоре для определения бензоата.

Известно, что активность свежесобранных на БН клеток определяется, главным образом, активностью БДО. В то же время активность иммобилизованных покоящихся клеток (биосенсорная методика) складывается из активности процессов транспорта субстрата в клетку и активности начальных этапов его метаболизма.

Для *R. oracius* 1CP в [4] показано, что реакция суспензии клеток на бензоат характеризует скорость реакции между ферментом (БДО) и БН: при отсутствии фермента в клетках ответ суспензии на бензоат равен нулю. Но у тех же клеток, но иммобилизованных и тестированных по биосенсорной методике, где определяющим является процесс транспорта БН в клетку, фиксировали реакцию на бензоат, причем, значительную по величине. Аналогичные исследования проведены и для *G. polyisoprenivorans* 135.

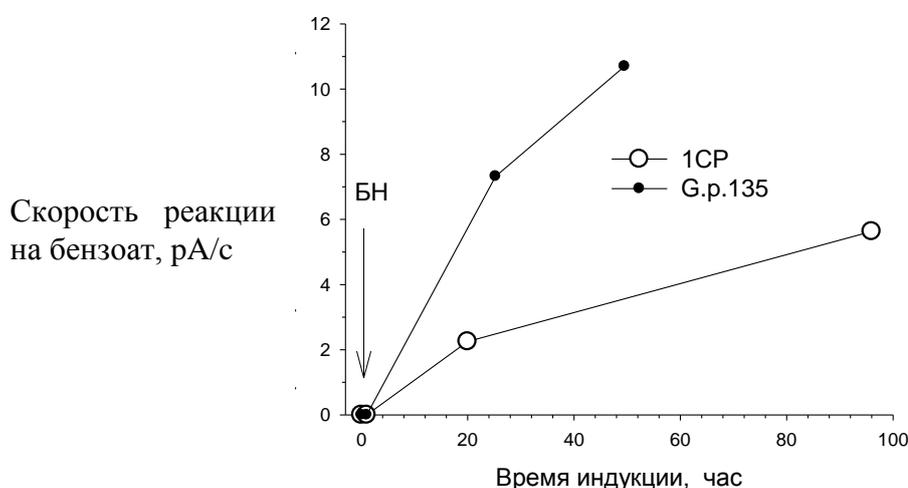


Рис. 1. Индукция в неростовых условиях ответа на бензоат у клеток *G. polyisoprenivorans* 135 (G.p. 135) и *R. oracius* 1CP (1CP), выращенных в жидкой среде 5/5 и суспендированных в буфере

Была проверена реакция на бензоат интактных и иммобилизованных клеток обеих культур, выращенных на среде 5/5, не содержащей бензоата (рис. 2). Причем были проверены клетки как индуцированные бензоатом, так и выращенные на среде 5/5, то есть неиндуцированные. В последних индукцибельная БДО отсутствует или присутствует в следовых количествах.

В поведении клеток обеих культур прослеживалась отмеченная выше закономерность. Однако реакция иммобилизованных клеток *R. oracius* 1CP, на основе которых предполагалось сформировать биосенсор для определения бензоата, превышала реакцию *G. polyisoprenivorans* 135.

Были построены графики зависимости скорости реакции на БН от концентрации бензоата для иммобилизованных клеток *G. polyisoprenivorans* 135. Для иммобилизации использовали и клетки, выращенные на среде 5/5, и индуцированные (неростовые условия) бензоатом после роста на среде 5/5. Результаты представлены на рисунке 3.

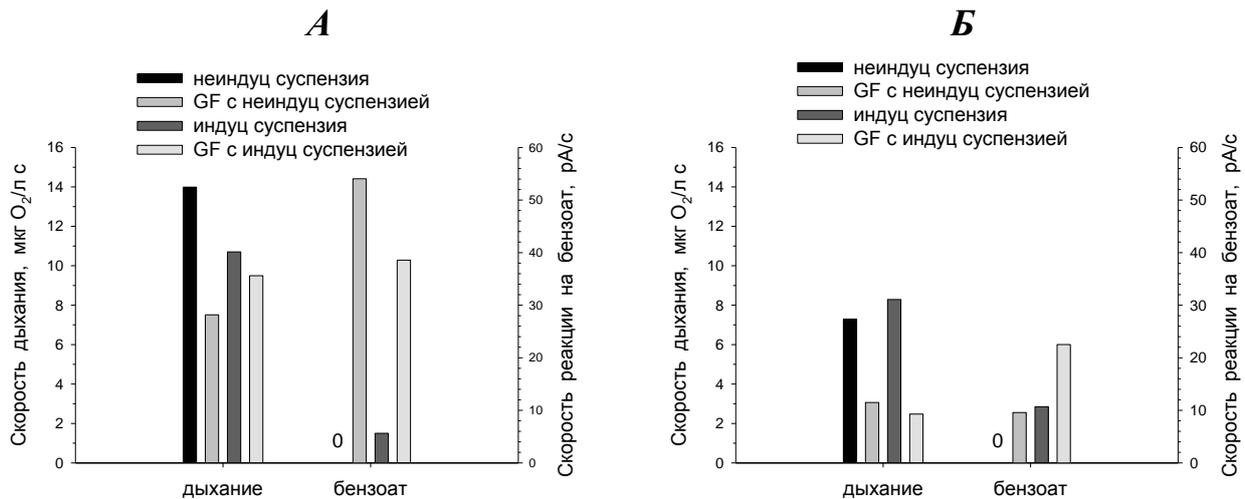


Рис. 2. Сравнение дыхания и ответа на бензоат суспендированных и иммобилизованных клеток *G. polyisoprenivorans* 135 и *R. opacus* 1CP, выращенных в жидкой среде 5/5 и затем индуцированных бензоатом. А – для клеток *R. opacus* 1CP; Б – для *G. polyisoprenivorans* 135, где *неиндуц суспензия* – суспензия до индукции бензоатом, *индуц* – после проведения индукции, *GF с* – клетки соответствующей суспензии, иммобилизованные на GF. 0 – реакция отсутствует

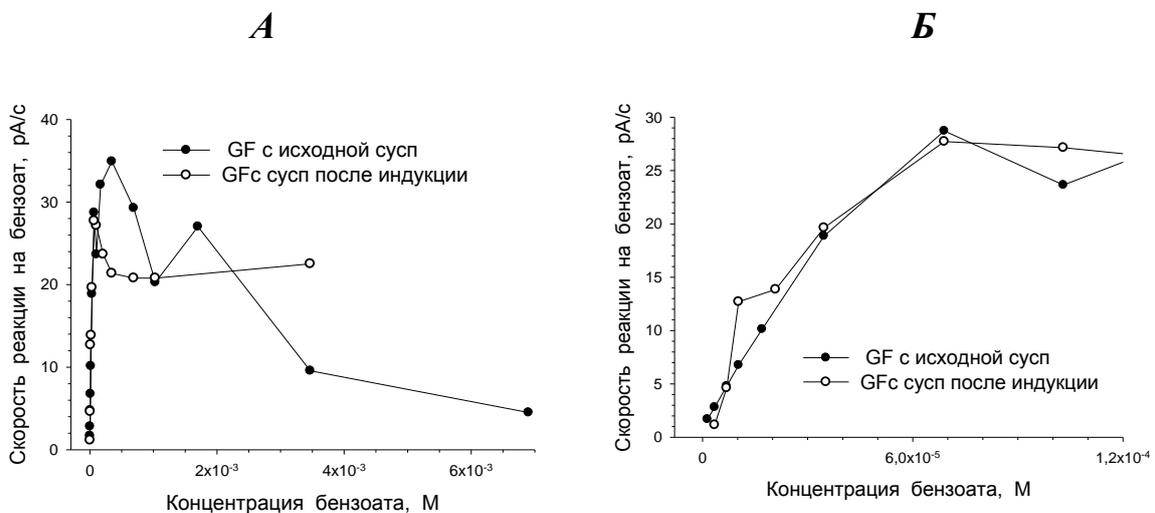


Рис. 3. Кривые зависимости скорости реакции на БН от концентрации Бензоата для иммобилизованных клеток *G. polyisoprenivorans* 135: *GF с исходной сусп* – для неиндуцированных клеток; *GF с сусп после индукции* – для индуцированных клеток; А – для всего интервала концентраций БН; Б – для области низких концентраций. Клетки росли на пептон-триптонной среде

Обращает на себя внимание тот факт, что наклоны полученных кривых в лог-фазе совпадали, но различались значения максимального ответа на субстрат. Или, переходя к параметрам, описывающим ферментативную кинетику (в данном случае транспортные процессы), в результате индуцирования кле-

ток бензоатом K_m оставалась прежней, но снижалась V_{max} , характеризующая скорость функционирования системы транспорта [5]. Кроме того, при использовании индуцированных клеток существенно сужалась область регистрируемого ответа без снижения сигнала: отсутствовало плато – область установившегося равновесия.

Полученные результаты были проверены при использовании клеток *G. polyisoprenivorans* 135, выращенных на СА (рис. 4). Отмеченную выше закономерность мы наблюдали и в этом случае. Кроме того, если сравнивать суспензию и иммобилизованные клетки, то для иммобилизованных клеток K_m была существенно выше, что подтвердилось и далее.

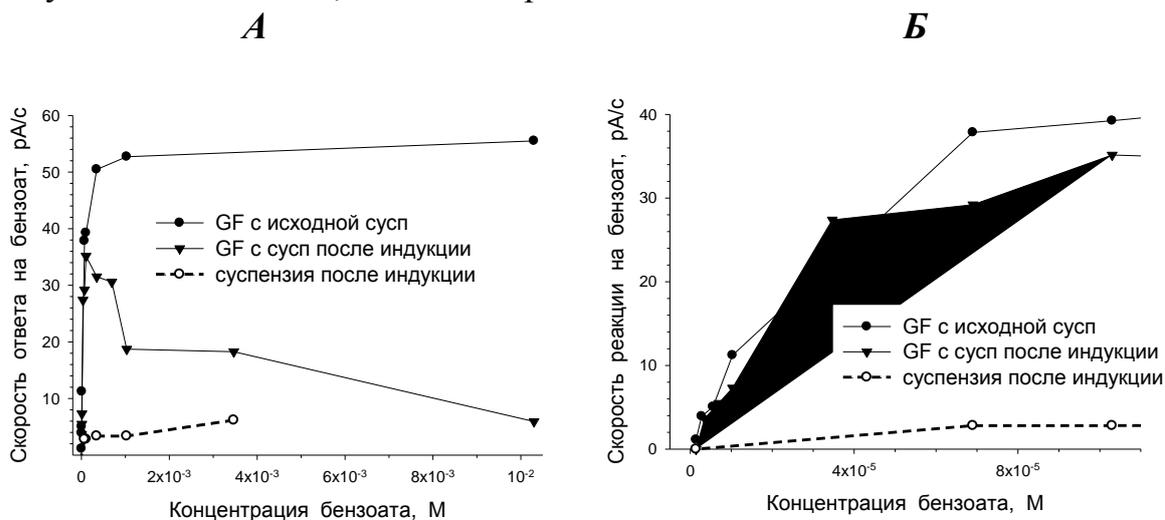


Рис. 4. Кривые зависимости скорости реакции на БН от концентрации бензоата для иммобилизованных клеток *G. polyisoprenivorans* 135: *GF с исходной сусп* – для неиндуцированных клеток; *GF с сусп после индукции* – для индуцированных клеток; *А* – для всего интервала концентраций БН; *Б* – для области низких концентраций. Рост на СА

Чтобы сравнить реакцию на бензоат иммобилизованных клеток обеих исследуемых культур были построены зависимости субстрат-ответ и для культуры *R. oracis* 1СР. Результаты приведены на рисунке 5.

Для кривых, построенных с индуцированными клетками *R. oracis* 1СР, так же было характерно отсутствие области установившегося равновесия. K_m не изменялась после индукции клеток бензоатом. В отличие от *G. polyisoprenivorans* 135, возрастала величина V_{max} , т.е. скорость функционирования переносчика в мембране [5]. Абсолютная величина ответа клеток на бензоат была значительно выше, чем для *G. polyisoprenivorans* 135.

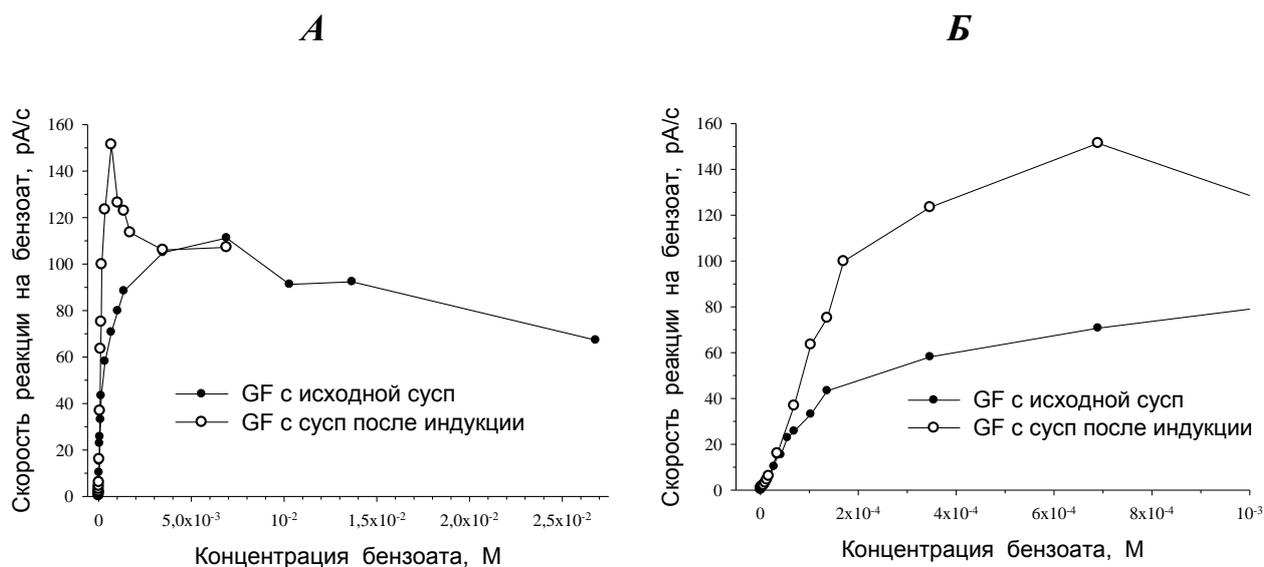


Рис. 5. Кривые зависимости скорости реакции на БН от концентрации бензоата для иммобилизованных клеток *R. opacus* 1CP: *GF с исходной сусп* – для неиндуцированных клеток; *GF с сусп после индукции* – для индуцированных клеток; *A* – для всего интервала концентраций БН; *B* – для области низких концентраций. Рост на среде 5/5

Таким образом, клетки *R. opacus* 1CP обладали характеристиками, не уступающими клеткам *G. polyisoprenivorans* 135. Они с успехом могут быть использованы при формировании амперометрического микробного сенсора для определения бензоата. Отмеченные особенности клеток после индукции бензоатом будут изучены, что поможет понять механизм формирования ответа иммобилизованных клеток.

Литература

1. Емельянова Е. В., Соляникова И. П., Головлёва Л. А., Решетиллов А. Н. Патент: Биосенсор для определения бензоата натрия // Бюллетень изобретений полезных моделей. 2015. № 11. Патент РФ на полезную модель № 151960.
2. Соляникова И. П., Сузина Н. Е., Емельянова Е. В., Поливцева В. Н., Пшеничникова А. Б., Лобанок А. Г., Головлёва Л. А. Морфо-физиологические и биохимические характеристики штамма *Rhodococcus opacus* 1CP – деструктора бензоата – в стрессовых условиях // Микробиология. 2017. Т. 86. С. 1–13.
3. Горлатов С. Н., Мальцева О. В., Шевченко В. И., Головлева Л. А. Разложение хлорфенолов культурой *Rhodococcus erythropolis* // Микробиология. 1989. Т. 58. С. 802–806.
4. Solyanikova I. P., Borzova O. V., Emelyanova E. V. Kinetics of interaction between substrates/substrate analogs and benzoate 1,2-dioxygenase from benzoate-degrading *Rhodococcus opacus* 1CP // Folia Microbiol. 2017. DOI: 10.1007/s12223-017-0505-z
5. Плакунов В. К. Основы энзимологии. М: Логос, 2011. С. 100–102.

РАЗНООБРАЗИЕ КЛЮЧЕВЫХ ГЕНОВ ДЕСТРУКЦИИ БИФЕНИЛА В МИКРОБНОМ СООБЩЕСТВЕ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ (г. ПЕРМЬ)

А. О. Воронина¹, Е. Г. Плотникова^{1,2}

¹ Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН,

² Пермский государственный национальный исследовательский университет,
voroninaao@gmail.com

ОАО «Пермский завод смазок и смазочно-охлаждающих жидкостей» более 60 лет производил смазочные материалы и специализировался на выпуске смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), пластичных смазок и технических жидкостей [1]. Территория данного завода длительное время загрязнялась (хлор)ароматическими соединениями, в том числе полихлорированными бифенилами (ПХБ). ПХБ относятся к группе стойких органических загрязнителей, являются высокотоксичными соединениями, исключительно устойчивыми к физическим и химическим воздействиям [2]. Несмотря на запрет в 90-х годах XX века промышленного выпуска и использования ПХБ в России, до сих пор остается актуальной проблема их утилизации и очистки загрязненных почв и донных отложений [3]. Известно, что микроорганизмы могут разлагать стойкие органические загрязнители (в частности ПХБ) и играют важную роль в процессах биоремедиации окружающей среды. Бактерии-деструкторы бифенила способны расщеплять ПХБ до пентадиеновой и (хлор)бензойной кислот в четыре этапа. Первая реакция – включение двух гидроксильных групп в ароматическое кольцо ПХБ – происходит под действием фермента бифенил 2,3-диоксигеназы (БДО) [4]. БДО – мультикомпонентный фермент, включающий белки электрон-транспортной системы и терминальной оксигеназы, представляющей собой гексамер из трех α - и трех β -субъединиц (соответственно *BphA1* и *BphA2*), ферредоксина (*BphA3*) и ферредоксин редуктазы (*BphA3*). Считается, что именно α -субъединица играет ключевую роль в распознавании и связывании субстрата. Таким образом, ген *bphA1* (кодирующий α -субъединицу бифенил 2,3-диоксигеназы) является важным маркером при исследовании биodeградационного потенциала бактерий [6].

Цель работы: оценка разнообразия *bphA1* генов в микробном сообществе почвы, отобранной на территории производства ОАО «Пермский завод смазок и СОЖ» (г. Пермь).

В качестве материала для исследования были взяты образцы почвы с территории завода ОАО «Пермский завод смазок и СОЖ» (г. Пермь).

Выделение тотальной ДНК из образца почвы проводили с использованием коммерческого набора реактивов «MP Biomedicals» (США). Амплификацию *bphA1*-генов с праймерами, специфичными к гену α -субъединицы бифенил 2,3-диоксигеназы: прямым BPHD-f3 (5'-AACTGGGAARTTY-GCIGCVGA-3') и обратным BPHD-r1 (5'-ACCCAGTTYTCICCRTCGTC-3') [6],

осуществляли на приборе MyCycler («Bio-Rad Laboratories», США). Затем ПЦР-фрагменты *bphA1*-генов клонировали в клетках *E. coli* JM109 в составе вектора pTZ57R («Thermo Scientific», США). Последующий отбор рекомбинантных клонов осуществляли на основании «бело-голубого» теста, высевая трансформанты на среду LB, содержащую 50 мкг/мл ампициллина, 100 мМ IPTG, 20 мкг/мл X-gal («Fermentas», Литва). С ДНК-матрицы отобранных рекомбинантных клонов проводили амплификацию фрагментов *bphA1*-генов со специфичными праймерами ВРНД-f3 и ВРНД-r1.

Анализ полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ-анализ), осуществляли с использованием эндонуклеазы рестрикции *HhaI* («Fermentas», Литва). Для подготовки к секвенированию клонированных в составе вектора pTZ57R фрагментов ДНК проводили амплификацию вставки с использованием универсальных праймеров М13 (прямого 5'-GTTTTCCSAGTCACGAC-3' и обратного 5'-CAGGAAACAGCTATGAC-3'), для которых имеются сайты связывания в векторе pTZ57R по обеим сторонам от полилинкера.

Методом ПЦР с выделенной тотальной ДНК (при использовании праймеров ВРНД-f3 и ВРНД-r1) был получен ПЦР-продукт ожидаемой длины (около 500 п.н.), в результате клонирования которого создана библиотека *bphA1*-генов бактерий-деструкторов, входящих в состав микробного сообщества исследуемой почвы. Для дальнейшего анализа было отобрано 72 рекомбинантных клона, содержащих встроенный фрагмент ДНК.

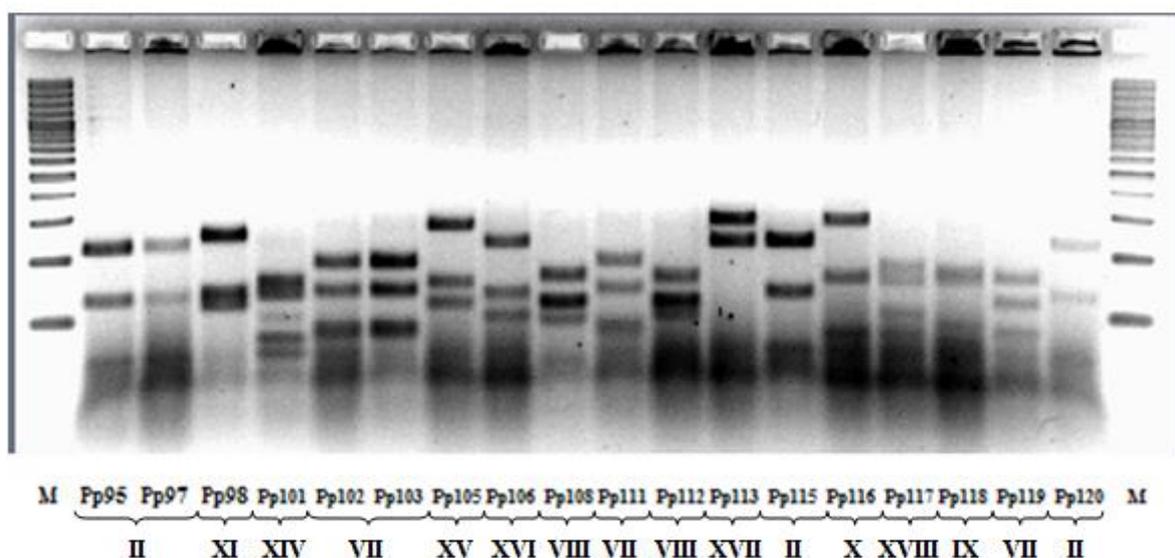


Рис. Электрофореграмма рестрикционных фрагментов *bphA1* генов после обработки эндонуклеазой *HhaI*. М – маркер O'GeneRuler™ 100 bp Plus DNA Ladder («Fermentas», Литва). Приведена электрофореграмма рестрикции фрагментов *bphA1* генов, клонированных в составе вектора pTZ57R, ряда рекомбинантных штаммов (геномогрупп II, VII, VIII, IX, X, XI, XI -XVIII)

Для выявления сходства и различий между клонированными участками гена *bphA1* был проведен ПДРФ-анализ полученных ампликонов (рис.). По результатам гидролиза ДНК эндонуклеазой рестрикции *HhaI* исследуемые

клоны были подразделены на двадцать геномогрупп, наиболее многочисленными являются геномогруппы: II – 37,5%; I – 19,4%; VII – 13,8%; V – 9,7%; IV – 6,9%; VI и VIII – 5,5%; IX – 4,1% от общего количества исследуемых клонов. Остальные геномогруппы (III, X – XX) представлены одним или двумя клонами.

Представители всех выявленных геномогрупп (фрагменты *bphA1* генов 20 рекомбинантных штаммов) были подготовлены для последующего определения нуклеотидных последовательностей (секвенирования).

На основании полученных данных можно сделать вывод, что в деградации бифенила/полихлорированных бифенилов на территории ОАО «Пермского завода смазок и смазочно-охлаждающих жидкостей» участвуют бактерии, содержащие гетерогенные генетические системы деструкции этой группы органических загрязнителей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Программой УрО РАН «Молекулярная и клеточная биология», проект №15-4-4-13.

Литература

1. <http://www.prikamie.ru/products/description.shtml>
2. Wang X., Thai P. K., Li Y., Li Q., Wainwright D., Hawker D. W., Mueller J. F. Changes in atmospheric concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls between the 1990s and 2010s in an Australian city and the role of bushfires as a source // *Environmental Pollution*. 2016. Vol. 213. P. 223–231.
3. Eremina N., Paschke A., Mazlova E. A., Schüürmann G. Distribution of polychlorinated biphenyls, phthalic acid esters, polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine substances in the Moscow River, Russia // *Environmental Pollution*. 2016. Vol. 210. P. 409–418.
4. Шумкова Е. С., Егорова Д. О., Корсакова Е. С., Дорофеева Л. В., Плотникова Е. Г. Молекулярно-биологическая характеристика бактерий-деструкторов бифенила и идентификация генов α -субъединицы бифенил 2,3-диоксигеназы // *Микробиология*. 2014. Т. 83. № 1. С. 63–71.
5. Шумкова Е. С., Егорова Д. О., Боронникова С. В., Плотникова Е. Г. Полиморфизм генов *bphA* бактерий-деструкторов бифенила/хлорированных бифенилов // *Молекулярная биология*. 2015. Т. 49. № 4. С. 638–648.
6. Iwai O., Chai B., Sul W. J., Cole J. R., Hashsham S. A., Tiedje J. M. Gene-targeted metagenomics reveals extensive diversity of aromatic dioxygenase genes in the environment // *ISME J*. 2010. Vol. 4. № 2. P. 279–285.

ИЗУЧЕНИЕ БИОДЕГРАДАЦИИ БЕЛОГО ФОСФОРА

**А. З. Миндубаев¹, А. Д. Волошина¹, И. Ф. Саханов², Н. В. Кулик¹,
Ш. З. Валидов², Э. В. Бабынин², Д. Г. Яхваров¹**

¹ *Институт органической и физической химии
им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН,*

² *Казанский (Приволжский) федеральный университет,
mindubaev@iopc.ru; mindubaev-az@yandex.ru*

Биодеградация становится одним из наиболее популярных и часто применяемых на практике методов обезвреживания промышленных стоков, обо-

гашенных неприродными веществами самых разнообразных классов, зачастую очень токсичных. Главное преимущество биodeградации, по сравнению с многочисленными иными методами обезвреживания стоков, заключается в том, что при ее использовании в окружающую среду не вносятся новые химические загрязняющие агенты. Целью проведенного нами исследования являлась переработка при помощи микроорганизмов белого фосфора – одного из самых опасных веществ, применяемых в крупнотоннажном химическом производстве [1, 2]. Фактически, выполненная нашим коллективом работа является первым задокументированным примером усвоения искусственного ксенобиотика белого фосфора биосферой.

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 и не дожидаясь его испарения, 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 P_4 0,2%. Посев произвели на следующий день. Приблизительно через 12 суток культура *A. niger* AM1 достигла стадии зрелости.

Второй посев был произведен аналогично вышеописанному. Однако, эксперимент был усложнен по сравнению с предыдущим. Культура *A. niger* AM1 выращивалась в чашках Петри с подложкой из фильтровальной бумаги над агаризованной средой, как описано в работе [3]. При этом посев производился не в трех, а в четырех вариантах: модифицированная среда Придхем-Готлиба без источников фосфора, с фосфатом, с 0,2% белого фосфора и, четвертый вариант – с 0,2% P_4 и с фосфатом (в той же концентрации, что во втором варианте). Такая схема посева позволяет получить больше информации об экспрессии генов при росте в разных условиях. Все четыре варианта посева произведены в трех повторах.

Генотоксичность белого фосфора определялась при помощи теста Эймса, по методике, описанной в работе [4]. SOS-тест на генотоксичность был выполнен, как описано в работе [5].

На протяжении достаточно длительного времени и у наших коллег, и у нас самих существовало обоснованное опасение, что «метаболизм» и «биodeградация» белого фосфора на самом деле представляют собой абиотическое диспропорционирование в присутствии ионов переходных металлов. Их соли всегда присутствуют в средах для культивирования микроорганизмов, поскольку металлы являются биогенными микроэлементами и входят в активные центры многих ферментов [6]. Тем более, что внесение эмульсии P_4 в культуральные среды всегда сопровождается образованием взвеси черного цвета, оседающей на дно, совсем как в реакции белого фосфора с медным купоросом. Однако, проведенный нами расчет показал, что в используемых

культуральных средах белый фосфор присутствует в избытке относительно переходных металлов от одного до четырех порядков. Белый фосфор реагирует с ионами меди в молярном соотношении 9:40 (т.е., при избытке меди), а содержание пятиводного сульфата меди в среде Придхем-Готлиба настолько мало (0,1 г/л, при среднем объеме среды в чашке Петри 20 мл), что даже при минимальной использованной нами концентрации белого фосфора 0,001% по массе, его молярное содержание в 25 раз выше. 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.



$M CuSO_4 \cdot 5H_2O \approx 250 \text{ г.}$

В литре среды содержится 0.1 г = 1/2500 M = 0.0004 M медного купороса.

В 20 мл среды содержится 0.0004/50=0.000008 M медного купороса.

M P₄ = 124 г. При содержании в среде 0.001% белого фосфора 20/100000=0.0002 M.

0.0002/0.000008=25.

При максимальной концентрации P₄ 1% его содержание в молях превышает содержание медного купороса уже в 25000 раз, т.е. белый фосфор не может полностью прореагировать с двухвалентной медью [3].

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. Стерилизация автоклавированием при 120 °С белого фосфора и содержащих его сред слишком опасна по причине агрессивности данного вещества. Стерилизация ультрафиолетом не годится из-за превращения белого фосфора в красный фосфор под действием высокоэнергетических квантов света. Как выяснилось, даже такой токсичный и агрессивный реактив, как белый фосфор, содержит жизнеспособные споры микроорганизмов (в первую очередь, плесневых грибов), подавляющих рост и вытесняющих высеянные культуры. То есть его стерилизация необходима. На кафедре биохимии КФУ был предложен метод стерилизации P₄ в мягких условиях, без применения высоких температур. Для этого навеска ксенобиотика должна погружаться на 15 минут в липофильный органический растворитель (микробиологи используют 70% этанол, ацетон либо хлороформ), который легко проникает через гидрофобные оболочки микробных спор и умерщвляет их. Однако, сам белый фосфор растворим в большинстве органических растворителей. Мы предпочли пользоваться ацетоном по причине сравнительно низкой растворимости в нем белого фосфора: при 25 °С в литре ацетона растворяется всего 1,4 г P₄, тогда как в литре значительно менее полярного хлороформа при той же температуре растворяется 25 г данного вещества. К тому же, ацетон не нужно смешивать с водой до нужной концентрации, как этанол. Встряхивая навеску белого фосфора в ацетоне при

комнатной температуре, мы наблюдали незначительное ее растворение. Поскольку в низких концентрациях ацетон легко усваивается микроорганизмами в качестве источника углерода, переходя далее к процедуре эмульгирования белого фосфора ультразвуком мы не стремились удалять остатки ацетона из шленка с навеской. 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. Это указывает на то, что стерилизация навесок Р₄ ацетоном эффективна.

Чрезвычайно интересный результат показал посев *A. niger* AM1 в среду, содержащую одновременно фосфат и белый фосфор. Ранее нами не проводились подобные эксперименты. Результат этого посева показал, что данный штамм не только устойчив к высоким концентрациям белого фосфора. Белый фосфор, по крайней мере, в концентрации 0,2%, для него вообще нетоксичен! Используя в качестве источника фосфора легкодоступный растворенный фосфат, гриб растет в присутствии белого фосфора с такой же скоростью, как и в его отсутствии. Это не артефакт, не ошибка эксперимента, поскольку рост колоний других видов в тех же условиях белый фосфор подавляет.

На 12 сутки после посева *A. niger* AM1 в четыре варианта среды, наблюдалась следующая картина (рис.). В средах без источников фосфора рост практически не наблюдается (одна-две крошечные колонии без спороношения на чашку) (рис., ряд крайний справа). В средах с фосфатом аспергилл хорошо растет и спороносит, однако культура не чистая, помимо черных колоний аспергилла присутствуют колонии других микроорганизмов кремового и зеленого цветов (рис., ряд второй справа). В средах с 0,2% белого фосфора колонии аспергилла имеют бледно-серый цвет (пониженная фертильность) (рис., ряд второй слева). Очень интересный результат показал четвертый вариант посева – с белым фосфором и фосфатом (рис., ряд крайний слева). Колонии растут очень хорошо, даже более развитые, чем в среде с фосфатом, причем в двух случаях из трех выросла чистая культура (в одном появилась кремовая колония неизвестного вида). То есть медленный рост аспергилла в среде с белым фосфором объясняется не токсичностью последнего для данного штамма, а исключительно его труднодоступностью как источника фосфора! Р₄, судя по всему, нетоксичен для данного гриба [3]. А конкуренция с другими видами сильнее тормозит рост, чем присутствие белого фосфора. Если вспомнить о том, что *A. niger* AM1 изначально был выделен из химического реактива белого фосфора, вместе с которым он был случайно внесен в среду, то вполне возможно, что устойчивость у него возникла длительное время назад, еще до начала наших работ. Подобные результаты противоречат определению белого фосфора как биоцида, и есть основания для его пересмотра.

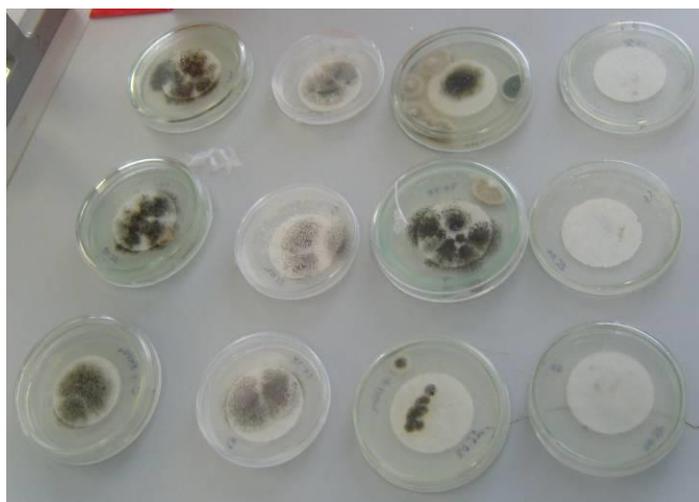


Рис. Первый пересев устойчивых *A. niger* AM1 в четыре варианта среды. Ряд крайний справа – среда без источников фосфора; второй справа – с фосфатом; второй слева – с белым фосфором (0,2%) и крайний слева – с 0,2% P_4 и фосфатом. Пояснения в тексте. Снимок сделан через 11 суток после посева.

Наши исследования продемонстрировали отсутствие токсичности белого фосфора для *Aspergillus niger* AM1. Тем не менее, токсические свойства веществ имеют различную природу. Очень большой интерес представляет исследование генотоксичности – возможного источника мутаций. В работе [7] проведена оценка генотоксичности белого фосфора при помощи теста Эймса, которая показала ее отсутствие. Однако, результаты теста Эймса должны уточняться при помощи других тестов, одним из которых является SOS-lux тест, который также определяет генотоксичность, но не по косвенному признаку (увеличение количества мутантов в культуре), а по прямому – повреждению ДНК.

Работа со средой с 0,2% белого фосфора показала, что даже после разведения питательным бульоном до 5% (0,01% белого фосфора) она проявляет слабые токсические и мутагенные свойства. То есть, мутагенная активность белого фосфора оказалась слабой, но достоверной, и это при разбавлении среды (изначально содержавшей 0,2% P_4) до 5%. При более высоких концентрациях белого фосфора его токсические свойства проявляются сильнее [8]. 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).

Данные результаты получены нами впервые в мире, в более ранних работах генотоксичность у P_4 обнаружена не была [9].

Литература

1. Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Горбачук Е. В., Кулик Н. В., Валидов Ш. З., Яхваров Д. Г. Селекция устойчивых к белому фосфору микроорганизмов // Экология род-

ного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров, 2016. С. 188–191.

2. Миндубаев А. З., Алимова Ф. К., Волошина А. Д., Горбачук Е. В., Кулик Н. В., Минзанова С. Т., Тухбатова Р. И., Яхваров Д. Г. Способ детоксикации белого фосфора с применением штамма микроорганизмов *Trichoderma asperellum* ВКПМ F-1087 // Патент на изобретение № 2603259 от 1.11.2016. Бюл. 33. Дата приоритета 28. 07. 2015 г. Регистрационный номер 2015131380 (048333). Решение о выдаче патента от 29. 08. 2016 г.

3. Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Валидов Ш. З., Кулик Н. В., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Яхваров Д. Г., Аккизов А. Ю. Рост культуры *Aspergillus niger* AM1 в среде с двумя источниками фосфора. Обоснованность определения «биodeградация» в отношении белого фосфора // Бутлеровские сообщения. 2016. Т. 46. № 5. С. 1–20.

4. Mortelmans K., Zeiger E. The Ames *Salmonella*/microsome mutagenicity assay // Mutation Research. 2000. Vol. 455. No. 1–2. P. 29–60.

5. 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.

6. Ленский А., Белавин И. Ю. Биофизическая и бионеорганическая химия: Учебник для студентов медицинских вузов // Медицинское информационное агентство. 2008. 408 с.

7. 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.

8. 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.

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

ПЕДАГОГ, АЛЬГОЛОГ, МИКРОБИОЛОГ

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

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Вятская земля богата талантами, к числу которых относится Домрачева Людмила Ивановна – прекрасный учитель, творческий педагог, крупный ученый в области альгологии, микробиологии. Домрачева Людмила Ивановна – доктор биологических наук, профессор кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии агрономического факультета Вятской государственной сельскохозяйственной академии.

Л. И. Домрачева является достойной ученицей и продолжателем славных традиций классической научной школы, сформированной Э. А. Штиной Заслуженным деятелем науки РФ, доктором биологических наук, профессором. Долгие годы, при жизни Эмилии Адриановны г. Киров был координационным центром развития почвенной альгологии в нашей стране. На кафедру ботаники Кировского сельскохозяйственного института к Э. А. Штиной и ее коллегам за консультацией, поддержкой, профессиональными знаниями приезжали молодые альгологи со всех концов страны. В настоящее время эту

миссию продолжает и успешно развивает Людмила Ивановна с коллегами по работе, аспирантами и студентами.

Людмила Ивановна Домрачева родилась 2 мая 1947 г. в семье ученых и преподавателей ветеринарного факультета Кировского сельскохозяйственного института. Природа щедро наделила ее талантами, и выбор будущей профессии был непростым. Однако после окончания школы она поступила на естественно-географический факультет Кировского государственного педагогического института. Интерес к научным исследованиям по микробиологии проявился в студенческие годы, поэтому после окончания института с дипломом с отличием, Людмила Ивановна поступила в аспирантуру Кировского сельскохозяйственного института к профессору Э. А. Штиной. Направление исследований было новым в альгологической науке: ежедневный учет численности и биомассы водорослей и цианобактерий, определение скорости обновления биомассы водорослей в почвах. В 1974 г. успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему «Почвенные водоросли как продуценты органического вещества и их значение в трофических связях почвенных организмов».

В 1998 г. Людмила Ивановна в МГУ блестяще защитила докторскую диссертацию «Цветение» почвы в агроэкосистемах и закономерности его развития». Впервые в почвенной альгологии был всесторонне исследован феномен «цветения» почвы, обусловленный развитием водорослей и цианобактерий, определена роль фототрофного компонента почвенной микробиоты как источника создания первичной продукции, дана характеристика структурно-функциональной организации фототрофного микробного сообщества почвы. Это было значительным событием в почвенной альгологии. Предложенный автором групповой анализ «цветения» почвы в настоящее время используется для биодиагностики экологического состояния почв. Материалы ее диссертационных исследований опубликованы в монографии «Цветение» почвы и закономерности его развития» (2005). Книга служит учебным пособием для альгологов, микробиологов, экологов и пользуется высоким спросом у аспирантов, магистрантов, ученых.

В настоящее время на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии (бывшей кафедры ботаники) функционирует научная альгологическая школа, возглавляемая Л. И. Домрачевой. Сохраняется классическое направление альгологических исследований в флористико-систематических работах с привлечением новых методов.

Под руководством Домрачевой Л. И. функционирует аспирантура по микробиологии, альгологии, успешно защищаются кандидатские диссертации, с 2008 г. по настоящее время защитили кандидатские диссертации: А. И. Фокина, С. С. Злобин, Г. И. Березин, Ю. Н. Зыкова, Е. А. Горностаева, ряд аспирантов в настоящее время готовятся к защите кандидатских диссертаций. Людмила Ивановна является научным руководителем большого количества магистерских диссертаций и выпускных квалификационных работ, имеющих важную теоретическую и практическую направленность. Она является авто-

ром многих коллективных монографий: «Леса Кировской области» (2007), «Флора Вятского края часть 2 (водоросли)» (2007), «Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий» (2008), «Биологический мониторинг природных и техногенных систем (2011), «Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги» (2012). Людмила Ивановна с 2007 г. является активным автором публикаций и членом редакционного совета журнала «Теоретическая и прикладная экология».

Людмила Ивановна Домрачева – счастливый человек, любящая и любимая жена, заботливая мать, ласковая и добрая бабушка, верный и надежный друг. Ее увлечение наукой передалось по наследству любимым внукам. Старший внук Иван, учащийся лицея естественных наук, увлекается микробиологией, выступает на научных конференциях и уже имеет научные публикации.

Людмила Ивановна Домрачева в своих работах достойно поддерживает приоритеты научной школы кировских альгологов и российской почвенной альгологии. Она глубокоуважаемый, авторитетный и любимый всеми в нашем коллективе человек.

Коллектив лаборатории биомониторинга, аспиранты, коллеги по кафедре сердечно поздравляют Вас, Людмила Ивановна, с юбилеем. Желаем долгих лет творчества и плодотворной работы, счастья, здоровья, благополучия. В Вашем лице мы имеем надежного друга, коллегу, наставника, учителя.

Научное издание

Экология родного края:
проблемы и пути их решения

Всероссийская научно-практическая конференция
с международным участием
13–14 апреля 2017 г.
Книга 2

Редактор: Т. Я. Ашихмина

Верстка: Е. М. Кардакова

Подписано в печать 03.04.2017. Печать цифровая.

Бумага для офисной техники.

Усл. печ. л. 20,01. Тираж 200 экз. Заказ № 4404.

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

610000, г. Киров, ул. Московская, 36, тел.: (8332) 74-25-63, <http://vyatsu.ru>